II

(Atos não legislativos)

REGULAMENTOS

REGULAMENTO DELEGADO (UE) 2017/654 DA COMISSÃO

de 19 de dezembro de 2016

que completa o Regulamento (UE) 2016/1628 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos requisitos técnicos e gerais respeitantes aos limites de emissão e à homologação de motores de combustão interna para máquinas móveis não rodoviárias

A COMISSÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia,

Tendo em conta o Regulamento (UE) 2016/1628 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de setembro de 2016, relativo aos requisitos respeitantes aos limites de emissão de gases e partículas poluentes e à homologação de motores de combustão interna para máquinas móveis não rodoviárias, que altera os Regulamentos (UE) n.º 1024/2012 e (UE) n.º 167/2013 e que altera e revoga a Diretiva 97/68/CE ([1]), nomeadamente o artigo 24.º, n.º 11, o artigo 25.º, n.º 4, alíneas a), b) e c), o artigo 26.º, n.º 6, o artigo 34.º, n.º 9, o artigo 42.º, n.º 4, o artigo 43.º, n.º 5, e o artigo 48.º,

Considerando o seguinte:

(1) A fim de completar o quadro estabelecido pelo Regulamento (UE) 2016/1628, é necessário estabelecer os requisitos técnicos e gerais e os métodos de ensaio respeitantes aos limites de emissão, os procedimentos de homologação UE de motores de combustão interna para máquinas móveis não rodoviárias, as disposições relativas à conformidade da produção e os requisitos e procedimentos relacionados com os serviços técnicos para esses motores.

(2) Pela Decisão 97/836/CE do Conselho ([2]), a União aderiu ao Acordo da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) relativo à adoção de prescrições técnicas uniformes aplicáveis aos veículos de rodas, aos equipamentos e às peças suscetíveis de serem montados ou utilizados num veículo de rodas e às condições de reconhecimento recíproco das homologações emitidas em conformidade com essas prescrições.

(3) A fim de assegurar que as disposições relativas à construção de motores a instalar em máquinas móveis não rodoviárias correspondem ao progresso técnico, há que tornar aplicáveis, no que diz respeito a determinados requisitos, as mais recentes versões das normas CEN/Cenelec ou ISO que estão à disposição do público.

(4) Os controlos da conformidade dos motores com os requisitos técnicos aplicáveis durante todo o processo de produção constituem uma parte essencial do processo de homologação UE. Por conseguinte, as verificações dos procedimentos de conformidade da produção devem ser objeto de melhorias adicionais e alinhadas com os procedimentos mais rigorosos aplicáveis aos veículos rodoviários a fim de aumentar a eficiência global do processo de homologação UE.

(5) A fim de assegurar que os serviços técnicos cumprem normas de desempenho de nível elevado comuns a todos os Estados-Membros, o presente regulamento deve estabelecer os requisitos harmonizados que os serviços técnicos devem cumprir, assim como o procedimento para a respetiva avaliação e para a acreditação desses serviços.

([1]) JO L 252 de 16.9.2016, p. 53.

([2]) Decisão do Conselho, de 27 de novembro de 1997, relativa à adesão da Comunidade Europeia ao Acordo da Comissão Económica para a Europa da Organização das Nações Unidas relativo à adoção de prescrições técnicas uniformes aplicáveis aos veículos de rodas, aos equipamentos e às peças suscetíveis de serem montados ou utilizados num veículo de rodas e às condições de reconhecimento recíproco das homologações emitidas em conformidade com essas prescrições («acordo de 1958 revisto») (JO L 346 de 17.12.1997, p. 78).

(6) Por questões de clareza, afigura-se adequado alinhar a numeração dos procedimentos de ensaio no presente regulamento com a do regulamento técnico mundial n.º 11 ([1]) e a do Regulamento n.º 96 da UNECE ([2]),

ADOTOU O PRESENTE REGULAMENTO:

Artigo 1.º

Definições

São aplicáveis as seguintes definições:

1) «Índice de Wobbe» ou «W», a razão entre o poder calorífico de um gás por unidade de volume e a raiz quadrada da sua densidade relativa nas mesmas condições de referência:

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\rho_{air}/\rho_{gas}}$$

2) «Fator de desvio λ» ou «S_λ», uma expressão que descreve a flexibilidade exigida do sistema de gestão do motor relativamente a uma alteração da razão λ de ar em excesso, se o motor for alimentado com um gás de composição diferente da do metano puro;

3) «Modo combustível líquido», o modo normal de funcionamento de um motor com duplo combustível durante o qual o motor não utiliza nenhum combustível gasoso em nenhuma condição de funcionamento do motor;

4) «Modo duplo combustível», o modo normal de funcionamento de um motor com duplo combustível durante o qual o motor utiliza simultaneamente um combustível líquido e um combustível gasoso em certas condições de funcionamento do motor;

5) «Sistema de pós-tratamento de partículas», um sistema de pós-tratamento dos gases de escape concebido para reduzir as emissões de partículas poluentes através de separação mecânica, aerodinâmica, por difusão ou por inércia;

6) «Regulador», um dispositivo ou uma estratégia de controlo que controla automaticamente a velocidade ou a carga do motor, que não um dispositivo de limitação de velocidade instalado num motor da categoria NRSh, que limita a velocidade máxima do motor exclusivamente para impedir que o motor funcione a velocidades que ultrapassem um certo limite;

7) «Temperatura ambiente», em relação a um ambiente de laboratório (por exemplo, câmara ou sala de pesagem dos filtros), a temperatura no ambiente de laboratório especificado;

8) «Estratégia de controlo de emissões de base» ou «BECS», uma estratégia de controlo de emissões que se mantém ativa durante toda a gama de binário e velocidade a que o motor funciona, exceto se uma estratégia auxiliar de controlo das emissões (AECS) for ativada;

9) «Reagente», qualquer meio consumível ou não recuperável exigido e utilizado para o funcionamento eficaz do sistema de pós-tratamento dos gases de escape;

10) «Estratégia auxiliar de controlo das emissões» ou «AECS», uma estratégia de controlo das emissões que é ativada e altera temporariamente uma estratégia de controlo de emissões de base (BECS) com um objetivo específico e em resposta a um conjunto específico de condições ambientais e/ou de funcionamento e apenas permanece em funcionamento enquanto essas condições existirem;

11) «Boas práticas de engenharia», as decisões em conformidade com os princípios científicos e de engenharia geralmente aceites e com a informação pertinente disponível;

12) «Velocidade elevada» ou «n_{hi}», a mais elevada velocidade do motor à qual ocorre 70 % da potência máxima;

13) «Velocidade baixa» ou «n_{lo}», a mais baixa velocidade do motor à qual ocorre 50 % da potência máxima;

14) «Potência máxima» ou «P_{max}», a potência máxima, em kW, conforme especificada pelo fabricante;

15) «Diluição do caudal parcial», o método de análise dos gases de escape segundo o qual uma parte do caudal total dos gases de escape é separada e subsequentemente misturada com uma quantidade adequada de ar de diluição antes de atingir o filtro de recolha de amostras de partículas;

([1]) http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob_registry.html
([2]) JO L 88 de 22.3.2014, p. 1.

16) «Deriva», a diferença entre um sinal de zero ou de calibração e o respetivo valor dado por um instrumento de medição imediatamente após ter sido utilizado num ensaio de emissões;

17) «Regular a sensibilidade», a regulação de um instrumento para que dê uma resposta adequada a um padrão de calibração que represente entre 75 % e 100 % do valor máximo da gama do instrumento ou da gama de utilização prevista;

18) «Gás de regulação da sensibilidade», uma mistura de gases purificados utilizada para regular a sensibilidade dos analisadores de gases;

19) «Filtro HEPA», filtros de alta eficiência para partículas do ar com uma eficiência inicial mínima de recolha de partículas de 99,97 %, em conformidade com a norma ASTM F 1471-93;

20) «Calibração», o processo de configurar a resposta de um sistema de medição a um sinal de entrada de modo a que os resultados estejam de acordo com uma série de sinais de referência;

21) «Emissões específicas», as emissões mássicas expressas em g/kWh;

22) «Solicitação do operador», a ação de um operador do motor para controlar a potência do motor;

23) «Velocidade de binário máximo», a velocidade do motor a que se obtém o binário máximo, conforme especificada pelo fabricante;

24) «Velocidade regulada do motor», a velocidade de funcionamento do motor quando é controlada pelo regulador instalado;

25) «Emissões do cárter», qualquer fluxo emitido do cárter de um motor diretamente para o ambiente;

26) «Sonda», a primeira secção da conduta de transferência que transfere a amostra para o componente seguinte do sistema de recolha de amostras;

27) «Intervalo de ensaio», um período durante o qual as emissões específicas ao freio são determinadas;

28) «Gás de colocação a zero», um gás que produz o valor zero em resposta à sua introdução num analisador;

29) «Colocado a zero», a regulação de um instrumento para que dê uma resposta zero a um padrão de calibração zero, como o azoto purificado ou o ar purificado;

30) «Ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário de velocidade variável» (doravante «NRSC de velocidade variável»), um ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário que não é um NRSC de velocidade constante;

31) «Ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário de velocidade constante» (doravante «NRSC de velocidade constante»), qualquer um dos seguintes ciclos de ensaio em condições estacionárias não rodoviários definidos no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628: D2, E2, G1, G2 ou G3;

32) «Atualização/registo», a frequência a que o analisador proporciona valores novos e atuais;

33) «Gás de calibração», uma mistura de gases purificada utilizada para calibrar os analisadores de gases;

34) «Estequiométrico», o valor de uma determinada razão ar/combustível em que, se o combustível fosse integralmente oxidado, não restaria nem combustível nem oxigénio;

35) «Dispositivo de recolha», um filtro de partículas, um saco de recolha de amostras ou qualquer outro meio de armazenamento de amostras usado para recolha de amostras por lote;

36) «Diluição do caudal total», o método que consiste em misturar o caudal total dos gases de escape com ar de diluição antes de recolher uma fração do caudal dos gases de escape diluídos para análise;

37) «Tolerância», o intervalo em que 95 % de um conjunto de valores registados de uma determinada quantidade devem situar-se, desviando-se do intervalo de tolerância os restantes 5 % dos valores registados;

38) «Modo de manutenção», um modo especial de um motor com duplo combustível, que é ativado para efeitos de reparação ou remoção da máquina móvel não rodoviária para um local seguro quando a operação em modo duplo combustível não é possível.

Artigo 2.º

Requisitos aplicáveis a quaisquer outros combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis especificados

Os combustíveis de referência e outros combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis especificados incluídos por um fabricante num pedido de homologação UE a que se refere o artigo 25.º, n.º 2, do Regulamento (UE) 2016/1628 devem cumprir características técnicas e ser descritos no dossiê de fabrico estabelecido no anexo I do presente regulamento.

Artigo 3.º

Disposições relativas à conformidade da produção

A fim de assegurar que os motores em produção são conformes com o tipo homologado em conformidade com o artigo 26.º, n.º 1, do Regulamento (UE) 2016/1628, as entidades homologadoras tomam as medidas e seguem os procedimentos estipulados no anexo II do presente regulamento.

Artigo 4.º

Metodologia para adaptar os resultados dos ensaios de emissões em laboratório, a fim de incluir os fatores de deterioração

Os resultados dos ensaios de emissões em laboratório devem ser adaptados a fim de incluir os fatores de deterioração, constituídos pelos fatores relacionados com a medição do número de partículas (PN) e com motores alimentados a gás, a que se referem o artigo 25.º, n.º 3, alínea d), e o artigo 25.º, n.º 4, alíneas d) e e), do Regulamento (UE) 2016/1628, em conformidade com a metodologia definida no anexo III do presente regulamento.

Artigo 5.º

Requisitos relativos às estratégias de controlo de emissões, às medidas de controlo das emissões de NO_x e às medidas de controlo das emissões de partículas

As medições e os ensaios a respeito das estratégias de controlo das emissões a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea f), subalínea i), do Regulamento (UE) 2016/1628 e das medidas de controlo de NO_x a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea f), subalínea ii), do referido regulamento e as medidas de controlo da emissão de partículas poluentes, bem como a documentação exigida para as demonstrar, têm de ser realizados em conformidade com os requisitos técnicos estabelecidos no anexo IV do presente regulamento.

Artigo 6.º

Medições e ensaios no que diz respeito à zona associada ao ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário

As medições e os ensaios no que diz respeito à zona a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea f), subalínea iii), do Regulamento (UE) 2016/1628 são efetuados em conformidade com os requisitos técnicos pormenorizados definidos no anexo V do presente regulamento.

Artigo 7.º

Condições e métodos para a realização de ensaios

As condições para a realização de ensaios a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alíneas a) e b), do Regulamento (UE) 2016/1628, os métodos para determinar as regulações da carga do motor e da velocidade a que se refere o artigo 24.º desse regulamento, os métodos para contabilizar as emissões de gases do cárter a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea e), subalínea i), desse regulamento e os métodos para determinar e contabilizar a regeneração contínua e periódica dos sistemas de pós-tratamento dos gases de escape a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea e), subalínea ii), desse regulamento, devem cumprir os requisitos estabelecidos nos pontos 5 e 6 do anexo VI do presente regulamento.

Artigo 8.º

Procedimentos para a realização de ensaios

Os ensaios a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alíneas a) e f), subalínea iv), do Regulamento (UE) 2016/1628 são realizados em conformidade com os procedimentos estabelecidos no ponto 7 do anexo VI e no anexo VIII do presente regulamento.

Artigo 9.º

Procedimentos para a medição e amostragem das emissões

A medição e amostragem de emissões a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea b), do Regulamento (UE) 2016/1628 são realizadas em conformidade com os procedimentos estabelecidos no ponto 8 do anexo VI do presente regulamento e no apêndice 1 do referido anexo.

Artigo 10.º

Aparelhos para a realização de ensaios e a medição e amostragem das emissões

Os aparelhos para a realização de ensaios a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea a), do Regulamento (UE) 2016/1628 e para a medição e amostragem das emissões a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea b), desse regulamento cumprem as características e os requisitos técnicos estabelecidos no ponto 9 do anexo VI do presente regulamento.

Artigo 11.º

Método de avaliação dos dados e cálculos

Os dados a que se refere o artigo 25.º, n.º 3, alínea c), do Regulamento (UE) 2016/1628 são avaliados e calculados em conformidade com o método definido no anexo VII do presente regulamento.

Artigo 12.º

Características técnicas dos combustíveis de referência

Os combustíveis de referência a que se refere o artigo 25.º, n.º 2, do Regulamento (UE) 2016/1628 têm de cumprir as características técnicas estabelecidas no anexo IX do presente regulamento.

Artigo 13.º

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para o fornecimento de um motor separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape

Se um fabricante fornecer um motor separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape a um fabricante de equipamento de origem («OEM») na União, tal como previsto no artigo 34.º, n.º 3, do Regulamento (UE) 2016/1628, esse fornecimento tem de cumprir as especificações técnicas e condições pormenorizadas estipuladas no anexo X do presente regulamento.

Artigo 14.º

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para a colocação temporária no mercado com o objetivo de realizar ensaios de campo

Os motores que não tenham obtido a homologação UE em conformidade com o Regulamento (UE) 2016/1628 são autorizados, de acordo com o disposto no artigo 34.º, n.º 4, do referido regulamento, a ser temporariamente colocados no mercado, para efeitos de ensaios de campo, se cumprirem as especificações técnicas pormenorizadas e condições estabelecidas no anexo XI do presente regulamento.

Artigo 15.º

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para motores para fins especiais

As homologações UE para motores para fins especiais e as autorizações para a colocação no mercado desses motores são concedidas em conformidade com o artigo 34.º, n.ºs 5 e 6, do Regulamento (UE) 2016/1628, caso sejam cumpridas as especificações técnicas e condições pormenorizadas estabelecidas no anexo XII do presente regulamento.

Artigo 16.º

Aceitação de homologações de motores equivalentes

Os regulamentos da UNECE, ou as respetivas alterações, a que se refere o artigo 42.º, n.º 4, alínea a), do Regulamento (UE) 2016/1628, bem como os atos da União a que se refere o artigo 42.º, n.º 4, alínea b), desse regulamento são descritos no anexo XIII do presente regulamento.

Artigo 17.º

Pormenores das informações e instruções pertinentes para os OEM

As informações e instruções para os OEM a que se refere o artigo 43.º, n.ºs 2, 3 e 4, do Regulamento (UE) 2016/1628 são estipuladas no anexo XIV do presente regulamento.

Artigo 18.º

Pormenores das informações e instruções pertinentes para os utilizadores finais

As informações e instruções para os utilizadores finais a que se refere o artigo 43.º, n.ºs 3 e 4, do Regulamento (UE) 2016/1628 são estipuladas no anexo XV do presente regulamento.

Artigo 19.º

Normas de desempenho e avaliação dos serviços técnicos

1. Os serviços técnicos cumprem as normas de desempenho estabelecidas no anexo XVI.

2. As entidades homologadoras avaliam os serviços técnicos em conformidade com o procedimento estabelecido no anexo XVI do presente regulamento.

Artigo 20.º

Características dos ciclos de ensaio em condições estacionárias e em condições transitórias

Os ciclos de ensaio em condições estacionárias e em condições transitórias a que se refere o artigo 24.º do Regulamento (UE) 2016/1628 cumprem as características estabelecidas no anexo XVII do presente regulamento.

Artigo 21.º

Entrada em vigor e aplicação

O presente regulamento entra em vigor no vigésimo dia seguinte ao da sua publicação no *Jornal Oficial da União Europeia*.

O presente regulamento é obrigatório em todos os seus elementos e diretamente aplicável em todos os Estados-Membros.

Feito em Bruxelas, em 19 de dezembro de 2016.

Pela Comissão

O Presidente

Jean-Claude JUNCKER

ANEXOS

Número do anexo	Título do anexo	Página
I	Requisitos aplicáveis a quaisquer outros combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis especificados	
II	Disposições relativas à conformidade da produção	
III	Metodologia para adaptar os resultados dos ensaios de emissões em laboratório, a fim de incluir os fatores de deterioração	
IV	Requisitos relativos às estratégias de controlo de emissões, às medidas de controlo das emissões de NO_x e às medidas de controlo das emissões de partículas	
V	Medições e ensaios no que diz respeito à zona associada ao ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário	
VI	Condições, métodos, procedimentos e aparelhos para a realização de ensaios e a medição e amostragem das emissões	
VII	Método de avaliação dos dados e cálculos	
VIII	Requisitos de desempenho e procedimentos de ensaio para motores com duplo combustível	
IX	Características técnicas dos combustíveis de referência	
X	Especificações técnicas pormenorizadas e condições para o fornecimento de um motor separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape	
XI	Especificações técnicas pormenorizadas e condições para a colocação temporária no mercado com o objetivo de realizar ensaios de campo	
XII	Especificações técnicas pormenorizadas e condições para motores para fins especiais	
XIII	Aceitação de homologações de motores equivalentes	
XIV	Pormenores das informações e instruções pertinentes para os OEM	
XV	Pormenores das informações e instruções pertinentes para os utilizadores finais	
XVI	Normas de desempenho e avaliação dos serviços técnicos	
XVII	Características dos ciclos de ensaio em condições estacionárias e em condições transitórias	

ANEXO I

Requisitos aplicáveis a quaisquer outros combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis especificados

1. **Requisitos aplicáveis aos motores alimentados a combustíveis líquidos**

1.1. Ao solicitar uma homologação UE, os fabricantes podem selecionar uma das seguintes opções no que diz respeito à gama de combustível do motor:

a) motor com uma gama de combustível normalizada, em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 1.2; ou

b) motor com um combustível específico, em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 1.3.

1.2. Requisitos aplicáveis aos motores com uma gama de combustível normalizada (diesel, gasolina)

Os motores com uma gama de combustível normalizada devem cumprir os requisitos especificados nos pontos 1.2.1 a 1.2.4.

1.2.1. O motor precursor deve cumprir os valores-limite aplicáveis definidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, bem como os requisitos estipulados no presente regulamento sempre que o motor funcione com os combustíveis de referência especificados nos pontos 1.1 ou 2.1 do anexo IX.

1.2.2. Na ausência de uma norma do Comité Europeu de Normalização («norma CEN») para o gasóleo não rodoviário ou de um quadro de propriedades do combustível para o gasóleo não rodoviário na Diretiva 98/70/CE do Parlamento Europeu e do Conselho ([1]), o combustível de referência para motores diesel (gasóleo não rodoviário) constante do anexo IX deve representar os gasóleos não rodoviários do mercado com um teor de enxofre não superior a 10 mg/kg, índice de cetano não inferior a 45 e um teor de éster metílico de ácidos gordos («FAME») não superior a 7,0 % v/v. Com exceção do permitido em conformidade com os pontos 1.2.2.1, 1.2.3 e 1.2.4, o fabricante deve fazer uma declaração correspondente aos utilizadores finais em conformidade com os requisitos constantes do anexo XV que ateste que o funcionamento do motor a gasóleo não rodoviário se limita aos combustíveis com um teor de enxofre inferior ou igual a 10 mg/kg (20 mg/kg no momento da distribuição definitiva), índice de cetano igual ou superior a 45 e um teor de FAME inferior ou igual a 7,0 % v/v. O fabricante pode, a título facultativo, especificar outros parâmetros (por exemplo, relativos ao poder lubrificante).

1.2.2.1. O fabricante do motor não deve indicar no momento da homologação UE que uma família de motores ou um tipo de motor pode ser acionado na União com combustíveis comerciais que não os que cumprem os requisitos do presente ponto, a menos que o fabricante cumpra adicionalmente o requisito constante do ponto 1.2.3.

a) No caso da gasolina, a Diretiva 98/70/CE ou a norma CEN EN 228:2012. É possível adicionar óleo lubrificante de acordo com a especificação do fabricante;

b) No caso do combustível para motores diesel (que não o gasóleo não rodoviário), a Diretiva 98/70/CE do Parlamento Europeu e do Conselho ou a norma CEN EN 590:2013;

c) No caso do combustível para motores diesel (gasóleo não rodoviário), a Diretiva 98/70/CE e também um índice de cetano igual ou superior a 45 e um teor de FAME inferior ou igual a 7,0 % v/v.

1.2.3. Se o fabricante permitir que os motores funcionem com outros combustíveis comerciais não identificados no ponto 1.2.2, tais como B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 ou B30 (EN16709:2015), ou com combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis específicos, este deve tomar as seguintes medidas, para além dos requisitos identificados no ponto 1.2.2.1:

a) Declarar, na ficha de informações estabelecida no Regulamento de Execução (UE) 2017/656 da Comissão ([2]), a especificação dos combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões comerciais com os quais pode funcionar a família de motores;

b) Demonstrar a capacidade do motor precursor para respeitar os requisitos do presente regulamento respeitantes aos combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões declarados;

([1]) Diretiva 98/70/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 1998, relativa à qualidade da gasolina e do combustível para motores diesel e que altera a Diretiva 93/12/CEE do Conselho (JO L 350 de 28.12.1998, p. 58).

([2]) Regulamento de Execução (UE) 2017/656 da Comissão, de 19 de dezembro de 2016, que estabelece os requisitos administrativos em matéria de limites de emissão e de homologação de motores de combustão interna de máquinas móveis não rodoviárias em conformidade com o Regulamento (UE) 2016/1628 do Parlamento Europeu e do Conselho (ver página 364 do presente Jornal Oficial).

c) Garantir o cumprimento dos requisitos da monitorização em serviço especificados no Regulamento de Execução (UE) 2017/655 da Comissão ([1]) com os combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões declarados, incluindo eventuais misturas entre os combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões declarados e o combustível comercial aplicável identificado no ponto 1.2.2.1.

1.2.4. Relativamente aos motores de ignição comandada, a razão da mistura de combustível/óleo deve ser a recomendada pelo fabricante. A percentagem de óleo na mistura de combustível/lubrificante deve ser registada na ficha de informações estabelecida no Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos.

1.3. Requisitos aplicáveis aos motores com um combustível específico (ED 95 ou E 85)

Os motores com um combustível específico (ED 95 ou E 85) devem cumprir os requisitos especificados nos pontos 1.3.1 e 1.3.2.

1.3.1. Para ED 95, o motor precursor deve cumprir os valores-limite aplicáveis definidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, bem como os requisitos estipulados no presente regulamento se o motor funcionar com o combustível de referência especificado no ponto 1.2 do anexo IX.

1.3.2. Para E 85, o motor precursor deve cumprir os valores-limite aplicáveis definidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, bem como os requisitos estipulados no presente regulamento se o motor funcionar com o combustível de referência especificado no ponto 2.2 do anexo IX.

2. **Requisitos aplicáveis aos motores alimentados a gás natural/biometano (GN) ou gás de petróleo liquefeito (GPL), incluindo motores com duplo combustível**

2.1. Ao solicitar uma homologação UE, os fabricantes podem selecionar uma das seguintes opções no que diz respeito à gama de combustível do motor:

a) Motor que funciona com todos os combustíveis, em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 2.3;

b) Motor com uma gama de combustível restrita, em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 2.4;

c) Motor com um combustível específico, em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 2.5.

2.2. No apêndice 1 são apresentados quadros que resumem os requisitos para a homologação UE de motores alimentados a gás natural/biometano, de motores alimentados a GPL e de motores com duplo combustível.

2.3. Requisitos aplicáveis aos motores que funcionam com todos os combustíveis

2.3.1. No caso dos motores alimentados a gás natural/biometano, incluindo motores com duplo combustível, o fabricante deve demonstrar a capacidade dos motores precursores para se adaptarem a qualquer composição de gás natural/biometano que possa existir no mercado. Essa demonstração deve ser realizada em conformidade com o presente ponto 2 e, no caso de motores com duplo combustível, também em conformidade com as disposições adicionais referentes ao procedimento de adaptação de combustível estabelecido no ponto 6.4 do anexo VIII.

2.3.1.1. No caso dos motores alimentados a gás natural/biometano comprimido (GNC), há geralmente dois tipos de combustível, o combustível de elevado poder calorífico (gás H) e o combustível de baixo poder calorífico (gás L), mas com uma dispersão significativa em ambas as gamas; diferem de modo significativo quanto ao seu conteúdo energético expresso pelo índice de Wobbe e pelo seu fator de desvio λ (S_λ). Considera-se que os gases naturais com um fator de desvio λ compreendido entre 0,89 e 1,08 ($0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}08$) pertencem à gama H, enquanto os gases naturais com um fator de desvio λ compreendido entre 1,08 e 1,19 ($1{,}08 \leq S_\lambda \leq 1{,}19$) pertencem à gama L. A composição dos combustíveis de referência reflete as variações extremas de S_λ.

O motor precursor deve cumprir os requisitos do presente regulamento no que diz respeito aos combustíveis de referência G_R (combustível 1) e G_{25} (combustível 2), conforme especificados no anexo IX, ou a combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, tal como especificados no apêndice 1 do anexo IX, sem qualquer regulação manual do sistema de alimentação do motor entre os dois ensaios (é exigida autoadaptação). É autorizada uma passagem de adaptação após a mudança do combustível. A passagem de adaptação deve consistir na realização do pré-condicionamento para o ensaio de emissões seguinte, de acordo com o respetivo ciclo de ensaio. No caso dos motores ensaiados no ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário (NRSC), no qual o ciclo de pré-condicionamento é inadequado para a autoadaptação da alimentação do motor, é possível realizar uma passagem de adaptação alternativa, especificada pelo fabricante, antes do pré-condicionamento do motor.

([1]) Regulamento Delegado (UE) 2017/655 da Comissão, de 19 de dezembro de 2016, que completa o Regulamento (UE) 2016/1628 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere à monitorização de emissões de gases poluentes dos motores de combustão interna em serviço instalados em máquinas móveis não rodoviárias (ver página 334 do presente Jornal Oficial).

2.3.1.1.1. O fabricante pode ensaiar o motor com um terceiro combustível (combustível 3) se o fator de desvio λ (S_λ) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do G_R) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G_{25}), por exemplo, quando o combustível 3 for um combustível comercial. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.

2.3.1.2. No caso dos motores alimentados a gás natural liquefeito/biometano liquefeito (GNL), o motor precursor deve cumprir os requisitos do presente regulamento no que diz respeito aos combustíveis de referência G_R (combustível 1) e G_{20} (combustível 2), conforme especificados no anexo IX, ou a combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, tal como especificados no apêndice 1 do anexo IX, sem qualquer regulação manual do sistema de alimentação do motor entre os dois ensaios (é exigida autoadaptação). É autorizada uma passagem de adaptação após a mudança do combustível. A passagem de adaptação deve consistir na realização do pré-condicionamento para o ensaio de emissões seguinte, de acordo com o respetivo ciclo de ensaio. No caso dos motores ensaiados no ensaio NRSC, no qual o ciclo de pré-condicionamento é inadequado para a autoadaptação da alimentação do motor, é possível realizar uma passagem de adaptação alternativa, especificada pelo fabricante, antes do pré-condicionamento do motor.

2.3.2. No caso de um motor alimentado a gás natural/biometano comprimido (GNC) que é autoadaptativo para a gama dos gases H, por um lado, e a gama dos gases L, por outro, e que muda da gama H para a gama L e vice-versa através de um comutador, o motor precursor deve ser ensaiado com o combustível de referência relevante especificado no anexo IX para cada gama, em cada posição do comutador. Os combustíveis são o G_R (combustível 1) e o G_{23} (combustível 3) para os gases da gama H, e o G_{25} (combustível 2) e o G_{23} (combustível 3) para os gases da gama L, ou os combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, tal como especificado no apêndice 1 do anexo IX. O motor percursor deve cumprir os requisitos do presente regulamento em ambas as posições do comutador sem quaisquer reajustamentos da alimentação entre os dois ensaios em cada posição do comutador. É autorizada uma passagem de adaptação após a mudança do combustível. A passagem de adaptação deve consistir na realização do pré-condicionamento para o ensaio de emissões seguinte, de acordo com o respetivo ciclo de ensaio. No caso dos motores ensaiados no ensaio NRSC, no qual o ciclo de pré-condicionamento é inadequado para a autoadaptação da alimentação do motor, é possível realizar uma passagem de adaptação alternativa, especificada pelo fabricante, antes do pré-condicionamento do motor.

2.3.2.1. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um terceiro combustível, em vez do G_{23} (combustível 3), se o fator de desvio λ (S_λ) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do G_R) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G_{25}), por exemplo, quando o combustível 3 for um combustível comercial. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.

2.3.3. No caso dos motores a gás natural/biometano, deve determinar-se a relação dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 2}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 1}}$$

ou,

$$r_a = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 2}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 1}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 3}}$$

2.3.4. No caso dos motores alimentados a GPL, o fabricante deve demonstrar a capacidade do motor precursor para se adaptar a qualquer composição do combustível que possa existir no mercado.

No caso dos motores alimentados a GPL, há variações na composição C_3/C_4. Essas variações refletem-se nos combustíveis de referência. O motor precursor deve cumprir os requisitos em matéria de emissões com os combustíveis de referência A e B, conforme especificados no anexo IX, sem qualquer reajustamento da alimentação de combustível entre os dois ensaios. É autorizada uma passagem de adaptação após a mudança do combustível. A passagem de adaptação deve consistir na realização do pré-condicionamento para o ensaio de emissões seguinte, de acordo com o respetivo ciclo de ensaio. No caso dos motores ensaiados no ensaio NRSC, no qual o ciclo de pré-condicionamento é inadequado para a autoadaptação da alimentação do motor, é possível realizar uma passagem de adaptação alternativa, especificada pelo fabricante, antes do pré-condicionamento do motor.

2.3.4.1. Determina-se a razão dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência B}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência A}}$$

2.4. Requisitos aplicáveis aos motores com uma gama de combustível restrita

Os motores com uma gama de combustível restrita devem cumprir os requisitos especificados nos pontos 2.4.1 a 2.4.3.

2.4.1. No caso dos motores alimentados a GNC e concebidos para funcionar quer com a gama de gases H quer com a gama de gases L

2.4.1.1. Deve ensaiar-se o motor precursor com o combustível de referência relevante conforme especificado no anexo IX para a gama relevante. Os combustíveis são o G_R (combustível 1) e o G_{23} (combustível 3) para os gases da gama H, e o G_{25} (combustível 2) e o G_{23} (combustível 3) para os gases da gama L, ou os combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, tal como especificado no apêndice 1 do anexo IX. O motor percursor deve cumprir os requisitos do presente regulamento sem quaisquer reajustamentos da alimentação entre os dois ensaios. É autorizada uma passagem de adaptação após a mudança do combustível. A passagem de adaptação deve consistir na realização do pré-condicionamento para o ensaio de emissões seguinte, de acordo com o respetivo ciclo de ensaio. No caso dos motores ensaiados no ensaio NRSC, no qual o ciclo de pré-condicionamento é inadequado para a autoadaptação da alimentação do motor, é possível realizar uma passagem de adaptação alternativa, especificada pelo fabricante, antes do pré-condicionamento do motor.

2.4.1.2. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um terceiro combustível, em vez do G_{23} (combustível 3), se o fator de desvio λ (S_λ) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do G_R) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G_{25}), por exemplo, quando o combustível 3 for um combustível comercial. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.

2.4.1.3. Determina-se a razão dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 2}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 1}}$$

ou,

$$r_a = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 2}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 1}}{\text{resultados das emissões com o combustível de referência 3}}$$

2.4.1.4. Aquando da entrega ao cliente, o motor deve ostentar uma etiqueta, conforme especificado no anexo III do Regulamento (UE) 2016/1628, indicando a gama de gases para a qual o motor obteve a homologação UE.

2.4.2. No caso dos motores alimentados a gás natural ou GPL e concebidos para funcionar com um combustível de composição específica

2.4.2.1. O motor precursor deve cumprir os requisitos das emissões com os combustíveis de referência G_R e G_{25} ou com os combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, conforme especificado no apêndice 1 do anexo IX no caso do GNC, com os combustíveis de referência G_R e G_{20} ou com os combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado por gasodutos com outros gases, conforme especificado no apêndice 2 do anexo VI no caso do GNL, ou com os combustíveis de referência A e B no caso do GPL, conforme especificado no anexo IX. Admite-se a afinação do sistema de alimentação entre os ensaios. Essa afinação consiste numa recalibração da base de dados do sistema de alimentação de combustível, sem qualquer alteração quer da estratégia básica de controlo quer da estrutura básica da base de dados. Se necessário, admite-se a troca de peças diretamente relacionadas com o débito do combustível, como os bicos dos injetores.

2.4.2.2. No caso dos motores alimentados a GNC, o fabricante pode ensaiar o motor com os combustíveis de referência G_R e G_{23} ou com os combustíveis de referência G_{25} e G_{23}, ou com os combustíveis equivalentes criados usando misturas de gás transportado em gasodutos com outros gases, conforme especificado no apêndice 1 do anexo IX, caso em que a homologação UE é apenas válida, respetivamente, para a gama H ou a gama L dos gases.

2.4.2.3. Aquando da entrega ao cliente, o motor deve ostentar uma etiqueta, conforme especificado no anexo III do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos, indicando a composição da gama de combustível para a qual o motor foi calibrado.

2.5. Requisitos aplicáveis aos motores com um combustível específico alimentados a gás natural liquefeito/ /biometano liquefeito (GNL)

Um motor com um combustível específico alimentado a gás natural liquefeito/biometano liquefeito deve cumprir os requisitos especificados nos pontos 2.5.1. a 2.5.2.

2.5.1. Requisitos aplicáveis aos motores com um combustível específico alimentados a gás natural liquefeito/ /biometano liquefeito (GNL)

2.5.1.1. Calibra-se o motor para uma composição específica de GNL de que resulte um fator de desvio λ que não se afaste mais de 3 % em relação ao fator de desvio λ do combustível G_{20} especificado no anexo IX, e o respetivo teor de etano não exceder 1,5 %.

2.5.1.2. Se os requisitos previstos no ponto 2.5.1.1 não forem cumpridos, o fabricante deve apresentar um pedido relativo a um motor que funciona com todos os combustíveis em conformidade com as especificações estabelecidas no ponto 2.1.3.2.

2.5.2. Motores com um combustível específico alimentados a gás natural liquefeito/biometano liquefeito (GNL)

2.5.2.1. No caso de uma família de motores com duplo combustível, os motores devem ser calibrados para uma composição específica de GNL de que resulte um fator de desvio λ que não se afaste mais de 3 % em relação ao fator de desvio λ do combustível G_{20} especificado no anexo IX, e o respetivo teor de etano não exceder 1,5 %, o motor precursor deve ser ensaiado apenas com o combustível gasoso de referência G_{20}, ou com o combustível equivalente criado usando uma mistura de gás transportado em gasodutos com outros gases, conforme especificado no apêndice 1 do anexo IX.

2.6. Homologação UE de um membro de uma família

2.6.1. Com exceção do caso mencionado no ponto 2.6.2, a homologação UE de um motor precursor deve ser extensiva a todos os membros da família, sem mais ensaios, para qualquer composição do combustível dentro da gama para a qual o motor precursor tenha obtido a homologação UE (no caso dos motores descritos no ponto 2.5) ou para a mesma gama de combustíveis (no caso dos motores descritos nos pontos 2.3 ou 2.4) para a qual o motor precursor obteve a homologação UE.

2.6.2. Se o serviço técnico determinar que, no que respeita ao motor precursor selecionado, o pedido apresentado não representa integralmente a família de motores definida no anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos, o serviço técnico pode selecionar para ensaio um motor de ensaio de referência alternativo ou, se necessário, suplementar.

2.7. Requisitos adicionais para os motores com duplo combustível

A fim de obter a homologação UE de um motor ou de uma família de motores com duplo combustível, o fabricante deve:

a) Realizar os ensaios em conformidade com o quadro 1.3 do apêndice 1;

b) Para além dos requisitos estabelecidos no ponto 2, demonstrar que os motores com duplo combustível são objeto dos ensaios e cumprem os requisitos estabelecidos no anexo VIII.

Apêndice 1

Resumo do processo de homologação para motores alimentados a gás natural e a GPL, incluindo motores com duplo combustível

Os quadros 1.1 a 1.3 apresentam um resumo do processo de homologação para os motores alimentados a gás natural e os motores alimentados a GPL, bem como do número mínimo de ensaios exigido para a homologação de motores com duplo combustível.

Quadro 1.1

Homologação UE de motores alimentados a gás natural

	Ponto 2.3: Requisitos aplicáveis aos motores que funcionam com todos os combustíveis	Número de ensaios	Cálculo de «r»	Ponto 2.4: Requisitos aplicáveis aos motores com uma gama de combustível restrita	Número de ensaios	Cálculo de «r»
Ver ponto 2.3.1. Motor a GN adaptável a qualquer composição de combustível	G_R (1) e G_{25} (2) A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um combustível comercial suplementar (3), se S_l = 0,89 – 1,19	2 (3 máx.)	$r = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 1}(G_R)}$ e, se ensaiado com um combustível suplementar; $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3(or market fuel)}}$ e $r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Ver ponto 2.3.2. Motor a GN autoadaptativo mediante comutador	G_R (1) e G_{23} (3) para H e G_{25} (2) e G_{23} (3) para L A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um combustível comercial (3) em vez do G_{23}, se S_l = 0,89 – 1,19	2 para a gama H, e 2 para a gama L; na posição relevante do comutador	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ e $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$			
Ver ponto 2.4.1. Motor GN preparado para funcionar com gás da gama H ou gás da gama L				G_R (1) e G_{23} (3) para H ou G_{25} (2) e G_{23} (3) para L A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um combustível comercial (3) em vez do G_{23}, se S_l = 0,89 – 1,19	2 para a gama H ou 2 para a gama L 2	$r_b = \frac{\text{fuel 1}(G_R)}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ para a gama H ou $r_a = \frac{\text{fuel 2}(G_{25})}{\text{fuel 3}(G_{23} \text{ or market fuel})}$ para a gama L
Ver ponto 2.4.2. Motor preparado para funcionar com uma composição específica de combustível				G_R (1) e G_{25} (2), Afinação permitida entre os ensaios. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com: G_R (1) e G_{23} (3) para H ou G_{25} (2) e G_{23} (3) para L	2 2 para a gama H ou 2 para a gama L	

Quadro 1.2

Homologação UE de motores alimentados a GPL

	Ponto 2.3: Requisitos aplicáveis aos motores que funcionam com todos os combustíveis	Número de ensaios	Cálculo de «r»	Ponto 2.4: Requisitos aplicáveis aos motores com uma gama de combustível restrita	Número de ensaios	Cálculo de «r»
Ver ponto 2.3.4. Motor GPL adaptável a qualquer composição do combustível	Combustível A e combustível B	2	$r = \frac{\text{fuel B}}{\text{fuel A}}$			
Ver ponto 2.4.2. Motor GPL preparado para funcionar com uma composição específica de combustível				Combustível A e combustível B, afinação permitida entre os ensaios	2	

Quadro 1.3

Número mínimo de ensaios exigido para a homologação UE de motores com duplo combustível

Tipo de duplo combustível	Modo combustível líquido	Modo duplo combustível			
		GNC	GNL	GNL_{20}	GPL
1A		Universal ou restrito (dois ensaios)	Universal (dois ensaios)	Específico do combustível (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)
1B	Universal (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)	Universal (dois ensaios)	Específico do combustível (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)
2A		Universal ou restrito (dois ensaios)	Universal (dois ensaios)	Específico do combustível (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)
2B	Universal (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)	Universal (dois ensaios)	Específico do combustível (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)
3B	Universal (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)	Universal (dois ensaios)	Específico do combustível (um ensaio)	Universal ou restrito (dois ensaios)

ANEXO II

Disposições relativas à conformidade da produção

1. **Definições**

Para efeitos do presente anexo, entende-se por:

1.1. «Sistema de gestão da qualidade», um conjunto de elementos, inter-relacionados ou em interação, que as organizações utilizam para orientar e controlar a forma como as políticas de qualidade são aplicadas e como são alcançados os objetivos de qualidade;

1.2. «Auditoria», um processo de recolha de provas utilizado para avaliar de que modo os critérios de auditoria estão a ser aplicados; deve ser objetivo, imparcial e independente, e o processo de auditoria deve ser sistemático e documentado;

1.3. «Medidas corretivas», um processo de resolução de problemas com as subsequentes medidas tomadas para eliminar as causas de uma não conformidade ou situação indesejável e concebido para evitar a sua recorrência;

2. **Objetivo**

2.1. As disposições relativas à conformidade da produção visam garantir que cada motor se encontra em conformidade com os requisitos em matéria de especificação, desempenho e marcação do tipo de motor ou família de motores homologados.

2.2. Os procedimentos incluem, de forma indissociável, a avaliação dos sistemas de gestão da qualidade, em seguida referidos como «avaliação inicial» e especificados no ponto 3, e a verificação e os controlos relacionados com a produção, em seguida referidos como «disposições relativas à conformidade do produto», estabelecidos no ponto 4.

3. **Avaliação inicial**

3.1. Antes de emitir uma homologação UE, a entidade homologadora deve verificar se existem disposições e procedimentos estabelecidos pelo fabricante que assegurem um controlo eficaz, de modo tal que, durante a produção, os motores estejam conformes com o tipo de motor ou família de motores homologados.

3.2. As orientações para inspeções de sistemas de gestão da qualidade ou gestão ambiental constantes da norma EN ISO 19011:2011 são aplicáveis à avaliação inicial.

3.3. A entidade homologadora deve considerar satisfatórias a avaliação inicial e as disposições relativas à conformidade do produto, referidas no ponto 4, tendo em conta, conforme necessário, uma das disposições descritas nos pontos 3.3.1 a 3.3.3, ou uma combinação dessas disposições no todo ou em parte, conforme adequado.

3.3.1. A avaliação inicial e/ou a verificação das disposições relativas à conformidade do produto devem ser efetuadas pela entidade homologadora que concede a homologação ou por um organismo designado para agir em seu nome.

3.3.1.1. Ao decidir o âmbito da avaliação inicial a efetuar, a entidade homologadora pode ter em conta as informações disponíveis relacionadas com a certificação do fabricante que não tenham sido aceites ao abrigo do ponto 3.3.3.

3.3.2. A avaliação inicial e a verificação das disposições relativas à conformidade do produto podem também ser efetuadas pela entidade homologadora de outro Estado-Membro ou pelo organismo designado para esse fim pela entidade homologadora.

3.3.2.1. Em tal caso, a entidade homologadora do outro Estado-Membro elabora uma declaração de conformidade que indica as zonas e instalações de produção por ela visitadas no que respeita aos motores relevantes a obter a homologação UE.

3.3.2.2. Ao receber um pedido de declaração de conformidade da entidade homologadora de um Estado-Membro que concede a homologação UE, a entidade homologadora de outro Estado-Membro deve enviar imediatamente a declaração de conformidade ou comunicar que não se encontra em condições de a fornecer.

3.3.2.3. A declaração de conformidade deve incluir, pelo menos, os seguintes elementos:

3.3.2.3.1. Grupo ou empresa (por exemplo, fabricante XYZ);

3.3.2.3.2. Organização específica (por exemplo, divisão europeia);

3.3.2.3.3. Fábricas/locais (por exemplo, fábrica de motores 1 (Reino Unido) — fábrica de motores 2 (Alemanha));

3.3.2.3.4. Famílias/tipos de motores incluídos

3.3.2.3.5. Áreas avaliadas (por exemplo, montagem de motores, ensaio de motores, fabrico do sistema de pós-tratamento)

3.3.2.3.6. Documentos examinados (por exemplo, manual e procedimentos de garantia da qualidade da empresa e do local de produção);

3.3.2.3.7. Data da avaliação (por exemplo, inspeção realizada entre 18 e 30 de maio de 2013);

3.3.2.3.8. Visita de inspeção planeada (por exemplo, outubro de 2014).

3.3.3. A entidade homologadora deve também aceitar a certificação adequada do fabricante em conformidade com a norma EN ISO 9001:2008 ou uma norma harmonizada equivalente que cumpra os requisitos da avaliação inicial do ponto 3.3. O fabricante deve fornecer pormenores da certificação e comprometer-se a informar a entidade homologadora de quaisquer revisões da respetiva validade ou âmbito.

4. **Disposições relativas à conformidade do produto**

4.1. Todos os motores que tenham obtido a homologação UE nos termos do Regulamento (UE) 2016/1628, do presente regulamento delegado, do Regulamento Delegado (UE) 2017/655 e do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 devem ser fabricados para estarem conformes com o tipo de motor ou família de motores homologados, cumprindo os requisitos do presente anexo, do Regulamento (UE) 2016/1628 e dos supracitados regulamentos delegados e de execução da Comissão.

4.2. Antes de conceder uma homologação UE em aplicação do Regulamento (UE) 2016/1628 e dos atos delegados e de execução adotados ao abrigo desse regulamento, a entidade homologadora deve verificar a existência de disposições adequadas e de planos de controlo documentados, a acordar com o fabricante para cada homologação, com vista a efetuar, a intervalos determinados, os ensaios ou verificações correlacionados necessários para verificar que se mantém a conformidade com o tipo de motor ou família de motores homologados, incluindo, quando aplicável, os ensaios especificados no Regulamento (UE) 2016/1628 e nos atos delegados e de execução adotados nos termos do referido regulamento.

4.3. O titular da homologação UE deve:

4.3.1. Assegurar a existência e aplicação de procedimentos de controlo eficaz da conformidade dos motores com o tipo de motor ou família de motores homologados;

4.3.2. Ter acesso aos equipamentos de ensaio ou outros equipamentos adequados necessários para verificar a conformidade com cada tipo de motor ou família de motores homologados;

4.3.3. Assegurar que os resultados dos ensaios ou das verificações são registados e que os documentos anexados a esses relatórios continuam disponíveis durante um período máximo de dez anos a determinar de comum acordo com a entidade homologadora;

4.3.4. No que diz respeito aos motores das categorias NRSh e NRS, com exceção das categorias NRS-v-2b e NRS-v-3, assegurar que, para cada tipo de motor, são realizados, pelo menos, os ensaios e as verificações previstos no Regulamento (UE) 2016/1628 e nos atos delegados e de execução adotados nos termos desse regulamento. No que se refere a outras categorias, podem ser acordados ensaios a nível de um componente ou conjunto de componentes com um critério adequado entre o fabricante e a entidade homologadora.

4.3.5. Analisar os resultados de cada tipo de ensaio ou de verificação para comprovar e assegurar a estabilidade das características do produto, admitindo as variações próprias de uma produção industrial;

4.3.6. Assegurar que qualquer conjunto de amostras ou peças a ensaiar que, no tipo de ensaio em questão, revele não conformidade, seja sujeito a nova amostragem e a novos ensaios ou verificações.

4.4. Caso a entidade homologadora considere que os resultados das novas verificações ou inspeções a que se refere o ponto 4.3.6. não são satisfatórios, o fabricante deve assegurar o restabelecimento da conformidade da produção logo que possível, através de medidas corretivas a contento da entidade homologadora.

5. **Disposições relativas à verificação continuada**

5.1. A entidade que concedeu a homologação UE pode verificar, em qualquer momento, a conformidade dos métodos de controlo da produção aplicados em cada instalação de produção por meio de inspeções periódicas. O fabricante deve, para o efeito, permitir o acesso aos locais de fabrico, inspeção, ensaio, armazenamento e distribuição e deve prestar todas as informações necessárias no que se refere à documentação e registos do sistema de gestão da qualidade.

5.1.1. A abordagem normal de tais inspeções periódicas consiste em monitorizar a eficácia continuada dos procedimentos estabelecidos nos pontos 3 e 4. (avaliação inicial e disposições relativas à conformidade do produto).

5.1.1.1. As atividades de fiscalização efetuadas pelos serviços técnicos (qualificados ou reconhecidos conforme exigido no ponto 3.3.3) devem ser aceites como cumprindo os requisitos do ponto 5.1.1, no que diz respeito aos procedimentos estabelecidos na avaliação inicial.

5.1.1.2. A periodicidade mínima das verificações (para além das especificadas no ponto 5.1.1.1) para assegurar que os controlos relevantes da conformidade da produção, aplicados em conformidade com os pontos 3 e 4, são analisados durante um período adequado ao clima de confiança estabelecido pela entidade homologadora deve ser, pelo menos, anual ou bienal. Contudo, a entidade homologadora deve realizar verificações adicionais em função da produção anual, dos resultados de avaliações anteriores, da necessidade de monitorizar as medidas corretivas e mediante um pedido fundamentado de outra entidade homologadora ou de qualquer autoridade de fiscalização do mercado.

5.2. Em cada inspeção, devem ser postos à disposição do inspetor os registos de ensaios, de verificações e da produção, em especial, os registos dos ensaios ou verificações documentados como exigido no ponto 4.2.

5.3. O inspetor pode proceder a uma seleção aleatória de amostras a analisar no laboratório do fabricante ou nas instalações do serviço técnico, caso em que apenas devem ser efetuados ensaios físicos. O número mínimo de amostras pode ser determinado em função dos resultados dos controlos efetuados pelo próprio fabricante.

5.4. Se o nível de controlo se afigurar insatisfatório, ou sempre que se afigure necessário verificar a validade dos ensaios realizados em aplicação do ponto 5.2, ou mediante um pedido fundamentado de outra entidade homologadora ou de qualquer autoridade de fiscalização do mercado, o inspetor deve selecionar amostras a analisar no laboratório do fabricante ou a enviar para o serviço técnico para a realização de ensaios físicos em conformidade com os requisitos estabelecidos no ponto 6, no Regulamento (UE) 2016/1628 e nos atos delegados e de execução adotados nos termos desse regulamento.

5.5. No caso de a entidade homologadora, ou uma entidade homologadora de outro Estado-Membro, encontrar resultados insatisfatórios durante uma inspeção ou uma análise de monitorização, em conformidade com o artigo 39.º, n.º 3, do Regulamento (UE) 2016/1628, a entidade homologadora deve assegurar que são tomadas todas as medidas necessárias para restabelecer a conformidade da produção o mais rapidamente possível.

6. **Requisitos de ensaio da conformidade da produção nos casos de um nível insatisfatório de controlo da conformidade do produto, tal como referido no ponto 5.4.**

6.1. No caso de um nível insatisfatório de controlo da conformidade do produto, conforme referido no ponto 5.4 ou no ponto 5.5, a conformidade da produção deve ser verificada através do ensaio das emissões com base na descrição dos certificados de homologação UE de acordo com o anexo IV do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos.

6.2. Salvo disposição em contrário no ponto 6.3, é aplicável o seguinte procedimento:

6.2.1. Três motores e, se aplicável, três sistemas de pós-tratamento devem ser recolhidos aleatoriamente para inspeção da produção em série do tipo de motor em causa. É possível recolher motores suplementares conforme necessário para tomar uma decisão positiva ou negativa. Para tomar uma decisão positiva, é necessário ensaiar, no mínimo, quatro motores.

6.2.2. Depois da seleção dos motores pelo inspetor, o fabricante não poderá efetuar qualquer regulação nos motores selecionados.

6.2.3. Os motores devem ser objeto de ensaios das emissões em conformidade com os requisitos do anexo VI, ou, no caso de motores com duplo combustível, em conformidade com o apêndice 2 do anexo VIII, e devem ser submetidos aos ciclos de ensaio pertinentes para o tipo de motor em conformidade com o anexo XVII.

6.2.4. Os valores-limite devem ser os constantes do anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628. Se um motor com um sistema de pós-tratamento for de regeneração infrequente tal como referido no ponto 6.6.2 do anexo VI, cada resultado das emissões de gases ou partículas poluentes deve ser ajustado em função do fator aplicável ao tipo de motor. Em todos os casos, cada resultado das emissões de gases ou partículas poluentes deve ser ajustado através da aplicação dos fatores de deterioração (DF) adequados para esse tipo de motor, tal como determinado em conformidade com o anexo III.

6.2.5. Os ensaios devem ser efetuados com motores novos.

6.2.5.1. A pedido do fabricante, os ensaios podem ser efetuados com motores que tenham rodado, no máximo, até 2 % do período de durabilidade das emissões, ou se este for um período menor, 125 horas. Nesse caso, a rodagem deve ser efetuada pelo fabricante, que se compromete a não fazer quaisquer regulações nesses motores. Se o fabricante tiver especificado uma rodagem no ponto 3.3 da ficha de informações, tal como estabelecido no anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656, as rodagens devem ser efetuadas através desse procedimento.

6.2.6. Na sequência de ensaios de motores por amostragem, conforme definido no apêndice 1, a produção em série de motores em causa é considerada conforme com o tipo homologado, se todos os poluentes forem objeto de uma decisão positiva, ou não conforme com o tipo homologado, se um determinado poluente for objeto de uma decisão negativa, em conformidade com os critérios de ensaio previstos no apêndice 1, e conforme apresentado na figura 2.1.

6.2.7. Se um determinado poluente for objeto de uma decisão positiva, essa decisão não pode vir a ser alterada por resultados de quaisquer ensaios adicionais efetuados para se tomar uma decisão em relação aos outros poluentes.

Se não for tomada uma decisão positiva em relação a todos os poluentes e nenhum poluente for objeto de uma decisão negativa, deve ensaiar-se outro motor.

6.2.8. Se não for tomada qualquer decisão, o fabricante pode optar por interromper os ensaios a qualquer momento. Nesse caso, será registada uma decisão negativa.

6.3. Em derrogação do ponto 6.2.1, é aplicável o seguinte procedimento aos tipos de motores com um volume de vendas inferior a 100 unidades por ano na UE:

6.3.1. Um motor e, se aplicável, um sistema de pós-tratamento devem ser recolhidos aleatoriamente para inspeção da produção em série do tipo de motor em causa.

6.3.2. Se o motor cumprir os requisitos estabelecidos no ponto 6.2.4, toma-se uma decisão positiva e não são necessários ensaios adicionais.

6.3.3. Caso o ensaio não cumpra os requisitos estabelecidos no ponto 6.2.4, deve seguir-se o procedimento referido nos pontos 6.2.6 a 6.2.9.

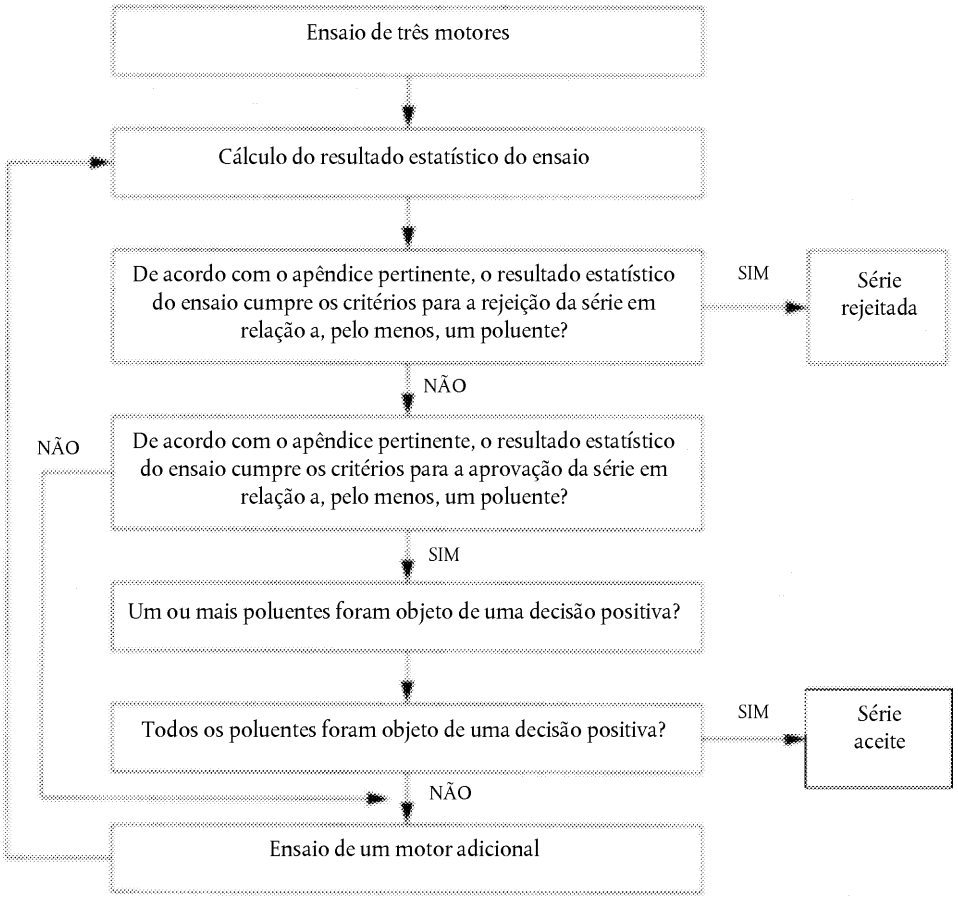
6.4. Todos estes ensaios podem ser efetuados com os combustíveis comerciais aplicáveis. Todavia, a pedido do fabricante, utilizam-se os combustíveis de referência descritos no anexo IX. O que precede implica ensaios, tal como descritos no apêndice 1 do anexo I, com pelo menos dois dos combustíveis de referência para cada motor alimentado a gás, exceto no caso de um motor alimentado a gás com homologação UE relativa a um combustível específico, no qual é necessário apenas um combustível de referência. Se for utilizado mais do que um combustível gasoso de referência, os resultados devem demonstrar que o motor cumpre os valores-limite com cada combustível.

6.5. Não conformidade dos motores alimentados a gás

No caso de um litígio relativo à conformidade dos motores alimentados a gás, incluindo os motores com duplo combustível, quando utilizam combustíveis comerciais, os ensaios devem ser efetuados com cada combustível de referência com o qual o motor precursor foi ensaiado, e, mediante pedido do fabricante, com o eventual terceiro combustível suplementar, conforme referido nos pontos 2.3.1.1.1, 2.3.2.1 e 2.4.1.2 do anexo I, com o qual o motor precursor possa ter sido ensaiado. Se for o caso, o resultado deve ser convertido por um cálculo que aplica os fatores relevantes «r», «r_a» ou «r_b» conforme descritos nos pontos 2.3.3, 2.3.4.1 e 2.4.1.3 do anexo I. Se r, r_a ou r_b forem inferiores a 1, não é necessária qualquer correção. Os resultados medidos e, se for o caso, os resultados calculados devem demonstrar que o motor respeita os valores-limite com todos os combustíveis relevantes (por exemplo, combustíveis 1, 2 e, se aplicável, o terceiro combustível, no caso dos motores a gás natural/biometano, e combustíveis A e B, no caso dos motores a GPL).

Figura 2.1

Diagrama esquemático dos ensaios de conformidade da produção



Apêndice 1

Método de ensaio no que diz respeito à conformidade da produção

1. O presente apêndice descreve o método de verificação da conformidade da produção a utilizar no que diz respeito às emissões de poluentes.

2. Sendo de três motores o tamanho mínimo da amostra, o procedimento de amostragem é estabelecido de modo a que a probabilidade de um lote ser aprovado num ensaio com 30 % da produção defeituosa seja de 0,90 (risco do produtor = 10 %), e a probabilidade de um lote ser aceite com 65 % da produção defeituosa seja de 0,10 (risco do consumidor = 10 %).

3. O método a utilizar para cada um dos poluentes das emissões é o seguinte (ver figura 2.1):

   Sejam: n = o número da amostra em questão.

4. Determinar para a amostra a estatística do ensaio quantificando o número acumulado de testes não conformes no $n^{ésimo}$ ensaio.

5. Assim:

   a) Se o resultado estatístico do ensaio for inferior ou igual ao número correspondente à decisão positiva previsto no quadro 2.1 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objeto de uma decisão positiva;

   b) Se o resultado estatístico do ensaio for igual ou superior ao número correspondente à decisão negativa previsto no quadro 2.1 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objeto de uma decisão negativa;

   c) Nos restantes casos, proceder-se-á ao ensaio de mais um motor, em conformidade com o ponto 6.2, aplicando-se depois o método de cálculo a uma amostra com mais uma unidade.

   Os números correspondentes às decisões positivas e negativas que figuram no quadro 2.1 foram determinados com base na norma ISO 8422/1991.

Quadro 2.1

Estatísticas do ensaio no que diz respeito à conformidade da produção

Tamanho mínimo da amostra: 3 Tamanho mínimo da amostra para uma decisão positiva: 4

Número acumulado de motores ensaiados (tamanho da amostra)	Número correspondente à decisão positiva	Número correspondente à decisão negativa
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

ANEXO III

Metodologia para adaptar os resultados dos ensaios de emissões em laboratório, a fim de incluir os fatores de deterioração

1. **Definições**

Para efeitos do presente anexo, entende-se por:

1.1. «Ciclo de envelhecimento», o funcionamento do motor ou da máquina móvel não rodoviária (velocidade, carga, potência) a realizar durante o período de acumulação de serviço.

1.2. «Componentes críticos relacionados com as emissões», o sistema de pós-tratamento dos gases de escape, a unidade de controlo eletrónico do motor e os sensores e atuadores associados, bem como a recirculação dos gases de escape (EGR), incluindo todos os filtros, refrigeradores, válvulas de regulação e tubagem conexos.

1.3. «Manutenção crítica relacionada com as emissões», a manutenção a realizar em componentes críticos do motor relacionados com as emissões.

1.4. «Manutenção relacionada com as emissões», a manutenção que afeta substancialmente as emissões ou é suscetível de afetar o desempenho do motor ou da máquina móvel não rodoviária em matéria de emissões durante o funcionamento normal em condições de utilização.

1.5. «Família de sistemas de pós-tratamento dos motores» designa um agrupamento de motores, definido pelo fabricante, que cumprem a definição de família de motores, mas que são ainda agrupados numa família de famílias de motores que utilizam um sistema semelhante de pós-tratamento dos gases de escape.

1.6. «Manutenção não relacionada com as emissões», a manutenção que não afeta substancialmente as emissões e que não afeta de forma duradoura a deterioração do desempenho do motor ou da máquina móvel não rodoviária em matéria de emissões durante o funcionamento normal em condições de utilização, uma vez realizada a manutenção.

1.7. «Programa de acumulação de serviço», o ciclo de envelhecimento e o período de acumulação de serviço para determinar os fatores de deterioração respeitantes à família de motores-sistemas de pós-tratamento.

2. **Generalidades**

2.1. O presente anexo descreve pormenorizadamente os procedimentos de seleção dos motores a ensaiar durante um programa de acumulação de serviço com o objetivo de determinar fatores de deterioração para a homologação UE e a avaliação da conformidade da produção de tipos de motores ou de famílias de motores. Os fatores de deterioração são aplicados às emissões medidas em conformidade com o anexo VI e calculados em conformidade com o anexo VII de acordo com o procedimento estabelecido no ponto 3.2.7 ou no ponto 4.3, respetivamente.

2.2. Não é necessário que os ensaios de acumulação de serviço ou os ensaios de emissões realizados para determinar a deterioração sejam acompanhados pela entidade homologadora.

2.3. O presente anexo descreve igualmente a manutenção, correlacionada ou não com as emissões, que deve ou pode ser efetuada em motores submetidos a um programa de acumulação de serviço. Essa manutenção deve respeitar a manutenção realizada em motores em serviço e comunicada aos utilizadores finais de novos motores.

3. **Categorias de motores NRE, NRG, IWP, IWA, RLL, RLR, SMB, ATS e subcategorias NRS-v-2b e NRS-v-3**

3.1. Seleção dos motores para determinar os fatores de deterioração das emissões durante o período de durabilidade

3.1.1. Os motores devem ser selecionados a partir da família de motores definida no ponto 2 do anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos para os ensaios de emissões para estabelecer os fatores de deterioração das emissões durante o período de durabilidade.

3.1.2. É ainda possível combinar motores pertencentes a diferentes famílias de motores para formar novas famílias de motores com base no tipo de sistema de pós-tratamento dos gases de escape utilizado. Para agrupar motores com uma configuração diferente de cilindros, mas que possuam especificações técnicas e uma instalação para os sistemas de pós-tratamento dos gases de escape semelhantes na mesma família de motores-sistemas de pós-tratamento, o fabricante deve fornecer à entidade homologadora dados que comprovem que o desempenho desses motores em termos de redução das emissões é semelhante.

3.1.3. O fabricante do motor deve selecionar um motor representativo da família de motores-sistemas de pós-tratamento, determinada em conformidade com o ponto 3.1.2, para ser submetido a ensaios durante o programa de acumulação de serviço a que se refere o ponto 3.2.2, devendo a entidade homologadora ser informada antes do início de quaisquer ensaios.

3.1.4. Se a entidade homologadora decidir que o caso mais desfavorável a nível de emissões da família de motores-sistemas de pós-tratamento em causa pode ser mais bem caracterizado por outro motor de ensaio, a seleção do motor de ensaio a utilizar deve ser efetuada conjuntamente pela entidade homologadora e pelo fabricante do motor.

3.2. Determinação dos fatores de deterioração das emissões durante o período de durabilidade

3.2.1. Considerações gerais

Os fatores de deterioração aplicáveis a uma família de motores-sistemas de pós-tratamento são desenvolvidos a partir dos motores selecionados com base num programa de acumulação de serviço que inclui a realização de ensaios periódicos de emissões gasosas e de partículas durante cada ciclo de ensaio aplicável à categoria de motores, tal como indicado no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628. No caso de ciclos de ensaio em condições em condições transitórias não rodoviários para motores da categoria NRE (NRTC), só são considerados os resultados do percurso a quente do NRTC (NRTC com arranque a quente).

3.2.1.1. A pedido do fabricante, a entidade homologadora pode autorizar a utilização de fatores de deterioração que tenham sido estabelecidos através de procedimentos alternativos aos especificados nos pontos 3.2.2 a 3.2.5. Nesse caso, o fabricante deve demonstrar, a contento da entidade homologadora, que os procedimentos alternativos utilizados não são menos rigorosos do que os previstos nos pontos 3.2.2 a 3.2.5.

3.2.2. Programa de acumulação de serviço

Os programas de acumulação de serviço podem ser efetuados, ao critério do fabricante, quer ensaiando uma máquina móvel não rodoviária equipada com o motor selecionado durante um programa de acumulação «em serviço», quer ensaiando o motor selecionado durante um programa de acumulação de «serviço em dinamómetro». O fabricante não é obrigado a utilizar combustível de referência para a acumulação de serviço entre os pontos de ensaio da medição das emissões.

3.2.2.1. Acumulação de funcionamento em serviço e no dinamómetro

3.2.2.1.1. O fabricante deve determinar a forma e a duração do ciclo de acumulação de serviço e envelhecimento para os motores de forma coerente com as boas práticas de engenharia.

3.2.2.1.2. Cabe ao fabricante determinar os pontos de ensaio em que serão medidas as emissões de gases e de partículas durante os ciclos aplicáveis, do seguinte modo:

3.2.2.1.2.1. Ao utilizar um programa de acumulação de serviço mais curto do que o período de durabilidade das emissões em conformidade com o ponto 3.2.2.1.7, o número mínimo de pontos de ensaio deve ser três: um no início, um aproximadamente a meio e um no final do programa de acumulação de serviço.

3.2.2.1.2.2. Ao concluir um programa de acumulação de serviço até ao final do período de durabilidade das emissões, o número mínimo de pontos de ensaio deve ser dois: um no início e um no final do programa de acumulação de serviço.

3.2.2.1.2.3. Além disso, o fabricante pode realizar o ensaio em pontos intermédios uniformemente repartidos.

3.2.2.1.3. Os valores das emissões no ponto inicial e no ponto final do período de durabilidade das emissões calculados em conformidade com o ponto 3.2.5.1 ou medidos diretamente de acordo com o ponto 3.2.2.1.2.2, devem situar-se dentro dos valores-limite aplicáveis à família de motores. No entanto, os resultados das emissões individuais dos pontos de ensaio intermédios podem exceder esses valores-limite.

3.2.2.1.4. No caso de categorias ou subcategorias de motores às quais seja aplicável um NRTC, ou para categorias ou subcategorias de motores às quais seja aplicável um ciclo de ensaio em condições transitórias não rodoviário para motores de explosão de grande potência (LSI-NRTC), o fabricante pode solicitar o acordo da entidade homologadora para efetuar um único ciclo de ensaio (LSI-NRSC ou NRTC a quente, conforme aplicável, ou NRSC) em cada ponto de ensaio, bem como para efetuar o outro ciclo de ensaio apenas no início e no final do programa de acumulação de serviço.

3.2.2.1.5. No caso de categorias ou subcategorias de motores para as quais não exista um ciclo não rodoviário em condições transitórias aplicável indicado no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628, efetua-se apenas o NRSC em cada ponto de ensaio.

3.2.2.1.6. Os programas de acumulação de serviço podem ser diferentes para as diferentes famílias de motores--sistemas de pós-tratamento.

3.2.2.1.7. Os programas de acumulação de serviço podem ser mais curtos do que o período de durabilidade das emissões, mas não devem ser mais curtos do que o equivalente a, pelo menos, um quarto do período pertinente de durabilidade das emissões especificado no anexo V do Regulamento (UE) 2016/1628.

3.2.2.1.8. Admite-se o envelhecimento acelerado, ajustando o programa de acumulação de serviço com base no consumo de combustível. O ajustamento deve basear-se na razão entre o consumo típico de combustível em serviço e o consumo de combustível no ciclo de envelhecimento, embora este último não deva exceder o consumo típico de combustível em serviço em mais de 30 %.

3.2.2.1.9. O fabricante pode recorrer a métodos alternativos de envelhecimento acelerado, com o acordo da entidade homologadora.

3.2.2.1.10. O programa de acumulação de serviço deve ser descrito pormenorizadamente no pedido de homologação UE e comunicado à entidade homologadora antes do início de quaisquer ensaios.

3.2.2.2. Se a entidade homologadora decidir que é necessário efetuar medições adicionais entre os pontos selecionados pelo fabricante, deve notificar o fabricante. O programa revisto de acumulação de serviço deve ser preparado pelo fabricante e obter a aprovação da entidade homologadora.

3.2.3. Ensaios do motor

3.2.3.1. Estabilização do motor

3.2.3.1.1. Para cada família de motores-sistemas de pós-tratamento, o fabricante determina o número de horas de funcionamento do motor ou da máquina móvel não rodoviária necessárias para estabilizar o funcionamento do motor-sistema de pós-tratamento. Se solicitado pela entidade homologadora nesse sentido, o fabricante deve disponibilizar os dados e as análises utilizados nessa determinação. Em alternativa, o fabricante pode fazer funcionar o motor ou a máquina móvel não rodoviária entre 60 e 125 horas, ou o tempo equivalente no ciclo de envelhecimento, a fim de estabilizar o motor-sistema de pós-tratamento.

3.2.3.1.2. O final do período de estabilização determinado no ponto 3.2.3.1.1 deve ser considerado como o início do programa de acumulação de serviço.

3.2.3.2. Ensaio de acumulação de serviço

3.2.3.2.1. Após a estabilização, o motor deve funcionar durante o programa de acumulação de serviço selecionado pelo fabricante, conforme descrito no ponto 3.2.2. A intervalos periódicos durante o programa de acumulação de serviço determinado pelo fabricante e, se aplicável, estabelecido pela entidade homologadora em conformidade com o ponto 3.2.2.2, ensaiam-se as emissões de gases e de partículas do motor com os NRTC e NRSC com arranque a quente ou os LSI-NRTC e NRSC aplicáveis à categoria de motores, conforme estabelecido no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628.

O fabricante pode optar por medir as emissões poluentes antes de qualquer sistema de pós-tratamento dos gases de escape de forma separada das emissões de poluentes depois de um sistema de pós-tratamento dos gases de escape.

Em conformidade com o ponto 3.2.2.1.4, se tiver sido acordada a realização de um só ciclo de ensaio (NRSC, LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente) em cada ponto de ensaio, efetua-se o outro ciclo de ensaio (NRSC, LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente) no início e no final do programa de acumulação de serviço.

Em conformidade com o ponto 3.2.2.1.5, no caso de categorias ou subcategorias de motores para as quais não exista um ciclo não rodoviário em condições transitórias aplicável indicado no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628, efetua-se apenas o NRSC em cada ponto de ensaio.

3.2.3.2.2. Durante o programa de acumulação de serviço, a manutenção do motor deve ser realizada em conformidade com o ponto 3.4.

3.2.3.2.3. Durante o programa de acumulação de serviço, as operações não programadas de manutenção do motor ou da máquina móvel não rodoviária podem ser efetuadas, por exemplo, se o sistema normal de diagnóstico do fabricante tiver detetado um problema que tivesse indicado ao operador da máquina móvel não rodoviária que tinha ocorrido uma anomalia.

3.2.4. Comunicação de resultados

3.2.4.1. Os resultados de todos os ensaios de emissões (NRSC, LSI-NRTC e NRTC com arranque a quente) realizados durante o programa de acumulação de serviço devem ser disponibilizados à entidade homologadora. Se um dos ensaios de emissões tiver sido declarado nulo, o fabricante deve fornecer as razões para a anulação do referido ensaio. Nesse caso, deve ser realizada outra série de ensaios de emissões durante as 100 horas seguintes de acumulação de serviço.

3.2.4.2. O fabricante deve conservar registos de todas as informações respeitantes a todos os ensaios de emissões e à manutenção efetuados no motor durante o programa de acumulação de serviço. Essas informações devem ser apresentadas à entidade homologadora juntamente com os resultados dos ensaios de emissões realizados durante o programa de acumulação de serviço.

3.2.5. Determinação dos fatores de deterioração

3.2.5.1. Ao utilizar um programa de acumulação de serviço em conformidade com o ponto 3.2.2.1.2.1 ou o ponto 3.2.2.1.2.3, para cada poluente medido durante os NRSC, LSI-NRTC e NRTC com arranque a quente em cada ponto de ensaio durante o programa de acumulação de serviço, deve ser efetuada uma análise de regressão linear com o «melhor ajustamento», com base em todos os resultados dos ensaios. Os resultados de cada ensaio para cada um dos poluentes devem ser expressos com o mesmo número de casas decimais utilizado para os valores-limite aplicáveis a esse poluente, conforme for aplicável à família de motores, adicionado de mais uma casa decimal.

Se, em conformidade com o ponto 3.2.2.1.4 ou o ponto 3.2.2.1.5, for efetuado um único ciclo de ensaio (NRSC, LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente) em cada ponto de ensaio, a análise de regressão só deve ser efetuada com base nos resultados do ciclo de ensaio realizado em cada ponto de ensaio.

O fabricante pode solicitar o acordo prévio da entidade homologadora para a realização de uma regressão não linear.

3.2.5.2. Os valores das emissões para cada poluente no início do programa de acumulação de serviço e no ponto final do período de durabilidade das emissões aplicáveis ao motor submetido a ensaio devem ser:

a) Determinados por extrapolação da equação de regressão no ponto 3.2.5.1, ao utilizar um programa de acumulação de serviço em conformidade com o ponto 3.2.2.1.2.1 ou o ponto 3.2.2.1.2.3, ou

b) Medidos diretamente, ao utilizar um programa de acumulação de serviço em conformidade com o ponto 3.2.2.1.2.2.

Se forem utilizados valores de emissões por famílias de motores da mesma família de motores-sistema de pós-tratamento, mas com diferentes períodos de durabilidade das emissões, os valores das emissões no ponto final do período de durabilidade das emissões devem ser recalculados para cada período de durabilidade das emissões por extrapolação ou por interpolação da equação de regressão, conforme definido no ponto 3.2.5.1.

3.2.5.3. Define-se o fator de deterioração (DF) para cada poluente como a razão entre os valores de emissão aplicados no ponto final do período de durabilidade das emissões e no início do programa de acumulação de serviço (fator de deterioração multiplicativo).

O fabricante pode solicitar o acordo prévio da entidade homologadora para a aplicação de um DF aditivo para cada poluente. Define-se o DF aditivo como a diferença entre os valores de emissão calculados no ponto final do período de durabilidade das emissões e no início do programa de acumulação de serviço.

Na figura 3.1 é apresentado um exemplo da determinação dos DF para as emissões de NO_x recorrendo a uma regressão linear.

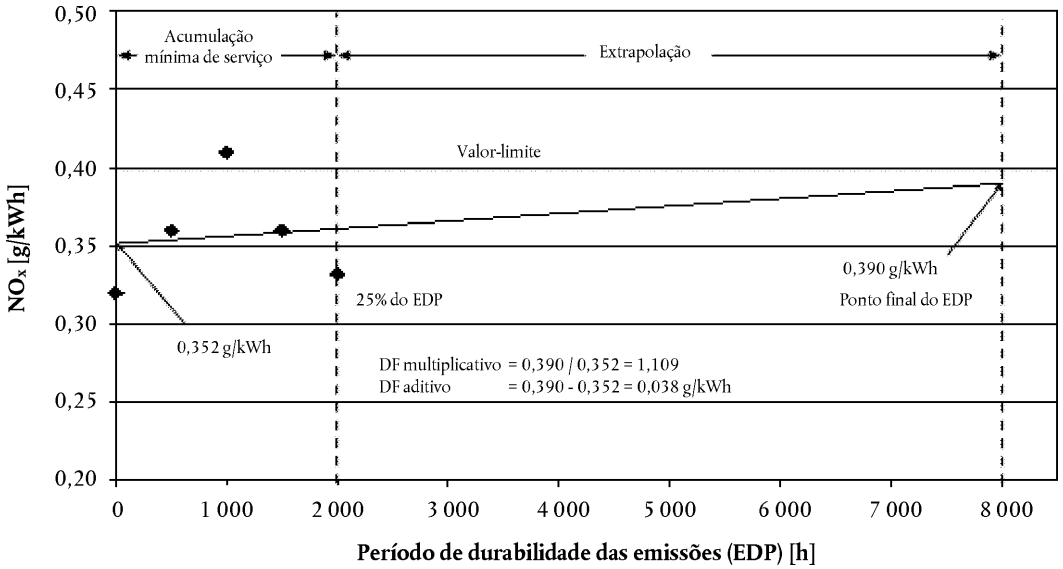
Não é permitida a utilização mista de DF multiplicativos e aditivos num conjunto de poluentes.

Se os resultados dos cálculos forem um valor inferior a 1,00 para um DF multiplicativo, ou inferior a 0,00 para um DF aditivo, então o fator de deterioração é 1,0 ou 0,00, respetivamente.

Em conformidade com o ponto 3.2.2.1.4, se tiver sido acordada a realização de um só ciclo de ensaio (NRSC, LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente) em cada ponto de ensaio e a do outro ciclo de ensaio (NRSC, LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente) só no início e no final do programa de acumulação de serviço, o fator de deterioração calculado para o ciclo de ensaio que tiver sido utilizado em cada ponto de ensaio deve aplicar-se também ao outro ciclo de ensaio.

Figura 3.1

Exemplo de determinação de DF



3.2.6. Fatores de deterioração atribuídos

3.2.6.1. Em alternativa à utilização de um programa de acumulação de serviço para determinar os DF, os fabricantes dos motores podem optar pela utilização dos DF multiplicativos indicados no quadro 3.1.

Quadro 3.1

Fatores de deterioração atribuídos

Ciclo de ensaio	CO	HC	NO_x	PM	PN
NRTC e LSI-NRTC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0
NRSC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0

Não são dados DF aditivos atribuídos. Os DF multiplicativos atribuídos não são transformados em DF aditivos.

No caso do PN, é autorizada a utilização de um DF aditivo de 0,0 ou de um DF multiplicativo de 1,0, em conjugação com os resultados de ensaios de DF anteriores que não tenham determinado um valor para o PN, se ambas as seguintes condições forem preenchidas:

a) O ensaio de DF anterior foi realizado numa tecnologia de motores que seria elegível para inclusão na mesma família de motores-sistemas de pós-tratamento, tal como estabelecido no ponto 3.1.2, como a família de motores às quais a aplicação dos DF se destina; e

b) Os resultados dos ensaios foram utilizados numa homologação anterior concedida antes da data de homologação UE aplicável indicada no anexo III do Regulamento (UE) 2016/1628.

3.2.6.2. Quando são utilizados DF atribuídos, o fabricante deve apresentar à entidade homologadora elementos de prova sólidos de que se pode razoavelmente esperar que os componentes do controlo das emissões tenham a durabilidade das emissões associada a esses fatores atribuídos. Estes elementos de prova podem basear-se em análises de conceção ou ensaios, ou numa combinação de ambos.

3.2.7. Aplicação dos fatores de deterioração

3.2.7.1. Os motores devem cumprir os respetivos limites de emissões para cada poluente, conforme aplicável à família de motores, após a aplicação dos fatores de deterioração ao resultado do ensaio medido em conformidade com o anexo VI (emissão específica ponderada em função do ciclo para as partículas e cada um dos gases). Em função do tipo de DF, são aplicáveis as seguintes disposições:

a) Multiplicativo: (emissão específica ponderada do ciclo) × DF ≤ limite de emissão

b) Aditivo: (emissão específica ponderada do ciclo) + DF ≤ limite de emissão

A emissão específica ponderada em função do ciclo pode incluir o ajustamento para a regeneração infrequente, se for caso disso.

3.2.7.2. Para um DF multiplicativo dos NO_x + HC, determinam-se e aplicam-se separadamente DF para os HC e os NO_x ao calcular os níveis de emissões deteriorados a partir do resultado de um ensaio de emissões antes de combinar os valores deteriorados resultantes para os NO_x e os HC para determinar se o limite de emissão foi ou não cumprido.

3.2.7.3. O fabricante pode aplicar os DF determinados para uma família de motores-sistemas de pós-tratamento a um motor não pertencente à mesma família de motores-sistemas de pós-tratamento. Nesse caso, o fabricante deve demonstrar à entidade homologadora que o motor relativamente ao qual a família de motores-sistemas de pós-tratamento foi inicialmente ensaiada e o motor relativamente ao qual se aplicam os DF possuem as mesmas especificações técnicas e requisitos de instalação na máquina móvel não rodoviária e que as emissões desse motor são semelhantes.

Se os DF forem aplicados a um motor com um período de durabilidade das emissões diferente, os DF devem ser recalculados para o período de durabilidade das emissões aplicável por extrapolação ou interpolação da equação de regressão, conforme definido no ponto 3.2.5.1.

3.2.7.4. O DF para cada poluente em cada ciclo de ensaio aplicável deve ser registado no relatório de ensaio constante do apêndice 1 do anexo VI do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos.

3.3. Verificação da conformidade da produção

3.3.1. A conformidade da produção relativamente às emissões é verificada ao abrigo do disposto no ponto 6 do anexo II.

3.3.2. O fabricante pode medir as emissões poluentes antes de qualquer sistema de pós-tratamento dos gases de escape em simultâneo com a realização do ensaio de homologação UE. Para esse efeito, o fabricante pode desenvolver separadamente DF informais para o motor sem o sistema de pós-tratamento e para o sistema de pós-tratamento, os quais poderá usar como referência no controlo à saída da linha de produção.

3.3.3. Para efeitos de homologação UE, só os DF determinados em conformidade com o disposto nos pontos 3.2.5 ou 3.2.6 devem ser registados no relatório de ensaio constante do apêndice 1 do anexo VI do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos.

3.4. Manutenção

Para efeitos do programa de acumulação de serviço, deve proceder-se à manutenção em conformidade com o manual de utilização e manutenção do fabricante.

3.4.1. Manutenção programada relacionada com as emissões

3.4.1.1. A manutenção programada relacionada com as emissões durante o funcionamento do motor, efetuada para efeitos de realização de um programa de acumulação de serviço, deve ocorrer a intervalos equivalentes aos indicados nas instruções de manutenção do fabricante para o utilizador final do motor ou da máquina móvel não rodoviária. Esta manutenção programada pode ser atualizada, se necessário, no decurso do programa de acumulação de serviço, desde que não seja suprimida qualquer operação de manutenção do programa de manutenção, depois de essa operação ter sido efetuada no motor de ensaio.

3.4.1.2. Quaisquer ajustamentos, desmontagens, limpezas ou substituições de componentes críticos relacionados com as emissões, efetuados numa base periódica durante o período de durabilidade das emissões para evitar um eventual disfuncionamento do motor, apenas podem ser efetuados na medida do tecnologicamente necessário para assegurar o correto funcionamento do sistema de controlo das emissões. Deve evitar-se a necessidade da substituição programada, no programa de acumulação de serviço e após um determinado tempo de funcionamento do motor, de componentes críticos relacionados com as emissões para além dos considerados elementos de substituição rotineira. Neste contexto, os elementos de consumo objeto de operações de manutenção para efeitos de renovação regular ou os elementos que exigem limpeza após um determinado tempo de funcionamento do motor são considerados elementos de substituição rotineira.

3.4.1.3. Quaisquer requisitos de manutenção programada devem ser aprovados pela entidade homologadora antes de ser concedida a homologação UE e ser incluídos no manual do cliente. A entidade homologadora não deve recusar a aprovação de requisitos de manutenção razoáveis e tecnicamente necessários, incluindo, mas não exclusivamente, os identificados no ponto 1.6.1.4.

3.4.1.4. O fabricante do motor deve indicar, para efeitos dos programas de acumulação de serviço, eventuais operações de regulação, limpeza, manutenção (se necessário) e substituição programada dos seguintes elementos:

— Filtros e refrigeradores do sistema de recirculação dos gases de escape;

— Válvula de ventilação comandada do cárter, se aplicável

— Bicos dos injetores de combustível (apenas limpeza é permitida)

— Injetores de combustível

— Turbocompressor

— Unidade de controlo eletrónico do motor e respetivos sensores e dispositivos de acionamento

— Sistema de pós-tratamento de partículas (incluindo componentes correlacionados)

— Sistema de pós-tratamento dos NO_x (incluindo componentes conexos)

— Recirculação dos gases de escape, incluindo todas as válvulas de regulação e a tubagem relacionadas;

— Outros sistemas de pós-tratamento dos gases de escape.

3.4.1.5. A manutenção crítica programada relacionada com as emissões apenas deve ser realizada caso deva ser realizada em serviço, devendo esse requisito ser comunicado ao utilizador final do motor ou da máquina móvel não rodoviária.

3.4.2. Alterações à manutenção programada

O fabricante deve apresentar um pedido à entidade homologadora para a aprovação de qualquer nova manutenção programada que pretenda realizar durante o programa de acumulação de serviço e, subsequentemente, recomendá-la aos utilizadores finais dos motores ou das máquinas móveis não rodoviárias. O pedido deve ser acompanhado de dados que justifiquem a necessidade de uma nova manutenção programada e dos intervalos de manutenção propostos.

3.4.3. Manutenção programada não relacionada com as emissões

A manutenção programada não relacionada com as emissões que seja razoável e necessária do ponto de vista técnico (por exemplo, mudança de óleo, mudança do filtro do óleo, mudança do filtro do combustível, mudança do filtro do ar, manutenção do sistema de arrefecimento, regulação da marcha lenta sem carga, regulador, binário de aperto do motor, folgas das válvulas, folgas dos injetores, regulação da tensão da correia de transmissão, etc.) pode ser realizada em motores ou máquinas móveis não rodoviárias selecionados para o programa de acumulação de serviço aos intervalos menos frequentes recomendados pelo fabricante ao utilizador final (por exemplo, não aos intervalos recomendados para as utilizações mais intensivas).

3.5. Reparação

3.5.1. As reparações de componentes de um motor selecionado para ensaio durante um programa de acumulação de serviço devem ser executadas apenas em resultado de uma avaria de algum componente ou de anomalia no motor. A reparação do próprio motor, do sistema de controlo das emissões ou do sistema de alimentação de combustível não é permitida, exceto na medida do que é definido no ponto 3.5.2.

3.5.2. Se o motor, o seu sistema de controlo das emissões ou o seu sistema de alimentação de combustível se avariarem durante o programa de acumulação de serviço, deve considerar-se esta acumulação nula e iniciar-se uma nova acumulação com um novo motor.

O parágrafo anterior não é aplicável se os componentes avariados forem substituídos por componentes equivalentes que tenham sido sujeitos a um número semelhante de horas de acumulação de serviço.

4. **Categorias e subcategorias de motores NRSh e NRS, exceto NRS-v-2b e NRS-v-3**

4.1. A categoria de EDP aplicável e o correspondente fator de deterioração (DF) são determinados em conformidade com o presente ponto 4.

4.2. Considera-se que uma família de motores cumpre os valores-limite exigidos para uma subcategoria de motores quando os resultados dos ensaios de emissões de todos os motores representativos da família de motores, depois de ajustados através da multiplicação pelo DF indicado no ponto 2, são inferiores ou iguais aos valores-limite exigidos para essa subcategoria de motores. No entanto, se um ou mais resultados dos ensaios de emissões de um ou mais motores representativos da família de motores, depois de ajustados através da multiplicação pelo DF indicado no ponto 2, forem superiores a um ou mais valores-limite de emissões exigidos para essa subcategoria de motores, considera-se que a família de motores não cumpre os valores-limite exigidos para essa subcategoria de motores.

4.3. Os DF devem ser determinados da seguinte forma:

4.3.1. Em pelo menos um motor de ensaio que represente a configuração escolhida como a que tem mais probabilidades de exceder as emissões dos HC + NO_x e fabricado de modo a ser representativo dos motores de produção, o ensaio (completo) de emissões deve ser realizado de acordo com o descrito no anexo VI após o número de horas que representa as emissões estabilizadas.

4.3.2. Caso sejam sujeitos a ensaios vários motores, calcula-se a média dos resultados para todos os motores ensaiados e arredonda-se ao mesmo número de casas decimais que o constante do limite aplicável, expressa com um algarismo significativo adicional.

4.3.3. Esse ensaio de emissões deve ser efetuado novamente após o envelhecimento do motor. O processo de envelhecimento deve destinar-se a permitir ao fabricante predizer adequadamente a deterioração das emissões em utilização esperada ao longo do EDP do motor, tomando em conta o tipo de desgaste e outros mecanismos de deterioração esperados em condições normais de utilização pelo consumidor que possam afetar o comportamento funcional em termos de emissões. Caso sejam sujeitos a ensaios vários motores, calcula-se a média dos resultados para todos os motores ensaiados e arredonda-se ao mesmo número de casas decimais constante do limite aplicável, expressa com um algarismo significativo adicional.

4.3.4. Para cada poluente regulamentado, as emissões no fim do EDP (emissões médias, se aplicável) devem ser divididas pelas emissões estabilizadas (emissões médias, se aplicável) e arredondadas para dois algarismos significativos. O número resultante constituirá o DF, a menos que seja inferior a 1,00, sendo nesse caso o DF de 1,00.

4.3.5. O fabricante pode determinar pontos adicionais de ensaio de emissões entre o ponto de ensaio de emissões estabilizadas e o final do EDP. Caso sejam programados ensaios intermédios, os pontos de ensaio devem ter intervalos regulares ao longo do EDP (mais ou menos duas horas) e um desses pontos de ensaio deve situar-se a metade do EDP completo (mais ou menos duas horas).

4.3.6. Para cada um dos poluentes HC + NO_x e CO, traça-se a linha reta de correlação dos pontos referentes a dados respeitantes ao ensaio inicial como ocorrendo na hora zero, utilizando o método dos quadrados mínimos. O DF é o quociente entre as emissões calculadas no fim do período de durabilidade e as emissões calculadas na hora zero.

O DF para cada poluente no ciclo de ensaio aplicável deve ser registado no relatório de ensaio constante do apêndice 1 do anexo VII do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 relativo aos requisitos administrativos.

4.3.7. Os fatores de deterioração calculados podem abranger outras famílias para além daquela em que foram gerados, caso o fabricante apresente, antes da homologação UE, uma justificação aceitável às entidades homologadoras de que é razoável esperar que as famílias de motores em causa apresentem características de deterioração de emissões semelhantes, com base na conceção e tecnologia utilizadas.

Apresenta-se a seguir uma lista não exaustiva de grupos de conceções e tecnologias:

— Motores a dois tempos convencionais sem sistema de pós-tratamento,

— Motores a dois tempos convencionais com catalisador do mesmo material ativo e carga e com o mesmo número de células por cm^2,

— Motores a dois tempos com eliminação dos gases de escape estratificados,

— Motores a dois tempos com eliminação dos gases de escape estratificados com catalisador do mesmo material ativo e carga e com o mesmo número de células por cm^2,

— Motores a quatro tempos com catalisador com a mesma tecnologia de válvulas e um sistema de lubrificação idêntico,

— Motores a quatro tempos sem catalisador com a mesma tecnologia de válvulas e um sistema de lubrificação idêntico.

4.4. Categorias de EDP

4.4.1. Relativamente às categorias de motores apresentadas no quadro V-3 ou V-4 do anexo V do Regulamento (UE) 2016/1628 com valores alternativos para o EDP, os fabricantes devem declarar a categoria de EDP aplicável para cada família de motores no momento da homologação UE. A categoria será a do quadro 3.2 que mais se aproxima do tempo de vida útil esperado do equipamento no qual se prevê que os motores sejam instalados, conforme determinado pelo fabricante do motor. Os fabricantes devem conservar dados adequados que justifiquem a sua escolha de categoria de EDP para cada família de motores. Esses dados serão apresentados à entidade homologadora mediante pedido.

Quadro 3.2

Categorias de EDP

Categoria de EDP	Aplicação do motor
Cat. 1	Produtos de consumo
Cat. 2	Produtos semiprofissionais
Cat. 3	Produtos profissionais

4.4.2. O fabricante deve demonstrar a contento da entidade homologadora que a categoria de EDP declarada é adequada. Os dados de justificação da escolha do fabricante relativamente à categoria de EDP, para uma determinada família de motores, podem incluir nomeadamente:

— Levantamentos dos períodos de vida do equipamento no qual os motores em causa são instalados,

— Avaliações técnicas de motores envelhecidos no terreno, a fim de determinar o momento de deterioração do comportamento funcional do motor a ponto de condicionar a sua utilidade e/ou fiabilidade a um nível tal que implique uma reparação ou substituição,

— Certificados de garantia e períodos de garantia,

— Materiais de *marketing* relativos à vida do motor,

— Relatórios de avarias de clientes dos motores, e

— Avaliações técnicas da durabilidade, em horas, de tecnologias, materiais ou conceções de motores específicos.

ANEXO IV

Requisitos relativos às estratégias de controlo de emissões, às medidas de controlo das emissões de NO_x e às medidas de controlo das emissões de partículas

1. **Definições, abreviaturas e requisitos gerais**

1.1. Para os efeitos do presente anexo, entende-se por:

1) «Código de anomalia de diagnóstico (»DTC«)», um identificador numérico ou alfanumérico que identifica ou designa uma NMC e/ou PCM;

2) «DTC confirmado e ativado», um DTC que é armazenado durante o período em que o sistema NCD e/ou PCD chega à conclusão de que se verifica uma anomalia;

3) «Família de motores NCD», o agrupamento feito pelo fabricante de motores dotados de métodos comuns de monitorização/diagnóstico de NCM;

4) «Sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD)», um sistema a bordo do motor com a capacidade de:

a) detetar uma anomalia no controlo dos NO_x;

b) identificar a causa provável das anomalias no controlo dos NO_x recorrendo à informação armazenada na memória de um computador e/ou comunicar essa informação ao exterior;

5) «Anomalia do controlo dos NO_x (NCM)», uma tentativa de manipular o sistema de controlo dos NO_x de um motor ou uma anomalia que afete esse sistema suscetível de dever-se a manipulação, que no presente regulamento se considera que exige a ativação de um sistema de aviso ou de persuasão uma vez detetada;

6) «Sistema de diagnóstico do controlo das partículas (NCD)», um sistema a bordo do motor com a capacidade de:

a) detetar uma anomalia no controlo das emissões de partículas;

b) identificar a causa provável das anomalias no controlo das emissões de partículas recorrendo à informação armazenada na memória de um computador e/ou comunicar essa informação ao exterior;

7) «Anomalia do controlo das emissões de partículas (PCM)», uma tentativa de manipular o sistema de pós-tratamento das partículas de um motor ou uma anomalia que afete esse sistema suscetível de dever-se a manipulação, que no presente regulamento se considera que exige a ativação de um aviso uma vez detetada;

8) «Família de motores PCD», o agrupamento feito pelo fabricante de motores dotados de métodos comuns de monitorização/diagnóstico de PCM;

9) «Analisador», um equipamento de ensaio externo utilizado para a comunicação exterior com o sistema NCD e/ou PCD.

1.2. Temperatura ambiente

Sem prejuízo do disposto no artigo 2.º, n.º 7, sempre que é feita referência à temperatura ambiente em relação a ambientes que não um ambiente de laboratório, são aplicáveis as seguintes disposições:

1.2.1. No caso de um motor instalado num banco de ensaio, a temperatura ambiente é a temperatura do ar de combustão fornecido ao motor, a montante de qualquer parte do motor ensaiado.

1.2.2. No caso de um motor instalado numa máquina móvel não rodoviária, a temperatura ambiente é a temperatura do ar imediatamente fora do perímetro da máquina móvel não rodoviária.

2. **Requisitos técnicos relacionados com estratégias de controlo das emissões**

2.1. O presente ponto 2 é aplicável aos motores controlados eletronicamente das categorias NRE, NRG, IWP, IWA, RLL e RLR que cumpram os limites de emissão da «fase V» estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, e que utilizem um dispositivo de comando eletrónico para determinar a quantidade e o momento da injeção de combustível ou que recorram ao dispositivo de comando eletrónico para ativar, desativar ou modular o sistema de controlo das emissões utilizado para reduzir as emissões de NO_x.

2.2. Requisitos para a estratégia de base de controlo das emissões

2.2.1. A estratégia de base de controlo de emissões é concebida de modo a permitir que o motor, em utilização normal, cumpra as disposições do presente regulamento. A utilização normal não está limitada às condições de controlo especificadas no ponto 2.4.

2.2.2. As estratégias de base de controlo das emissões são, mas não exclusivamente, mapas ou algoritmos para controlar:

a) O momento da injeção de combustível ou ignição (sincronização do motor);

b) recirculação dos gases de escape (EGR);

c) Dosagem do reagente catalítico SCR.

2.2.3. É proibida qualquer estratégia de base de controlo das emissões que possa distinguir entre um funcionamento do motor nas condições de um ensaio de homologação UE normalizado e outras condições de funcionamento e reduzir subsequentemente o nível de controlo das emissões quando o motor não funcione em condições substancialmente incluídas no procedimento de homologação UE.

2.3. Requisitos para estratégias auxiliares de controlo das emissões

2.3.1. Pode ativar-se uma estratégia auxiliar de controlo das emissões para um motor ou uma máquina móvel não rodoviária, desde que a estratégia auxiliar de controlo das emissões:

2.3.1.1. Não reduza permanentemente a eficácia do sistema de controlo das emissões;

2.3.1.2. Apenas funcione fora das condições de controlo especificadas nos pontos 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3 para os fins definidos no ponto 2.3.5 e apenas durante o tempo necessário para estes fins, com exceção do permitido nos pontos 2.3.1.3, 2.3.2 e 2.3.4;

2.3.1.3. Seja ativada apenas a título excecional nas condições de controlo previstas nos pontos 2.4.1, 2.4.2 ou 2.4.3, respetivamente, tenha sido demonstrado que é necessária para os fins identificados no ponto 2.3.5, tenha sido aprovada pela entidade homologadora e não esteja ativada por mais tempo do que o necessário para esses fins;

2.3.1.4. Assegure um nível de desempenho do sistema de controlo das emissões o mais próximo possível do que é proporcionado pela estratégia de base de controlo de emissões.

2.3.2. Quando a estratégia auxiliar de controlo das emissões é ativada durante o ensaio de homologação UE, não se deve limitar a ocorrência da ativação às condições não abrangidas pelas condições de controlo estabelecidas no ponto 2.4 e a finalidade não se deve limitar aos critérios estabelecidos no ponto 2.3.5.

2.3.3. Quando a estratégia auxiliar de controlo das emissões não é ativada durante o ensaio de homologação UE, deve demonstrar-se que a estratégia auxiliar de controlo das emissões se mantém ativa apenas enquanto for necessário para os fins estabelecidos no ponto 2.3.5.

2.3.4. Funcionamento a baixas temperaturas

Pode ser ativada uma estratégia auxiliar de controlo das emissões num motor equipado com recirculação dos gases de escape (EGR), independentemente das condições de controlo estabelecidas no ponto 2.4, se a temperatura ambiente for inferior a 275 K (2 °C) e estiver preenchido um dos seguintes critérios:

a) Temperatura do coletor de admissão inferior ou igual à temperatura determinada pela seguinte equação: $IMT_c = P_{IM} / 15{,}75 + 304{,}4$, em que: IMT_c é a temperatura calculada do coletor de admissão, em K, e P_{IM} é a pressão absoluta no coletor de admissão, em kPa;

b) Temperatura do fluido de arrefecimento inferior ou igual à temperatura determinada pela seguinte equação: $ECT_c = P_{IM} / 14{,}004 + 325{,}8$, em que: ECT_c é a temperatura calculada do fluido de arrefecimento, em K, e P_{IM} é a pressão absoluta no coletor de admissão, em kPa.

2.3.5. Com exceção do permitido no ponto 2.3.2, uma estratégia auxiliar de controlo das emissões pode ser ativada apenas para os seguintes fins:

a) Por sinais a bordo, para proteger o motor (incluindo a proteção do dispositivo de tratamento do ar) e/ou a máquina móvel não rodoviária na qual o motor está instalado;

b) Por razões de segurança operacional;

c) Para prevenir emissões excessivas durante o arranque a frio, o período de aquecimento ou a paragem;

d) Se for utilizada para afrouxar o controlo de um poluente regulamentado em condições ambientes ou de funcionamento específicas para manter o controlo sobre todos os outros poluentes regulamentados dentro dos valores-limite de emissão aplicáveis ao motor em questão. O objetivo é compensar fenómenos que ocorrem naturalmente de uma maneira que permita o controlo aceitável de todos os constituintes das emissões.

2.3.6. O fabricante deve demonstrar ao serviço técnico aquando do ensaio de homologação UE que o funcionamento de qualquer estratégia auxiliar de controlo das emissões cumpre o disposto no presente ponto. A demonstração consiste numa avaliação da documentação referida no ponto 2.6.

2.3.7. É proibido fazer funcionar qualquer estratégia auxiliar de controlo das emissões de modo não conforme com os pontos 2.3.1 a 2.3.5.

2.4. Condições de controlo

As condições de controlo especificam um intervalo de altitude, temperatura ambiente e fluido de arrefecimento do motor que determinam se as estratégias auxiliares de controlo das emissões podem ser globalmente ou apenas excecionalmente ativadas em conformidade com o ponto 2.3.

As condições de controlo especificam uma pressão atmosférica que é medida como pressão atmosférica absoluta estática (em húmido ou seco) («pressão atmosférica»)

2.4.1. Condições de controlo para motores das categorias IWP e IWA:

a) Altitude não superior a 500 metros (ou pressão atmosférica equivalente a 95,5 kPa);

b) Temperatura ambiente compreendida entre 275 K e 303 K (2 °C a 30 °C);

c) Temperatura do fluido de arrefecimento do motor superior a 343 K (70 °C).

2.4.2. Condições de controlo para motores da categoria RLL:

a) Altitude não superior a 1 000 metros (ou pressão atmosférica equivalente a 90 kPa);

b) Temperatura ambiente compreendida entre 275 K e 303 K (2 °C a 30 °C);

c) Temperatura do fluido de arrefecimento do motor superior a 343 K (70 °C).

2.4.3. Condições de controlo para motores das categorias NRE, NRG e RLR:

a) Pressão atmosférica superior ou igual a 82,5 kPa;

b) Temperatura ambiente no seguinte intervalo:

— Igual ou superior a 266 K (– 7 °C),

— Inferior ou igual à temperatura determinada pela equação seguinte à pressão atmosférica especificada: $T_c = - 0{,}4514 \times (101{,}3 - P_b) + 311$, em que: T_c é a temperatura do ar ambiente calculada, em K, e P_b é a pressão atmosférica, em kPa;

c) Temperatura do fluido de arrefecimento do motor superior a 343 K (70 °C).

2.5. Caso se utilize o sensor da temperatura do ar de admissão para estimar a temperatura do ar ambiente, deve avaliar-se o desfasamento nominal entre os dois pontos de medição para um tipo de motor ou uma família de motores. Quando utilizada, a temperatura do ar de admissão deve ser ajustada numa quantidade igual ao desfasamento nominal para estimar a temperatura ambiente para uma instalação com o tipo de motor ou a família de motores especificado.

A avaliação do desfasamento deve ser efetuada utilizando boas práticas de engenharia com base em elementos técnicos (cálculos, simulações, resultados experimentais, dados, etc.), nomeadamente:

a) As categorias habituais de máquinas móveis não rodoviárias nas quais o tipo de motor ou a família de motores será instalado; e ainda

b) As instruções de instalação fornecidas pelo fabricante ao OEM.

Uma cópia da avaliação será posta à disposição da entidade homologadora, mediante pedido.

2.6. Requisitos em matéria de documentação

O fabricante deve cumprir os requisitos em matéria de documentação estabelecidos no ponto 1.4 da parte A do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656 e no apêndice 2 desse anexo.

3. **Requisitos técnicos relacionados com medidas de controlo das emissões de NO_x**

3.1. O presente ponto 3 é aplicável aos motores controlados eletronicamente das categorias NRE, NRG, IWP, IWA, RLL e RLR que cumpram os limites de emissão da «fase V» estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, e que utilizem um dispositivo de comando eletrónico para determinar a quantidade e o momento da injeção de combustível ou que recorram ao dispositivo de comando eletrónico para ativar, desativar ou modular o sistema de controlo das emissões utilizado para reduzir as emissões de NO_x.

3.2. O fabricante deve facultar informações completas sobre as características de funcionamento das medidas de controlo dos NO_x usando para o efeito os documentos previstos no anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

3.3. A estratégia de controlo das emissões de NO_x deve estar operacional em todas as condições ambientais que ocorrem normalmente no território da União, nomeadamente a baixas temperaturas ambientes.

3.4. O fabricante deve demonstrar, em caso de utilização de um reagente, que a emissão de amoníaco não excede um valor médio de 25 ppm para os motores da categoria RLL e 10 ppm para os motores de todas as outras categorias aplicáveis durante o ciclo de ensaio das emissões aplicável do procedimento de homologação UE.

3.5. Se existirem reservatórios de reagente instalados numa máquina móvel não rodoviária ou a ela ligados, devem ser incluídos os meios para colher uma amostra do reagente dos reservatórios. O ponto de colheita deve ser de fácil acesso, sem que seja necessário uma ferramenta ou um dispositivo especial.

3.6. Além dos requisitos estabelecidos nos pontos 3.2 a 3.5, são aplicáveis os seguintes requisitos:

a) Para os motores da categoria NRG, os requisitos técnicos estabelecidos no apêndice 1;

b) Para os motores da categoria NRE:

i) os requisitos estabelecidos no apêndice 2, quando o motor se destina exclusivamente à utilização em vez de motores da fase V das categorias IWP e IWA, em conformidade com o artigo 4.º, n.º 1, ponto 1, alínea b), do Regulamento (UE) 2016/1628, ou

ii) os requisitos estabelecidos no apêndice 1 para os motores não abrangidos pela subalínea i);

c) Para os motores das categorias IWP, IWA e RLR, os requisitos técnicos estabelecidos no apêndice 2;

d) Para os motores da categoria RLL, os requisitos técnicos estabelecidos no apêndice 3.

4. **Requisitos técnicos relacionados com medidas de medidas de controlo das emissões de partículas poluentes**

4.1. O presente ponto é aplicável aos motores das subcategorias objeto de um limite de PN em conformidade com os limites de emissão da «fase V» estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628 equipados com um sistema de pós-tratamento de partículas. Nos casos em que o sistema de controlo das emissões de NO_x e o sistema de controlo das emissões de partículas partilhem os mesmos componentes físicos [por exemplo, mesmo substrato (SCR no filtro), mesmo sensor de temperatura dos gases de escape], os requisitos do presente ponto não são aplicáveis a nenhum componente ou anomalia se, após a análise de uma avaliação fundamentada apresentada pelo fabricante, a entidade de homologação concluir que uma anomalia do controlo das emissões de partículas no âmbito do presente ponto conduziria a uma correspondente anomalia do controlo das emissões de NO_x no âmbito do ponto 3.

4.2. Os requisitos técnicos pormenorizados relacionados com as medidas de controlo das emissões de partículas poluentes são especificados no apêndice 4.

Apêndice 1

Requisitos técnicos suplementares aplicáveis às medidas de controlo das emissões de NO_x para motores das categorias NRE e NRG, incluindo o método de demonstração destas estratégias

1. **Introdução**

O presente apêndice define os requisitos suplementares para garantir o funcionamento correto das medidas de controlo dos NO_x. Inclui requisitos para os motores que utilizam um reagente para reduzir as emissões. A homologação UE depende da aplicação das disposições pertinentes em matéria de instruções para os operadores, documentação de instalação, sistema de aviso do operador, sistema de persuasão e proteção contra o congelamento previstas no presente apêndice.

2. **Requisitos gerais**

O motor deve ser equipado com um sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD) capaz de identificar as anomalias no controlo dos NO_x (NCM). Qualquer motor abrangido pelo âmbito de aplicação do presente ponto 2 deve ser concebido, construído e instalado para poder dar cumprimento a estes requisitos durante a vida útil do motor em condições normais de utilização. Na consecução deste objetivo é aceitável que os motores que tenham ultrapassado o período de durabilidade das emissões, conforme especificado no anexo V do Regulamento (UE) 2016/1628, apresentem uma deterioração no desempenho e na sensibilidade do sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD), pelo que os limiares indicados no presente anexo podem ser ultrapassados antes de o sistema de aviso e/ou persuasão serem ativados.

2.1. Informações exigidas

2.1.1. Se o sistema de controlo das emissões exigir um reagente, o tipo de reagente, informação sobre a concentração quando o reagente está em solução, as suas temperaturas de funcionamento e referência às normas internacionais relativas à composição e à qualidade e outras características desse reagente devem ser especificadas pelo fabricante em conformidade com a parte B do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

2.1.2. Aquando da homologação UE devem ser comunicadas à entidade homologadora informações pormenorizadas por escrito sobre as características de funcionamento do sistema de aviso do operador estabelecido no ponto 4 e sobre o sistema de persuasão do operador estabelecido no ponto 5.

2.1.3. O fabricante deve facultar ao OEM documentos com instruções sobre como instalar o motor na máquina móvel não rodoviária de modo a que o motor, o seu sistema de controlo das emissões e as peças da máquina móvel não rodoviária funcionem em conformidade com os requisitos do presente apêndice. Esta documentação deve incluir os requisitos técnicos pormenorizados do motor (*software*, *hardware* e comunicação), necessários para a correta instalação do motor na máquina móvel não rodoviária.

2.2. Condições de funcionamento

2.2.1. O sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x deve estar operacional nas seguintes condições:

a) A todas as temperaturas ambientes entre 266 K e 308 K (– 7 °C e 35 °C);

b) A qualquer altitude abaixo de 1 600 m;

c) A temperaturas do fluido de arrefecimento do motor superiores a 343 K (70 °C).

O presente ponto 2 não é aplicável à monitorização do nível de reagente no reservatório de armazenamento se a monitorização for efetuada em todas as condições nas quais as medições sejam tecnicamente exequíveis (por exemplo, em todas as condições em que um líquido reagente não esteja congelado).

2.3. Proteção contra o congelamento do reagente

2.3.1. É admissível utilizar um reservatório e um sistema de dosagem do reagente aquecidos ou não aquecidos. Um sistema aquecido deve cumprir os requisitos do ponto 2.3.2. Um sistema não aquecido deve cumprir os requisitos do ponto 2.3.3.

2.3.1.1. O uso de um reservatório e de um sistema de dosagem do reagente não aquecidos deve ser indicado nas instruções escritas fornecidas ao utilizador final da máquina móvel não rodoviária.

2.3.2. Reservatório de reagente e sistema de dosagem

2.3.2.1. Se o reagente tiver congelado, o reagente deve ficar disponível para uso num período máximo de 70 minutos após o arranque do motor à temperatura ambiente de 266 K (– 7 °C).

2.3.2.2. Critérios de conceção para um sistema aquecido

Um sistema aquecido deve ser concebido de modo a cumprir os requisitos de desempenho estabelecidos no presente ponto 2 quando ensaiado de acordo com o procedimento definido.

2.3.2.2.1. O reservatório de reagente e o sistema de dosagem devem ser impregnados a 255 K (– 18 °C) durante 72 horas ou até o reagente passar ao estado sólido, consoante o que ocorra primeiro.

2.3.2.2.2. Após o período de impregnação previsto no ponto 2.3.2.2.1, a máquina móvel não rodoviária/o motor é posta/o a funcionar a uma temperatura ambiente igual ou inferior a 266 K (– 7 °C) de acordo com o seguinte ciclo:

a) 10 a 20 minutos em marcha lenta sem carga, seguidos de

b) Um período máximo de 50 minutos com uma carga não superior a 40 % da carga nominal.

2.3.2.2.3. Após a conclusão do procedimento de ensaio previsto no ponto 2.3.2.2.2, o sistema de dosagem do reagente deve estar plenamente funcional.

2.3.2.3. A avaliação dos critérios de conceção pode ser realizada numa célula de ensaio de uma câmara fria utilizando uma máquina móvel não rodoviária completa ou componentes representativos dos que serão instalados numa máquina móvel não rodoviária ou com base em ensaios de campo.

2.3.3. Ativação do sistema de aviso e de persuasão do operador num sistema não aquecido

2.3.3.1. O sistema de aviso do operador descrito no ponto 4 deve ser ativado se não se verificar uma dosagem de reagente a uma temperatura ambiente de ≤ 266 K (– 7 °C).

2.3.3.2. O sistema de persuasão de alta intensidade descrito no ponto 5.4 deve ser ativado se não se verificar uma dosagem de reagente num período máximo de 70 minutos após o arranque do motor a uma temperatura ambiente de ≤ 266 K (– 7 °C).

2.4. Prescrições aplicáveis ao diagnóstico

2.4.1 O sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD) deve poder identificar as anomalias no controlo dos NO_x (NCM) através de códigos de diagnóstico de anomalias (DTC) armazenados na memória do computador e comunicar essa informação ao exterior, mediante pedido.

2.4.2 Prescrições aplicáveis ao registo dos códigos de diagnóstico de anomalias (DTC)

2.4.2.1 O sistema NCD deve registar um DTC por cada anomalia distinta no controlo dos NO_x (NCM).

2.4.2.2 O sistema NCD deve concluir no prazo de 60 minutos de funcionamento do motor se existe alguma anomalia detetável. Nesse momento, deve ser registado um DTC «confirmado e ativo» e o sistema de aviso ativado em conformidade com o ponto 4.

2.4.2.3 Nos casos em que é necessário um tempo de funcionamento superior a 60 minutos para os dispositivos de monitorização detetarem e confirmarem com exatidão uma NCM (por exemplo, dispositivos de monitorização que utilizam modelos estatísticos ou relativos ao consumo de fluido da máquina móvel não rodoviária), a entidade homologadora pode autorizar um período mais longo de monitorização, desde que o fabricante justifique a necessidade desse período mais longo (por exemplo, razões técnicas, resultados experimentais, experiência da empresa, etc.).

2.4.3. Prescrições aplicáveis ao apagamento dos códigos de diagnóstico de anomalias (DTC)

a) Os DTC não devem ser apagados pelo próprio sistema NCD da memória do computador enquanto a anomalia relacionada com esse DTC não tiver sido reparada.

b) O sistema NCD pode apagar todos os DTC mediante pedido de um analisador ou de uma ferramenta de manutenção proprietários facultados pelo fabricante do motor a pedido, ou através de um código de acesso fornecido pelo fabricante do motor.

2.4.4. Um sistema NCD não deve ser programado nem concebido para ser desativado parcial ou totalmente em função da idade da máquina móvel não rodoviária durante o período de vida útil do motor, não devendo o sistema conter qualquer algoritmo ou estratégia concebidos para reduzir a eficácia do sistema NCD ao longo do tempo.

2.4.5. Os eventuais códigos ou parâmetros de funcionamento reprogramáveis do sistema NCD devem ser resistentes a qualquer intervenção abusiva.

2.4.6. Família de motores NCD

Compete ao fabricante determinar a composição de uma família de motores NCD. O agrupamento de motores numa família de motores NCD deve assentar nas boas práticas de engenharia e está sujeito a homologação pela entidade homologadora.

Motores que não pertencem à mesma família de motores podem, todavia, pertencer à mesma família de motores NCD.

2.4.6.1. Parâmetros que definem uma família de motores NCD

Uma família de motores NCD caracteriza-se por parâmetros técnicos de base comuns aos motores pertencentes à família.

Para pertencerem à mesma família de motores NCD, os motores devem ter em comum os parâmetros de base indicados em seguida:

a) Sistemas de controlo das emissões;

b) Métodos de monitorização NCD;

c) Critérios de monitorização NCD;

d) Parâmetros de monitorização (p. ex., frequência).

Estas semelhanças devem ser comprovadas pelo fabricante por meio de dados técnicos pertinentes ou outros procedimentos apropriados, sujeitos a aprovação pela entidade homologadora.

O fabricante pode requerer a autorização da entidade homologadora relativamente a diferenças menores nos métodos de monitorização/diagnóstico do sistema NCD devido à variação da configuração do sistema motor, quando estes métodos forem considerados semelhantes pelo fabricante e apenas divergirem para corresponder a características específicas dos componentes em causa (por exemplo, tamanho, caudal de escape, etc.); ou as semelhanças entre eles assentam nas boas práticas de engenharia.

3. **Prescrições para a manutenção**

3.1. O fabricante deve fornecer ou providenciar para que sejam fornecidas, a todos os utilizadores finais de novos motores ou máquinas, instruções escritas sobre o sistema de controlo das emissões e o seu correto funcionamento em conformidade com o anexo XV.

4. **Sistema de aviso do operador**

4.1. A máquina móvel não rodoviária deve dispor de um sistema de aviso do operador, utilizando indicadores óticos, que informe o operador quando houver deteção de nível de reagente baixo, qualidade de reagente incorreta, interrupção da dosagem ou anomalia especificada no ponto 9 conducente à ativação do sistema de persuasão do operador se o problema não for atempadamente corrigido. O sistema de aviso deve permanecer ativo quando o sistema de persuasão do operador descrito no ponto 5 for ativado.

4.2. O aviso não deve ser o mesmo utilizado para avaria ou outro tipo de manutenção do motor, mas pode utilizar o mesmo sistema de aviso.

4.3. O sistema de aviso do operador pode consistir em uma ou mais luzes ou mostrar mensagens curtas, que podem incluir, por exemplo, mensagens que indiquem claramente:

a) O tempo que resta até à ativação dos sistemas de persuasão de baixa e/ou alta intensidade,

b) A quantificação da persuasão de baixa e/ou alta intensidade, por exemplo, a quantidade de limitação do binário,

c) As condições em que o bloqueio da máquina móvel não rodoviária pode ser anulado.

Caso sejam mostradas mensagens, o sistema utilizado para as mostrar pode ser o mesmo utilizado para outros fins de manutenção.

4.4. Por opção do fabricante, o sistema de aviso pode incluir uma componente sonora para alertar o operador. É permitida a supressão de avisos sonoros pelo operador.

4.5. O sistema de aviso do operador deve ser ativado como especificado nos pontos 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 e 9.3, respetivamente.

4.6. O sistema de aviso do operador deve ser desativado logo que as condições para a sua ativação tenham deixado de existir. O sistema de aviso do operador não deve ser automaticamente desativado sem que a causa da sua ativação tenha sido corrigida.

4.7. O sistema de aviso pode ser temporariamente interrompido por outros sinais de aviso que transmitam mensagens de segurança importantes.

4.8. Os procedimentos de ativação e desativação do sistema de aviso do operador são descritos em pormenor no ponto 11.

4.9. No âmbito do pedido de homologação UE nos termos do presente regulamento, o fabricante deve demonstrar o funcionamento do sistema de aviso do operador, tal como especificado no ponto 10.

5. **Sistema de persuasão do operador**

5.1. O motor deve dispor de um sistema de persuasão do operador baseado num dos seguintes princípios:

5.1.1. Um sistema de persuasão de duas fases, começando com uma persuasão de baixa intensidade (restrição do desempenho) seguida de uma persuasão de alta intensidade (bloqueio efetivo do funcionamento da máquina móvel não rodoviária);

5.1.2. Um sistema de persuasão de alta intensidade de uma só fase (bloqueio efetivo do funcionamento da máquina móvel não rodoviária) ativado nas condições previstas para um sistema de persuasão de baixa intensidade, tal como especificado nos pontos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 e 9.4.1.

Se o fabricante optar por desligar o motor para cumprir o requisito para um sistema de persuasão de alta intensidade de uma só fase, a persuasão para o nível de reagente pode, à escolha do fabricante, ser ativada nas condições do ponto 6.3.2 em vez das condições do ponto 6.3.1.

5.2. O motor pode ser equipado com um meio para desligar o sistema de persuasão do operador na condição de cumprir os requisitos do ponto 5.2.1.

5.2.1 O motor pode ser equipado com um meio para desligar temporariamente o sistema de persuasão do operador durante uma emergência declarada por um governo nacional ou regional, os seus serviços de emergência ou as suas forças armadas.

5.2.1.1 Todas as seguintes condições são aplicáveis quando um motor for equipado com um meio para desligar temporariamente o sistema de persuasão do operador numa situação de emergência:

a) O período de funcionamento máximo durante o qual a persuasão pode ser desligada pelo operador é 120 horas;

b) O método de ativação é concebido para impedir o funcionamento acidental, exigindo uma ação voluntária dupla e é claramente identificado, no mínimo, com o aviso «UTILIZAÇÃO APENAS EM CASO DE EMERGÊNCIA»;

c) O bloqueio deve ser automaticamente desativado após o termo das 120 horas e o operador deve dispor de um meio para desativar manualmente o bloqueio se a emergência tiver terminado;

d) Após o termo das 120 horas de funcionamento, deixará de ser possível desativar o sistema de persuasão, a menos que o meio de bloqueio tenha sido reativado através da introdução do código de segurança temporário do fabricante, ou um técnico qualificado tenha reconfigurado a UCE do motor ou um elemento de segurança equivalente próprio de cada motor;

e) O número total e a duração das ativações do bloqueio devem ser armazenados em memória eletrónica não volátil ou contadores a fim de assegurar que as informações não podem ser intencionalmente apagadas. As autoridades nacionais de controlo devem poder consultar estes registos com um analisador;

f) O fabricante deve manter um registo de cada pedido de reativação do meio para desligar temporariamente o sistema de persuasão do operador e deve disponibilizar esses registos à Comissão ou às autoridades nacionais mediante pedido.

5.3. Sistema de persuasão de baixa intensidade

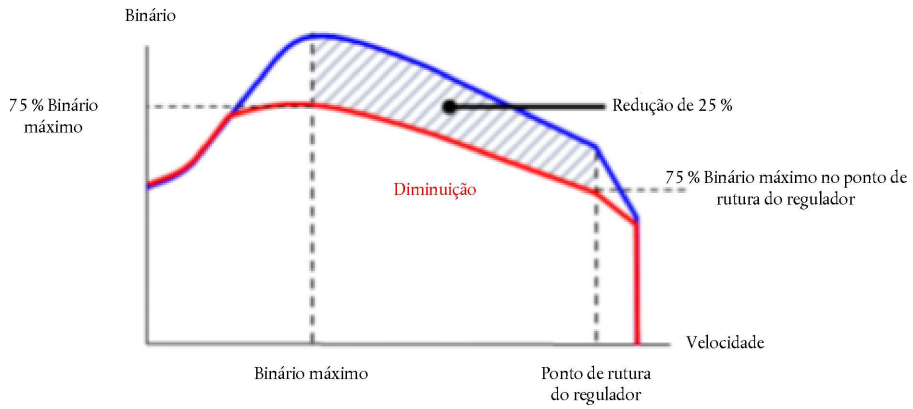
5.3.1. O sistema de persuasão de baixa intensidade deve ser ativado após a ocorrência de qualquer uma das condições especificadas nos pontos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 e 9.4.1.

5.3.2. O sistema de persuasão de baixa intensidade deve reduzir gradualmente o binário máximo disponível do motor em, pelo menos, 25 % em toda a gama de velocidades do motor entre a velocidade a que se obtém o binário máximo e o ponto de rutura do regulador, tal como ilustrado na figura 4.1. A taxa de limitação do binário deve ser, no mínimo, de 1 % por minuto.

5.3.3. Podem ser utilizadas outras medidas de persuasão se se demonstrar à entidade homologadora que têm um nível de intensidade igual ou superior.

Figura 4.1

Esquema de limitação do binário na persuasão de baixa intensidade



5.4. Sistema de persuasão de alta intensidade

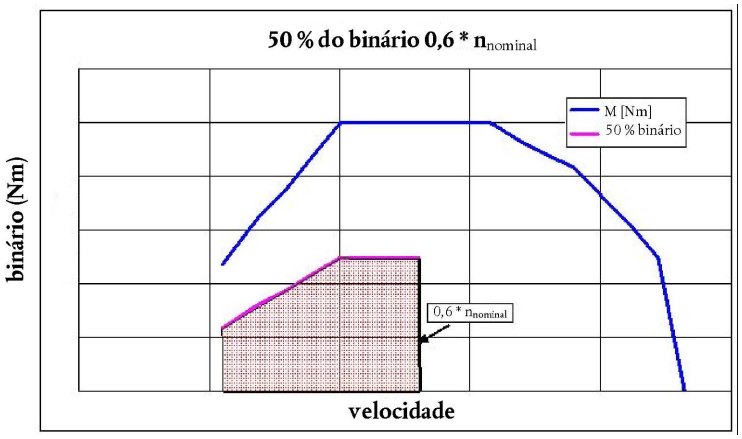
5.4.1. O sistema de persuasão de alta intensidade deve ser ativado após a ocorrência de qualquer uma das condições especificadas nos pontos 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 e 9.4.2.

5.4.2. O sistema de persuasão de alta intensidade deve reduzir a utilidade da máquina móvel não rodoviária a um nível que seja suficientemente dispendioso para obrigar o operador a resolver quaisquer problemas relacionados com os pontos 6 a 9. São aceitáveis as seguintes estratégias:

5.4.2.1. O binário do motor entre o binário máximo e o ponto de rutura do regulador deve ser gradualmente reduzido a partir do binário de persuasão de baixa intensidade indicado na figura 4.1, à razão mínima de 1 % por minuto, para 50 % do binário máximo ou menos e para motores de velocidade variável a velocidade do motor deve ser gradualmente reduzida para 60 % da velocidade nominal ou menos durante o mesmo intervalo de tempo em que é aplicada a limitação do binário, como ilustrado na figura 4.2.

Figura 4.2

Esquema de limitação do binário na persuasão de alta intensidade



5.4.2.2. Podem ser utilizadas outras medidas de persuasão se se demonstrar à entidade homologadora que têm um nível de intensidade igual ou superior.

5.5. A fim de ter em conta aspetos de segurança e permitir diagnósticos de autorreparação, é permitida a utilização de uma função de neutralização das medidas de persuasão para libertar a plena potência do motor, desde que:

a) Esteja ativa por um período não superior a 30 minutos, e

b) Seja limitada a três ativações durante cada período em que o sistema de persuasão do operador estiver ativo.

5.6. O sistema de persuasão do operador deve ser desativado logo que as condições para a sua ativação tenham deixado de existir. O sistema de persuasão do operador não deve ser automaticamente desativado sem que a causa da sua ativação tenha sido corrigida.

5.7. Os procedimentos de ativação e desativação do sistema de persuasão do operador são descritos em pormenor no ponto 11.

5.8. No âmbito do pedido de homologação UE nos termos do presente regulamento, o fabricante deve demonstrar o funcionamento do sistema de persuasão do operador, tal como especificado no ponto 11.

6. **Disponibilidade do reagente**

6.1. Indicador do nível de reagente

A máquina móvel não rodoviária deve possuir um indicador que informe claramente o operador do nível de reagente no reservatório de reagente. O nível mínimo de desempenho aceitável para o indicador do reagente é que deve indicar em contínuo o nível de reagente enquanto o sistema de aviso do operador referido no ponto 4 estiver ativado. O indicador do reagente pode assumir a forma de um mostrador analógico ou digital e pode indicar o nível em proporção da capacidade total do reservatório, a quantidade de reagente restante ou a estimativa das horas de funcionamento restantes.

6.2. Ativação do sistema de aviso do operador

6.2.1. O sistema de aviso do operador especificado no ponto 4 deve ser ativado se o nível de reagente descer abaixo de 10 % da capacidade do respetivo reservatório ou atingir uma percentagem mais elevada ao critério do fabricante.

6.2.2. O aviso emitido deve ser suficientemente claro, em conjugação com o indicador do nível de reagente, para que o operador compreenda que o nível de reagente está baixo. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, o indicador ótico deve mostrar uma mensagem que indique um baixo nível do reagente. (por exemplo, «nível de ureia baixo», «nível de AdBlue baixo», ou «reagente baixo»).

6.2.3. Inicialmente, o sistema de aviso do operador não necessita de estar constantemente ativado (por exemplo, não é necessário mostrar a mensagem ininterruptamente), mas a sua intensidade deve aumentar de modo a que se torne contínuo à medida que o nível do reagente fique vazio e se aproxime do ponto em que o sistema de persuasão do operador é ativado (por exemplo, a frequência a que uma lâmpada se acende e apaga). Deve culminar numa advertência ao operador de um nível de intensidade ao critério do fabricante, mas que deve ser suficientemente mais percetível no ponto em que o sistema de persuasão do operador descrito no ponto 6.3 é ativado do que aquando da ativação inicial.

6.2.4. O aviso contínuo não deve poder ser facilmente desativado nem ignorado. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, deverá ser mostrada uma mensagem explícita (por exemplo, «abastecer de ureia», «abastecer de AdBlue» ou «abastecer de reagente»). O aviso contínuo pode ser temporariamente interrompido por outros sinais de aviso que transmitam mensagens de segurança importantes.

6.2.5. Não deve ser possível desligar o sistema de aviso do operador enquanto o reagente não for reabastecido até um nível que não requeira a sua ativação.

6.3 Ativação do sistema de persuasão do operador

6.3.1 O sistema de persuasão de baixa intensidade descrito no ponto 5.3 deve ser ativado se o nível do reservatório de reagente descer abaixo dos 2,5 % da sua capacidade total nominal, ou de uma percentagem mais elevada, ao critério do fabricante.

6.3.2. O sistema de persuasão de alta intensidade descrito no ponto 5.4 deve ser ativado se o reservatório de reagente ficar vazio, isto é, quando o sistema de dosagem não consegue aspirar mais reagente do reservatório, ou a um nível inferior a 2,5 % da sua capacidade total nominal ao critério do fabricante.

6.3.3. Exceto na medida em que o ponto 5.5 o permita, não deve ser possível desligar o sistema de persuasão de baixa ou alta intensidade enquanto o reagente não for reabastecido até um nível que não requeira a sua ativação.

7. **Monitorização da qualidade do reagente**

7.1. O motor ou a máquina móvel não rodoviária deve dispor de um meio de determinar a presença de um reagente incorreto a bordo da máquina móvel não rodoviária.

7.1.1. O fabricante deve especificar uma concentração mínima aceitável do reagente, CD_{min}, da qual resultem emissões de NO_x de escape não superiores ao limite de NO_x aplicável multiplicado por 2,25 ou o limite de NO_x aplicável acrescido de 1,5 g/kWh, consoante o que for menor. No que se refere às subcategorias de motores com um limite de HC e NO_x combinado, o valor-limite aplicável de NO_x para efeitos do presente ponto é o valor-limite combinado para HC e NO_x reduzido em 0,19 g/kWh.

7.1.1.1. O valor correto de CD_{min} deve ser demonstrado durante a homologação UE pelo processo definido no ponto 13 e registado no dossiê alargado, tal como previsto no ponto 8 do anexo I.

7.1.2. Toda e qualquer concentração de reagente inferior a CD_{min} deve ser detetada e considerada, para efeitos do ponto 7.1, como um reagente incorreto.

7.1.3. Deve ser atribuído à qualidade do reagente um contador específico («contador da qualidade do reagente»). O contador da qualidade do reagente conta o número de horas de funcionamento do motor com um reagente incorreto.

7.1.3.1. O fabricante pode optar por agrupar a anomalia da qualidade do reagente com uma ou mais das anomalias enumeradas nos pontos 8 e 9 num único contador.

7.1.4. Os critérios e mecanismos de ativação e de desativação do contador da qualidade do reagente são descritos em pormenor no ponto 11.

7.2. Ativação do sistema de aviso do operador

Quando o sistema de monitorização confirmar que a qualidade do reagente é incorreta, o sistema de aviso do operador descrito no ponto 4 deve ser ativado. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, deve mostrar uma mensagem que indique o motivo para o aviso (por exemplo, «detetada ureia incorreta», «detetado AdBlue incorreto» ou «detetado reagente incorreto»).

7.3 Ativação do sistema de persuasão do operador

7.3.1. O sistema de persuasão de baixa intensidade descrito no ponto 5.3 deve ser ativado se a qualidade do reagente não for corrigida no prazo máximo de 10 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador descrita no ponto 7.2.

7.3.2. O sistema de persuasão de alta intensidade descrito no ponto 5.4 deve ser ativado se a qualidade do reagente não for corrigida no prazo máximo de 20 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador descrita no ponto 7.2.

7.3.3. O número de horas que antecede a ativação dos sistemas de persuasão deve ser reduzido em caso de ocorrência repetitiva da anomalia, segundo o mecanismo descrito no ponto 11.

8. **Atividade de dosagem do reagente**

8.1 O motor deve incluir um meio de determinação da interrupção da dosagem.

8.2. Contador da atividade de dosagem do reagente

8.2.1. Deve ser atribuído um contador específico à atividade de dosagem (o «contador da atividade de dosagem»). O contador deve contar o número de horas de funcionamento do motor que ocorrem com uma interrupção da atividade de dosagem de reagente. Esta ação não é necessária se essa interrupção for exigida pela UCE do motor por as condições de funcionamento da máquina móvel não rodoviária serem tais que o seu desempenho em matéria de emissões não requer dosagem de reagente.

8.2.1.1. O fabricante pode optar por agrupar a anomalia da dosagem do reagente com uma ou mais das anomalias enumeradas nos pontos 7 e 9 num único contador.

8.2.2. Os critérios e mecanismos de ativação e de desativação do contador da atividade de dosagem do reagente são descritos em pormenor no ponto 11.

8.3. Ativação do sistema de aviso do operador

O sistema de aviso do operador descrito no ponto 4 deve ser ativado no caso de interrupção da dosagem que acione o contador da atividade de dosagem em conformidade com o ponto 8.2.1. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, deve mostrar uma mensagem que indique o motivo para o aviso (por exemplo, «anomalia de dosagem da ureia», «anomalia de dosagem de AdBlue» ou «anomalia de dosagem do reagente»).

8.4. Ativação do sistema de persuasão do operador

8.4.1. O sistema de persuasão de baixa intensidade descrito no ponto 5.3 deve ser ativado se uma interrupção da dosagem do reagente não for corrigida no prazo máximo de 10 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador em conformidade com o ponto 8.3.

8.4.2. O sistema de persuasão de alta intensidade descrito no ponto 5.4 deve ser ativado se uma interrupção da dosagem do reagente não for corrigida no prazo máximo de 20 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador em conformidade com o ponto 8.3.

8.4.3. O número de horas que antecede a ativação dos sistemas de persuasão deve ser reduzido em caso de ocorrência repetitiva da anomalia, segundo o mecanismo descrito no ponto 11.

9. **Monitorização de anomalias eventualmente imputáveis a intervenção abusiva**

9.1. Para além do nível de reagente no respetivo reservatório, da qualidade do reagente e da interrupção da dosagem, devem ser monitorizadas as seguintes anomalias, pois podem ser atribuídas a intervenção abusiva:

a) válvula de recirculação dos gases de escape (EGR) bloqueada;

b) Anomalias do sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD), como descrito no ponto 9.2.1.

9.2. Requisitos de monitorização

9.2.1. O sistema de diagnóstico do controlo dos NO_x (NCD) deve ser monitorizado para detetar anomalias elétricas e para remoção ou desativação de qualquer sensor que impeça o diagnóstico de quaisquer outras anomalias estabelecidas nos pontos 6 a 8 (monitorização de componentes).

Numa relação não exaustiva dos sensores que afetam a capacidade de diagnóstico, contam-se os que medem diretamente a concentração dos NO_x, a qualidade da ureia, os sensores das condições ambientes e os utilizados para monitorizar a atividade de dosagem do reagente, o nível de reagente e o consumo do reagente.

9.2.2. Contador da válvula EGR

9.2.2.1. Deve ser atribuído um contador específico a uma válvula EGR bloqueada. O contador da válvula EGR conta o número de horas de funcionamento do motor durante as quais se confirma que está ativo o DTC associado a uma válvula EGR bloqueada.

9.2.2.1.1. O fabricante pode optar por agrupar a anomalia do bloqueio da válvula EGR com uma ou mais das anomalias enumeradas nos pontos 7, 8 e 9.2.3 num único contador.

9.2.2.2. Os critérios e mecanismos de ativação e de desativação do contador da válvula EGR são descritos em pormenor no ponto 11.

9.2.3. Contador(es) do sistema NCD

9.2.3.1. Deve ser atribuído um contador específico a cada uma das anomalias de monitorização consideradas no ponto 9.1, alínea b). Os contadores do sistema NCD contam o número de horas de funcionamento do motor durante as quais se confirma que está ativo o DTC associado a uma anomalia do sistema NCD. É permitido o agrupamento de várias anomalias num único contador.

9.2.3.1.1. O fabricante pode optar por agrupar a anomalia do sistema NCD com uma ou mais das anomalias enumeradas nos pontos 7, 8 e 9.2.2 num único contador.

9.2.3.2. Os critérios e mecanismos de ativação e de desativação do(s) contador(es) do sistema NCD são descritos em pormenor no ponto 11.

9.3. Ativação do sistema de aviso do operador

O sistema de aviso do operador estabelecido no ponto 4 é ativado em caso de ocorrência de alguma das anomalias especificadas no ponto 9.1 e deve indicar que é necessária uma reparação urgente. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, deve mostrar uma mensagem a indicar o motivo para o aviso (por exemplo, «válvula de dosagem do reagente desligada», ou «anomalia grave nas emissões»).

9.4. Ativação do sistema de persuasão do operador

9.4.1. O sistema de persuasão de baixa intensidade descrito no ponto 5.3 é ativado se uma anomalia das especificadas no ponto 9.1 não for corrigida no prazo máximo de 36 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador descrita no ponto 9.3.

9.4.2. O sistema de persuasão de alta intensidade descrito no ponto 5.4 é ativado se uma anomalia das especificadas no ponto 9.1 não for corrigida no prazo máximo de 100 horas de funcionamento do motor após a ativação do sistema de aviso do operador descrita no ponto 9.3.

9.4.3. O número de horas que antecede a ativação dos sistemas de persuasão deve ser reduzido em caso de ocorrência repetitiva da anomalia, segundo o mecanismo descrito no ponto 11.

9.5. Em alternativa aos requisitos estabelecidos no ponto 9.2, o fabricante pode utilizar um sensor de NO_x localizado no sistema de escape. Neste caso,

a) O valor de NO_x não deve exceder o limite de NO_x aplicável multiplicado por 2,25 ou o limite de NO_x aplicável acrescido de 1,5 g/kWh, consoante o que for menor. No que se refere às subcategorias de motores com um limite de HC e NO_x combinado, o valor-limite aplicável de NO_x para efeitos do presente ponto é o valor-limite combinado para HC e NO_x reduzido em 0,19 g/kWh.

b) Pode ser utilizada uma única anomalia «NO_x elevados — causa desconhecida»,

c) O ponto 9.4.1 é alterado para «no prazo de 10 horas de funcionamento do motor»,

d) O ponto 9.4.2 é alterado para «no prazo de 20 horas de funcionamento do motor».

10. **Requisitos de demonstração**

10.1. Considerações gerais

A conformidade com os requisitos do presente apêndice deve ser demonstrada durante a homologação UE através da execução, tal como ilustrado no quadro 4.1 e especificado no presente ponto 10, de:

a) Uma demonstração da ativação do sistema de aviso

b) Uma demonstração da ativação do sistema de persuasão de baixa intensidade, se aplicável

c) Uma demonstração da ativação do sistema de persuasão de alta intensidade

10.2. Famílias de motores e famílias de motores NCD

A conformidade de uma família de motores ou de uma família de motores NCD com os requisitos do presente ponto 10 pode ser demonstrada submetendo a ensaio um dos elementos da família em questão, desde que o fabricante demonstre à entidade homologadora que os sistemas de monitorização necessários para o cumprimento dos requisitos do presente apêndice são semelhantes no seio dessa família.

10.2.1. A demonstração de que os sistemas de monitorização de outros membros da família NCD são semelhantes pode consistir na apresentação às entidades homologadoras de elementos como algoritmos, análises funcionais, etc.

10.2.2. O motor a ensaiar é selecionado pelo fabricante com o acordo da entidade homologadora. Pode tratar-se ou não do motor precursor da família em questão.

10.2.3. No caso de motores de uma família de motores que pertençam a uma família de motores NCD que já tenha obtido a homologação UE em conformidade com o ponto 10.2.1 (figura 4.3), a conformidade dessa família de motores é considerada demonstrada, sem necessidade de mais ensaios, se o fabricante demonstrar à entidade homologadora que os sistemas de monitorização necessários para o cumprimento dos requisitos do presente apêndice são semelhantes no seio das famílias de motores e de motores NCD em causa.

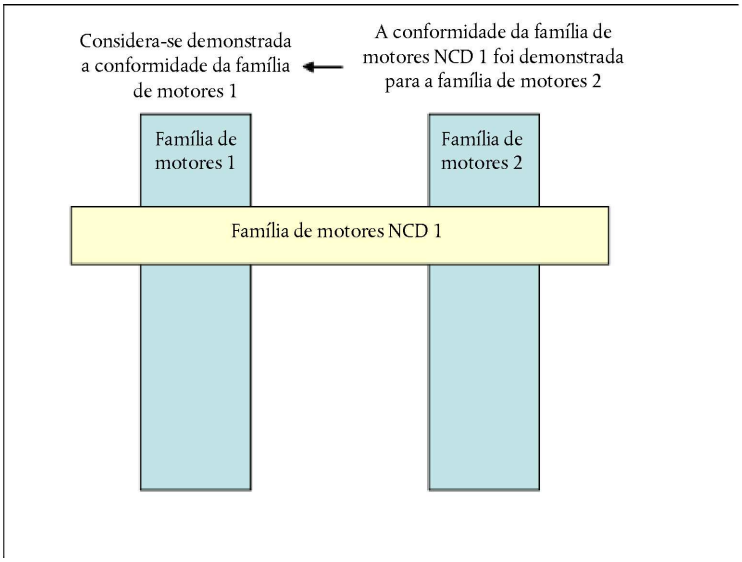
Quadro 4.1

Ilustração do teor do processo de demonstração em conformidade com as disposições dos pontos 10.3 e 10.4.

Mecanismo	Elementos de demonstração
Ativação do sistema de aviso especificada no ponto 10.3.	— dois ensaios de ativação (incl. com falta de reagente) — Elementos de demonstração suplementares, se aplicável
Ativação da persuasão de baixa intensidade especificada no ponto 10.4.	— dois ensaios de ativação (incl. com falta de reagente) — Elementos de demonstração suplementares, se aplicável — um ensaio de limitação do binário
Ativação da persuasão de alta intensidade especificada no ponto 10.4.6.	— dois ensaios de ativação (incl. com falta de reagente) — Elementos de demonstração suplementares, se aplicável

Figura 4.3

Conformidade previamente demonstrada de uma família de motores NCD



10.3. Demonstração da ativação do sistema de aviso

10.3.1. A conformidade da ativação do sistema de aviso deve ser demonstrada através da realização de dois ensaios: falta de reagente e uma categoria de anomalias considerada nos pontos 7 a 9.

10.3.2. Seleção das anomalias a ensaiar

10.3.2.1. Para demonstrar a ativação do sistema de aviso no caso de qualidade do reagente incorreta, deve ser selecionado um reagente com uma diluição do ingrediente ativo pelo menos tão elevada como a comunicada pelo fabricante em conformidade com os requisitos do ponto 7.

10.3.2.2. Para demonstrar a ativação do sistema de aviso em caso de anomalias que podem ser imputáveis a intervenção abusiva, tal como definido no ponto 9, a seleção deve ser feita em conformidade com os seguintes requisitos:

10.3.2.2.1. O fabricante deve fornecer à entidade homologadora uma lista dessas anomalias potenciais.

10.3.2.2.2. A anomalia a examinar no ensaio é escolhida pela entidade homologadora a partir da lista referida no ponto 10.3.2.2.1.

10.3.3. Demonstração

10.3.3.1. Para esta demonstração, deve ser efetuado um ensaio separado para cada uma das anomalias consideradas no ponto 10.3.1.

10.3.3.2. Durante o ensaio, nenhuma outra anomalia deve estar presente para além da que é objeto de ensaio.

10.3.3.3. Antes de dar início ao ensaio, todos os DTC devem ter sido apagados.

10.3.3.4. A pedido do fabricante, e com o acordo prévio da entidade homologadora, as anomalias objeto de ensaio podem ser simuladas.

10.3.3.5. Deteção de outras anomalias além da falta de reagente.

Para as outras anomalias que não a falta de reagente, uma vez a anomalia induzida ou simulada, a deteção dessa anomalia deve ser efetuada do seguinte modo:

10.3.3.5.1. O sistema NCD deve reagir à introdução de uma anomalia adequadamente selecionada pela entidade homologadora em conformidade com as disposições do presente apêndice. A demonstração é considerada satisfatória se a ativação ocorrer em dois ciclos de ensaio NCD consecutivos em conformidade com o ponto 10.3.3.7.

Se, com o acordo da entidade homologadora, tiver sido especificado na descrição da monitorização que um dado dispositivo de monitorização precisa de mais de dois ciclos de ensaio NCD para concluir a sua monitorização, o número de ciclos de ensaio NCD pode ser aumentado para 3 ciclos de ensaio NCD.

Pode desligar-se o motor entre cada ciclo de ensaio NCD individual no âmbito do ensaio de demonstração. O tempo que medeia até ao arranque seguinte deve ter em consideração qualquer monitorização que possa ocorrer após a paragem do motor e quaisquer condições necessárias para efetuar a monitorização a partir do arranque seguinte.

10.3.3.5.2. Considera-se cumprida a demonstração da ativação do sistema de aviso se, no termo de cada ensaio de demonstração realizado em conformidade com o ponto 10.3.2.1, o sistema de aviso for ativado corretamente e o DTC para a anomalia selecionada passar ao estado de «confirmado e ativo».

10.3.3.6. Deteção em caso de falta de reagente

Para demonstrar a ativação do sistema de aviso em caso de falta de reagente, o motor deve ser posto a funcionar durante um ou mais ciclos de ensaio NCD ao critério do fabricante.

10.3.3.6.1. A demonstração deve iniciar-se com um nível de reagente no reservatório a decidir entre o fabricante e a entidade homologadora, mas que represente não menos de 10 % da capacidade nominal do reservatório.

10.3.3.6.2. Considera-se que o sistema de aviso funcionou de maneira correta se estiverem reunidas, em simultâneo, as seguintes condições:

a) O sistema de aviso foi ativado com uma disponibilidade de reagente superior ou igual a 10 % da capacidade do reservatório de reagente, e

b) O sistema de aviso «contínuo» foi ativado com uma disponibilidade de reagente superior ou igual ao valor declarado pelo fabricante, em conformidade com o disposto no ponto 6.

10.3.3.7. Ciclo de ensaio NCD

10.3.3.7.1. O ciclo de ensaio NCD considerado no presente ponto 10 para demonstrar o correto desempenho do sistema NCD é o NRTC com arranque a quente para os motores da subcategoria NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v--5, NRE-v-6 e o NRSC aplicável para todas as outras categorias.

10.3.3.7.2. A pedido do fabricante e após o acordo da entidade homologadora, pode ser utilizado um ciclo de ensaio NCD alternativo (por exemplo, que não o NTRC ou o NRSC) para um determinado dispositivo de monitorização. O pedido deve ser acompanhado de elementos (dados técnicos, simulações, resultados de ensaios, etc.) que demonstrem o seguinte:

a) O ciclo de ensaio requerido resulta num dispositivo de monitorização a utilizar em condições reais de funcionamento; e

b) O ciclo de ensaio NCD aplicável especificado no ponto 10.3.3.7.1 revelou ser menos adequado para a monitorização em causa.

10.3.4. Considera-se cumprida a demonstração da ativação do sistema de aviso se, no termo de cada ensaio de demonstração realizado em conformidade com o ponto 10.3.3, o sistema de aviso for ativado corretamente.

10.4. Demonstração do sistema de persuasão

10.4.1. A demonstração do sistema de persuasão é feita por meio de ensaios realizados num banco de ensaio de motores.

10.4.1.1. Eventuais componentes ou subsistemas não fisicamente montados no motor, tais como, mas não exclusivamente, sensores da temperatura ambiente, sensores de nível e sistemas de aviso e informação do operador, que são necessários para efetuar as demonstrações, devem ser ligados ao motor para esse fim ou devem ser simulados a contento da entidade homologadora.

10.4.1.2. Se o fabricante assim o entender, e com o acordo da entidade homologadora, os ensaios de demonstração podem ser realizados numa máquina ou conjunto de máquinas móveis não rodoviárias completos, quer montando a máquina móvel não rodoviária num banco de ensaio adequado, quer, não obstante o ponto 10.4.1, fazendo-a circular numa pista de ensaio em condições controladas.

10.4.2. A sequência do ensaio deve demonstrar a ativação do sistema de persuasão em caso de falta de reagente e em caso de uma das anomalias definidas nos pontos 7, 8 ou 9.

10.4.3. Para efeitos dessa demonstração:

a) A entidade homologadora escolhe, para além da falta de reagente, uma das anomalias definidas nos pontos 7, 8 ou 9 que já tenha sido previamente utilizada na demonstração do sistema de aviso,

b) O fabricante pode, com o acordo da entidade homologadora, ser autorizado a acelerar o ensaio mediante simulação de um certo número de horas de funcionamento,

c) A consecução da limitação do binário requerida para a persuasão de baixa intensidade pode ser demonstrada ao mesmo tempo que o processo geral de homologação do desempenho geral do motor realizado nos termos do presente regulamento. Neste caso, não é exigida uma medição separada do binário durante a demonstração do sistema de persuasão,

d) A persuasão de alta intensidade deve ser demonstrada em conformidade com os requisitos do ponto 10.4.6.

10.4.4. O fabricante deve, além disso, demonstrar o funcionamento do sistema de persuasão nas condições de anomalia definidas nos pontos 7, 8 ou 9 que não tenham sido escolhidas para ser usadas nos ensaios de demonstração descritos nos pontos 10.4.1 a 10.4.3.

Essas demonstrações adicionais podem ser feitas apresentando à entidade homologadora um relatório técnico de que constem elementos como algoritmos, análises funcionais e resultados de ensaios anteriores.

10.4.4.1. Essas demonstrações adicionais devem, em particular, demonstrar, a contento da entidade homologadora, a integração do mecanismo correto de limitação do binário na UCE do motor.

10.4.5. Ensaio de demonstração do sistema de persuasão de baixa intensidade

10.4.5.1. Esta demonstração começa assim que o sistema de aviso ou, se aplicável, o sistema de aviso «contínuo» adequado é ativado em consequência da deteção de uma anomalia selecionada pela entidade homologadora.

10.4.5.2. Quando o sistema está a ser verificado em relação à sua reação em caso de falta de reagente no reservatório, o motor deve funcionar até a disponibilidade de reagente atingir o valor de 2,5 % da capacidade nominal máxima do reservatório ou o valor declarado pelo fabricante, em conformidade com o ponto 6.3.1, a que o sistema de persuasão de baixa intensidade deve atuar.

10.4.5.2.1. Com o acordo da entidade homologadora, o fabricante pode simular os resultados do funcionamento contínuo extraindo o reagente do reservatório, quer com o motor em funcionamento, quer com o motor parado.

10.4.5.3. Quando o sistema é verificado em relação à sua reação em caso de outra anomalia que não a falta de reagente no reservatório, o motor deve ser posto a funcionar durante o número de horas pertinente indicado no quadro 4.3 ou, ao critério do fabricante, até o contador que lhe corresponde ter atingido o valor a que o sistema de persuasão de baixa intensidade é ativado.

10.4.5.4. Considera-se cumprida a demonstração da ativação do sistema de persuasão de baixa intensidade se, no termo de cada ensaio de demonstração realizado em conformidade com os pontos 10.4.5.2 e 10.4.5.3, o fabricante tiver demonstrado à entidade homologadora que a UCE do motor ativou o mecanismo limitador do binário.

10.4.6. Ensaio de demonstração do sistema de persuasão de alta intensidade

10.4.6.1. Esta demonstração tem como ponto de partida uma situação em que o sistema de persuasão de baixa intensidade foi previamente ativado e pode ser realizada na sequência dos ensaios efetuados para demonstração do sistema de persuasão de baixa intensidade.

10.4.6.2. Quando o sistema é verificado em relação à sua reação em caso de falta de reagente no reservatório, o motor deve ser posto a funcionar até o reservatório ficar vazio ou até ter atingido um nível inferior a 2,5 % da sua capacidade nominal máxima, declarado pelo fabricante como o nível a que o sistema de persuasão de alta intensidade deve ser ativado.

10.4.6.2.1. Com o acordo da entidade homologadora, o fabricante pode simular os resultados do funcionamento contínuo extraindo o reagente do reservatório, quer com o motor em funcionamento, quer com o motor parado.

10.4.6.3. Quando o sistema é verificado em relação à sua reação em caso de outra anomalia que não a falta de reagente no reservatório, o motor deve ser posto a funcionar durante o número de horas pertinente indicado no quadro 4.4 ou, ao critério do fabricante, até o contador que lhe corresponde ter atingido o valor a que o sistema de persuasão de alta intensidade é ativado.

10.4.6.4. Considera-se cumprida a demonstração do sistema de persuasão de alta intensidade se, no termo de cada ensaio de demonstração realizado em conformidade com os pontos 10.4.6.2 e 10.4.6.3, o fabricante tiver demonstrado à entidade homologadora que o mecanismo de persuasão de alta intensidade considerado no presente apêndice foi ativado.

10.4.7. Em alternativa, se o fabricante assim o entender, e com o acordo da entidade homologadora, a demonstração dos mecanismos de persuasão pode ser realizada numa máquina móvel não rodoviária completa em conformidade com os requisitos dos pontos 5.4 e 10.4.1.2, quer montando a máquina móvel não rodoviária num banco de ensaio adequado, quer fazendo-a circular numa pista de ensaio em condições controladas.

10.4.7.1. A máquina móvel não rodoviária é posta a funcionar até o contador correspondente à anomalia selecionada atingir o número pertinente de horas de funcionamento indicado no quadro 4.4 ou, consoante o caso, até o reservatório de reagente ficar vazio ou ter descido para um nível inferior a 2,5 % da sua capacidade nominal máxima, declarado pelo fabricante como o nível a que o sistema de persuasão de alta intensidade deve ser ativado.

11. **Descrição dos mecanismos de ativação e de desativação dos sistemas de aviso e de persuasão do operador**

11.1 A fim de completar os requisitos especificados no presente apêndice relativos aos mecanismos de ativação e de desativação dos sistemas de aviso e de persuasão, o presente ponto 11 especifica os requisitos técnicos para a aplicação desses mecanismos de ativação e de desativação.

11.2. Mecanismos de ativação e de desativação do sistema de aviso

11.2.1. O sistema de aviso do operador é ativado quando o código de diagnóstico de anomalia (DTC) associado a uma NCM que justifique a sua ativação tiver o estatuto definido no quadro 4.2.

Quadro 4.2

Ativação do sistema de aviso do operador

Tipo de anomalia	Estado do DTC para a ativação do sistema de aviso
má qualidade do reagente	confirmado e ativo
interrupção da dosagem	confirmado e ativo

Tipo de anomalia	Estado do DTC para a ativação do sistema de aviso
válvula EGR bloqueada	confirmado e ativo
anomalia do sistema de monitorização	confirmado e ativo
Limiar dos NO_x, se aplicável	confirmado e ativo

11.2.2. O sistema de aviso do operador deve ser desativado quando o sistema de diagnóstico concluir que a anomalia correspondente a esse aviso já não está presente ou quando a informação, incluindo os DTC relativos às anomalias, que justifica a sua ativação tiver sido apagada por meio de um analisador.

11.2.2.1 Requisitos para o apagamento das «informações do controlo dos NO_x»

11.2.2.1.1. Apagamento/reinicialização das «informações do controlo dos NO_x» com um analisador

A pedido do analisador, os dados seguintes podem ser apagados ou reinicializados a partir do valor registado na memória do computador e especificado no presente apêndice (ver quadro 4.3).

Quadro 4.3

Apagamento/reinicialização das «informações do controlo dos NO_x» com um analisador

Informações de controlo dos NO_x	Apagáveis	Reinicializáveis
Todos os DTC	X	
O valor do contador com o número mais elevado de horas de funcionamento do motor		X
O número de horas de funcionamento do motor indicado pelo(s) contador(es) NCD		X

11.2.2.1.2. As informações do controlo dos NO_x não devem poder ser apagadas em razão da desconexão da(s) bateria (s) da máquina móvel não rodoviária.

11.2.2.1.3. O apagamento das «informações do controlo dos NO_x» só deve ser possível com o motor na condição «desligado».

11.2.2.1.4. Quando as «informações de controlo dos NO_x» que incluam DTC são apagadas, nenhum contador associado a estas anomalias e que esteja especificado no presente apêndice pode ser apagado, devendo, antes, ser reinicializado com o valor especificado no ponto pertinente do presente apêndice.

11.3. Mecanismo de ativação e de desativação do sistema de persuasão do operador

11.3.1. O sistema de persuasão do operador é ativado quando o sistema de aviso estiver ativo e o contador correspondente ao tipo de NCM que justifica a sua ativação tiver atingido o valor especificado no quadro 4.4.

11.3.2. O sistema de persuasão do operador deve ser desativado quando o sistema deixar de detetar uma anomalia que justifique a sua ativação, ou se a informação que inclui os DTC relativos às anomalias que justificam a sua ativação tiver sido apagada com um analisador ou uma ferramenta de manutenção.

11.3.3. Os sistemas de aviso e de persuasão do operador devem ser imediatamente ativados ou desativados, conforme o caso, em conformidade com o disposto no ponto 6 após avaliação da quantidade de reagente no respetivo reservatório. Nesse caso, os mecanismos de ativação ou desativação não devem depender do estado de qualquer DTC associado.

11.4. Mecanismo de contagem

11.4.1. Generalidades

11.4.1.1. Para cumprir os requisitos do presente apêndice, o sistema deve incluir, pelo menos, 4 contadores para registar o número de horas durante as quais o motor esteve em funcionamento depois de o sistema ter detetado uma das seguintes anomalias:

a) Uma qualidade de reagente incorreta;

b) Uma interrupção da atividade de dosagem do reagente;

c) Uma válvula EGR bloqueada;

d) Uma anomalia do sistema NCD em conformidade com o ponto 9.1, alínea b).

11.4.1.1.1. Se o fabricante assim o entender, pode utilizar um ou mais contadores para agrupar as anomalias indicadas no ponto 11.4.1.1.

11.4.1.2. Cada contador deve contar até ao valor máximo previsto num contador de 2 *bytes* e resolução de 1 hora e guardar esse valor, a menos que estejam preenchidas as condições necessárias para que o contador seja reposto a zero.

11.4.1.3. Um fabricante pode utilizar um único contador ou múltiplos contadores para o sistema NCD. Um contador único pode acumular o número de horas de duas ou mais anomalias diferentes e pertinentes para esse tipo de contador sem que nenhuma delas tenha atingido o tempo indicado pelo contador único.

11.4.1.3.1. Se o fabricante decidir usar contadores múltiplos para o sistema NCD, o sistema dever ser capaz de atribuir um contador específico do sistema de monitorização a cada anomalia pertinente, em conformidade com o presente apêndice, para esse tipo de contador.

11.4.2. Princípio dos mecanismos de contagem

11.4.2.1. Cada contador deve funcionar de seguinte modo:

11.4.2.1.1. Se começar do zero, o contador deve começar a contar assim que for detetada uma anomalia pertinente para esse contador e o código de diagnóstico de anomalia (DTC) correspondente estiver no estado definido no quadro 4.2.

11.4.2.1.2. Em caso de anomalias repetidas, é aplicável uma das disposições seguintes, ao critério do fabricante.

a) Se ocorrer um único evento de monitorização e a anomalia que originalmente ativou o contador deixar de ser detetada ou se a anomalia tiver sido apagada com um analisador ou uma ferramenta de manutenção, o contador deve parar e guardar o valor atual. Se o contador parar de contar quando o sistema de persuasão de alta intensidade estiver ativo, o contador deve ser mantido fixo no valor definido no quadro 4.4 ou num valor superior ou igual ao valor do contador para a persuasão de alta intensidade menos 30 minutos.

b) O contador deve ser mantido fixo no valor definido no quadro 4.4 ou num valor superior ou igual ao valor do contador para a persuasão de alta intensidade menos 30 minutos.

11.4.2.1.3. No caso de um contador único para o sistema de monitorização, esse contador deve continuar a contar se uma NCM pertinente para esse contador tiver sido detetada e o código de diagnóstico de anomalia (DTC) correspondente estiver no estado «confirmado e ativo». Deve ficar parado e guardar o valor especificado no ponto 11.4.2.1.2 se não for detetada qualquer anomalia que justifique a ativação do contador ou se todas as anomalias pertinentes para esse contador tiverem sido apagadas com um analisador ou uma ferramenta de manutenção.

Quadro 4.4

Contadores e persuasão

	Estado do DTC para a primeira ativação do contador	Valor do contador para persuasão de baixa intensidade	valor do contador para persuasão de alta intensidade	Valor fixo guardado pelo contador
Contador da qualidade do reagente	confirmado e ativo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % do valor do contador para persuasão de alta intensidade

	Estado do DTC para a primeira ativação do contador	Valor do contador para persuasão de baixa intensidade	valor do contador para persuasão de alta intensidade	Valor fixo guardado pelo contador
Contador da dosagem	confirmado e ativo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % do valor do contador para persuasão de alta intensidade
Contador da válvula EGR	confirmado e ativo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % do valor do contador para persuasão de alta intensidade
Contador do sistema de monitorização	confirmado e ativo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % do valor do contador para persuasão de alta intensidade
Limiar dos NO_x, se aplicável	confirmado e ativo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % do valor do contador para persuasão de alta intensidade

11.4.2.1.4. Uma vez fixo, o contador é reposto a zero logo que os monitores pertinentes para esse contador tenham funcionado, pelo menos, uma vez durante o tempo necessário para cumprir o respetivo ciclo de monitorização sem terem detetado qualquer anomalia e sem que qualquer anomalia pertinente para esse contador tenha sido detetada durante 40 horas de funcionamento do motor desde que o contador foi parado pela última vez (ver figura 4.4).

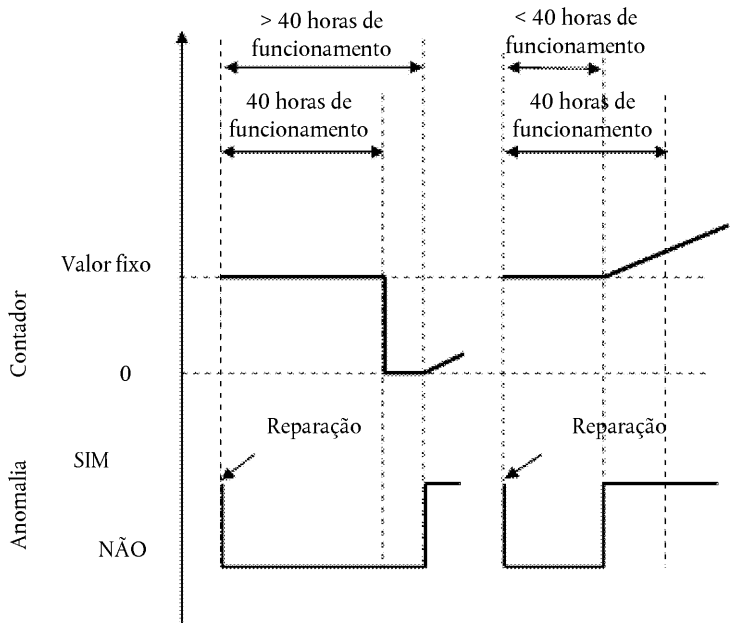
11.4.2.1.5. O contador deve continuar a contagem desde o ponto em que tinha sido parado no caso de ser detetada uma anomalia pertinente para esse contador durante um período em que o contador esteja fixo (ver figura 4.4).

12. **Ilustração dos mecanismos de ativação e desativação e de contagem**

12.1. O presente ponto 12 ilustra os mecanismos de ativação e desativação e de contagem para determinados casos típicos. Os valores e as descrições que constam dos pontos 12.2, 12.3 e 12.4 são dados apenas para fins de ilustração no presente apêndice, pelo que não devem ser considerados como exemplos quer dos requisitos do presente regulamento, quer de afirmações definitivas relativas aos processos envolvidos. A contagem de horas nas figuras 4.6 e 4.7 refere-se aos valores máximos de persuasão de alta intensidade do quadro 4.4. Por uma questão de simplificação, por exemplo, o facto de também o sistema de aviso estar ativo quando o sistema de persuasão está ativo não foi mencionado na ilustração dada.

Figura 4.4

Reativação e reposição a zero de um contador após um período em que o valor por ele indicado foi mantido fixo



12.2. A figura 4.5 ilustra o funcionamento dos mecanismos de ativação e de desativação ao monitorizar a disponibilidade do reagente em quatro casos:

a) Caso de utilização 1: o operador continua a operar a máquina móvel não rodoviária, apesar do aviso, até o funcionamento da máquina móvel não rodoviária ser bloqueado;

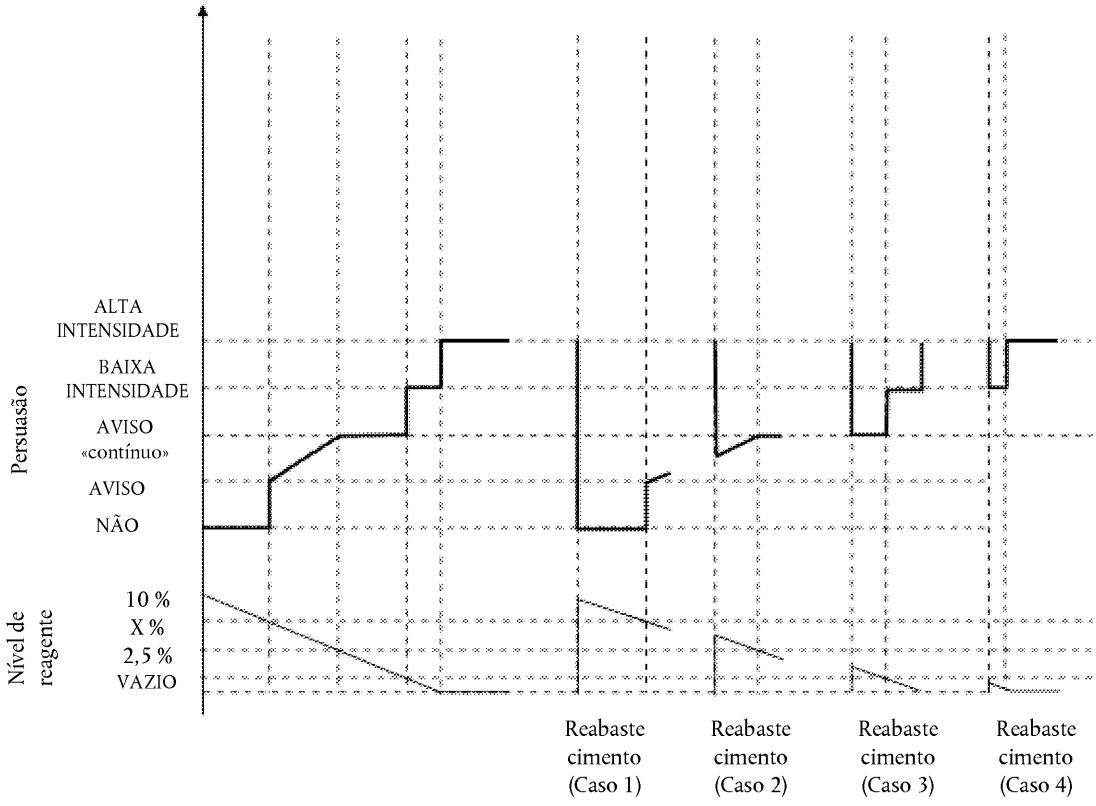
b) Caso de reabastecimento 1 (reabastecimento «adequado»): o operador reabastece o reservatório de reagente por forma a deixá-lo acima do limiar dos 10 %. Os sistemas de aviso e de persuasão são desativados;

c) Casos de reabastecimento 2 e 3 (reabastecimento «inadequado»): o sistema de aviso é ativado. O nível de aviso depende da quantidade de reagente disponível;

d) Caso de reabastecimento 4 (reabastecimento «muito inadequado»): o sistema de persuasão de baixa intensidade é ativado imediatamente.

Figura 4.5

Disponibilidade do reagente



12.3. A figura 4.6 ilustra três casos de qualidade incorreta do reagente:

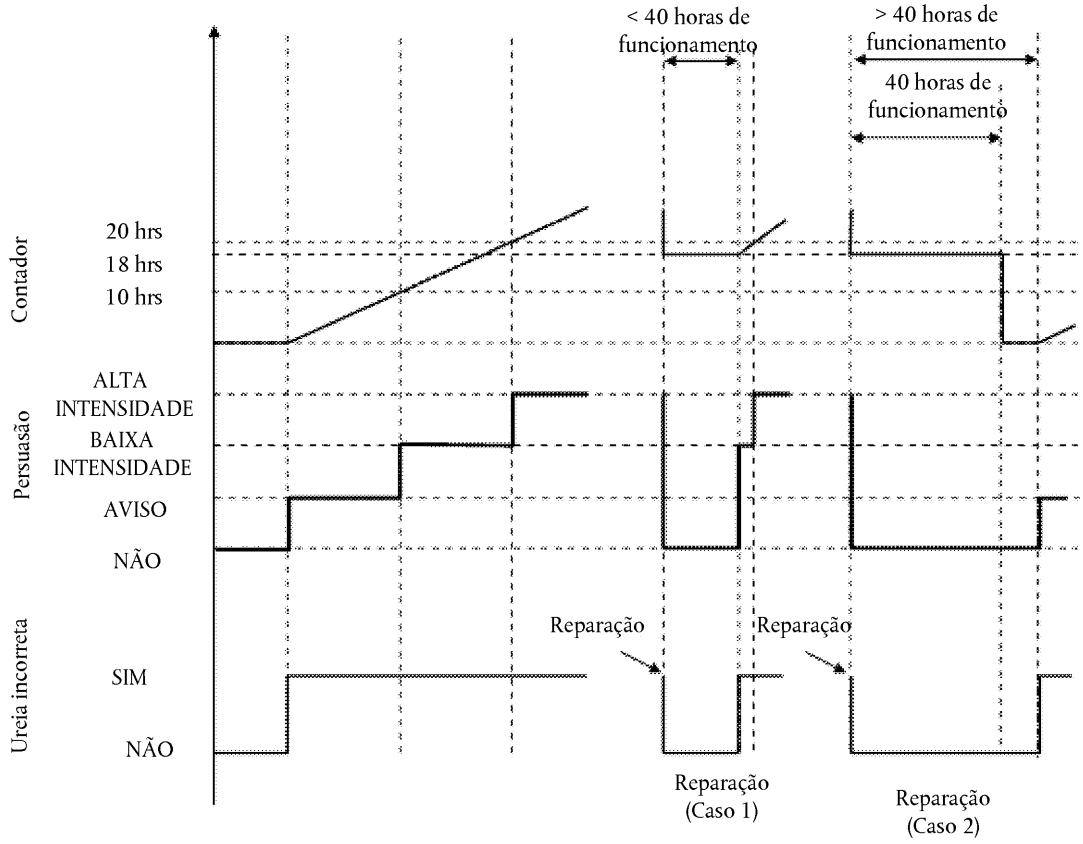
a) Caso de utilização 1: o operador continua a operar a máquina móvel não rodoviária, apesar do aviso, até o funcionamento da máquina móvel não rodoviária ser bloqueado.

b) Caso de reparação 1 (reparação «má» ou «desonesta»): após bloqueio do funcionamento da máquina móvel não rodoviária, o operador muda a qualidade do reagente, mas, pouco depois, muda de novo para um reagente de má qualidade. O sistema de persuasão é imediatamente reativado e o funcionamento da máquina móvel não rodoviária é bloqueado após duas horas de funcionamento do motor.

c) Caso de reparação 2 («boa» reparação): após o bloqueio do funcionamento da máquina móvel não rodoviária, o operador retifica a qualidade do reagente. Porém, algum tempo depois, reabastece de novo com reagente de má qualidade. Os processos de aviso, de persuasão e de contagem recomeçam a partir de zero.

Figura 4.6

Abastecimento com reagente de má qualidade



12.4. A figura 4.7 ilustra três casos de anomalia do sistema de dosagem de ureia. E também ilustra o processo que se aplica no caso das anomalias de monitorização descritas no ponto 9.

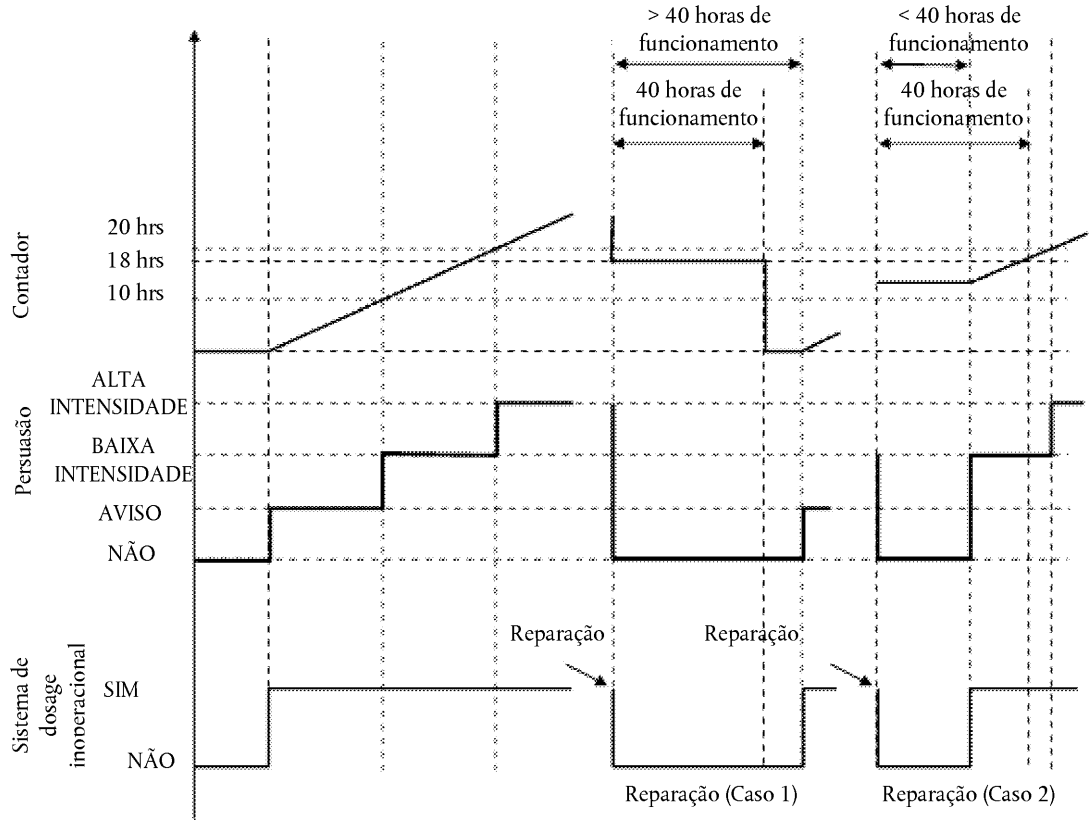
a) Caso de utilização 1: o operador continua a operar a máquina móvel não rodoviária, apesar do aviso, até o funcionamento da máquina móvel não rodoviária ser bloqueado.

b) Caso de reparação 1 («boa» reparação): após o bloqueio do funcionamento da máquina móvel não rodoviária, o operador repara o sistema de dosagem. Porém, algum tempo depois, o sistema de dosagem falha de novo. Os processos de aviso, de persuasão e de contagem recomeçam a partir de zero.

c) Caso de reparação 2 («má» reparação):durante o período de persuasão de baixa intensidade (limitação do binário), o operador repara o sistema de dosagem. Porém, pouco tempo depois, o sistema de dosagem falha de novo. O sistema de persuasão de baixa intensidade é imediatamente reativado e o contador recomeça a partir do valor que tinha no momento da reparação.

Figura 4.7

Anomalia do sistema de dosagem de reagente



13. **Demonstração da concentração mínima aceitável do reagente (CD_{min})**

13.1. O fabricante deve demonstrar o valor correto de CD_{min} durante a homologação UE realizando o ciclo NRTC com arranque a quente para os motores das subcategorias NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e do NRSC aplicável a todas as outras categorias recorrendo a um reagente com a concentração CD_{min}.

13.2. O ensaio deve seguir-se ao(s) ciclo(s) NCD adequado(s) ou ao ciclo de pré-condicionamento definido pelo fabricante, permitindo a um sistema de controlo de emissões dos NO_x em circuito fechado proceder à adaptação à qualidade do reagente com a concentração CD_{min}.

13.3. As emissões de poluentes resultantes deste ensaio devem ser mais baixas do que o limiar para os NO_x especificado no ponto 7.1.1.

Apêndice 2

Requisitos técnicos suplementares aplicáveis às medidas de controlo das emissões de NO_x para motores das categorias IWP, IWA e RLR, incluindo o método de demonstração destas estratégias

1. **Introdução**

O presente apêndice define os requisitos suplementares para garantir o funcionamento correto das medidas de controlo dos NO_x para motores das categorias IWP, IWA e RLR.

2. **Requisitos gerais**

Os requisitos do apêndice 1 aplicam-se também aos motores abrangidos pelo âmbito de aplicação do presente apêndice.

3. **Exceções aos requisitos do apêndice 1**

A fim de ter em conta aspetos de segurança, os sistemas de persuasão exigidos no apêndice 1 não são aplicáveis aos motores abrangidos pelo âmbito de aplicação do presente apêndice. Por conseguinte, não se aplicam os seguintes pontos do apêndice 1: 2.3.3.2, 5, 6.3, 7.3, 8.4, 9.4, 10.4 e 11.3.

4. **Requisito para o registo de incidentes relativos ao funcionamento do motor com injeção de reagente ou qualidade de reagente inadequada.**

4.1. O computador a bordo deve registar, na memória não volátil do computador ou nos contadores, o número total e a duração de todos os incidentes relativos ao funcionamento do motor com injeção de reagente ou qualidade de reagente inadequada a fim de assegurar que as informações não podem ser intencionalmente apagadas.

As autoridades nacionais de controlo devem poder consultar estes registos com um analisador.

4.2. A duração de um incidente registado na memória em conformidade com o ponto 4.1 deve ter início se o reservatório de reagente ficar vazio, isto é, quando o sistema de dosagem não consegue aspirar mais reagente do reservatório, ou a um nível inferior a 2,5 % da sua capacidade total nominal ao critério do fabricante.

4.3. Para incidentes que não os especificados no ponto 4.1.1, a duração de um incidente registado na memória em conformidade com o ponto 4.1 deve ter início quando o respetivo contador atinge o valor para persuasão de alta intensidade constante do quadro 4.4 do apêndice 1.

4.4. A duração de um incidente registado na memória em conformidade com o ponto 4.1 deve terminar quando o incidente tiver sido corrigido.

4.5. Ao efetuar uma demonstração em conformidade com os requisitos do ponto 10 do apêndice 1, a demonstração do sistema de persuasão de alta intensidade estabelecida no ponto 10.1, alínea c), desse apêndice e o correspondente quadro 4.1 devem ser substituídos por uma demonstração do armazenamento de um incidente relativo ao funcionamento do motor com injeção de reagente ou qualidade de reagente inadequada.

Neste caso, aplicam-se os requisitos do ponto 10.4.1 do apêndice 1 e o fabricante pode, com o acordo da entidade homologadora, ser autorizado a acelerar o ensaio mediante simulação de um certo número de horas de funcionamento.

Apêndice 3

Requisitos técnicos suplementares aplicáveis às medidas de controlo dos NO_x para os motores da categoria RLL

1. **Introdução**

O presente apêndice define os requisitos suplementares para garantir o funcionamento correto das medidas de controlo dos NO_x para motores da categoria RLL. Inclui requisitos para os motores que utilizam um reagente para reduzir as emissões. A homologação UE depende da aplicação das disposições pertinentes em matéria de instruções para os operadores, documentação de instalação e sistema de aviso do operador previstas no presente apêndice.

2. **Informações exigidas**

2.1. O fabricante deve facultar informação que descreva integralmente as características de funcionamento das medidas de controlo dos NO_x, em conformidade com o ponto 1.5 da parte A do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

2.2. Se o sistema de controlo das emissões exigir um reagente, as características desse reagente, incluindo o tipo de reagente, informação sobre a concentração quando o reagente está em solução, temperaturas de funcionamento e referência às normas internacionais relativas à composição e à qualidade, devem ser especificadas pelo fabricante na ficha de informações estabelecida no apêndice 3 do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

3. **Disponibilidade do reagente e sistema de aviso do operador**

Quando se utiliza um reagente, a homologação UE está subordinada ao fornecimento de indicadores ou outros meios adequados, de acordo com a configuração das máquinas móveis não rodoviárias, para informar o operador do seguinte:

a) Quantidade de reagente restante no reservatório de armazenamento de reagente e, através de um sinal específico adicional, quando o volume do reagente restante é inferior a 10 % da capacidade total do reservatório;

b) Quando o reservatório de reagente fica vazio, ou quase vazio;

c) Quando o reagente no reservatório não cumpre as características declaradas e registadas na ficha de informações definida no apêndice 3 do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656, em conformidade com os meios de avaliação instalados.

d) Quando a atividade de dosagem do reagente é interrompida, nos casos em que a ação não é executada pela UCE do motor ou pelo dispositivo de regulação da dosagem, em reação às condições de funcionamento do motor em que a dosagem não é exigida, desde que estas condições de funcionamento tenham sido comunicadas à entidade homologadora.

4. **Qualidade do reagente**

À discrição do fabricante, os requisitos em matéria de conformidade do reagente com as características declaradas, e a tolerância às emissões de NO_x que lhe está associada, devem ser satisfeitos por um dos seguintes meios:

a) Meios diretos, como a utilização de um sensor da qualidade do reagente;

b) Meios indiretos, como a utilização de um sensor de NO_x no escape para avaliar a eficácia do reagente;

c) Quaisquer outros meios, desde que a sua eficácia seja pelo menos igual à que resulta da utilização dos meios indicados em a) ou b) e os requisitos principais do presente ponto 4 sejam respeitados.

Apêndice 4

Requisitos técnicos aplicáveis às medidas de controlo das emissões de partículas poluentes, incluindo o método de demonstração destas medidas

1. **Introdução**

O presente apêndice define os requisitos para garantir o funcionamento correto das medidas de controlo das emissões de partículas.

2. **Requisitos gerais**

O motor deve ser equipado com um sistema de diagnóstico do controlo das partículas (PCD) capaz de identificar as anomalias do sistema de pós-tratamento de partículas consideradas no presente anexo. Qualquer motor abrangido pelo âmbito de aplicação do presente ponto 2 deve ser concebido, construído e instalado para poder dar cumprimento a estes requisitos durante a vida útil do motor em condições normais de utilização. Ao procurar atingir este objetivo, é aceitável que motores que foram utilizados para além do período de durabilidade das emissões especificado no anexo V do Regulamento (UE) 2016/1628 apresentem eventualmente alguns sinais de deterioração no comportamento funcional e na sensibilidade do PCD.

2.1. Informações exigidas

2.1.1. Se o sistema de controlo das emissões exigir um reagente, por exemplo, catalisador para combustível, as características desse reagente, incluindo o tipo de reagente, informação sobre a concentração quando o reagente está em solução, temperaturas de funcionamento e referência às normas internacionais relativas à composição e à qualidade, devem ser especificadas pelo fabricante na ficha de informações estabelecida no apêndice 3 do anexo I do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

2.1.2. Informações escritas pormenorizadas que descrevem as características de funcionamento do sistema de aviso do operador no ponto 4 devem ser facultadas à entidade homologadora aquando da homologação UE.

2.1.3. O fabricante deve facultar documentação sobre a instalação que, quando utilizada pelos OEM, assegure que o motor, incluindo o sistema de controlo das emissões que faz parte do tipo de motor ou família de motores homologados, quando instalado na máquina móvel não rodoviária, funcione, em conjugação com as necessárias partes da máquina, por forma a cumprir os requisitos do presente anexo. Esta documentação deve incluir os requisitos técnicos pormenorizados e as disposições do motor (*software*, *hardware* e comunicação), necessários para a correta instalação do motor na máquina móvel não rodoviária.

2.2. Condições de funcionamento

2.2.1. O sistema de diagnóstico do controlo das partículas deve estar operacional nas seguintes condições:

a) A todas as temperaturas ambientes entre 266 K e 308 K (– 7 °C e 35 °C);

b) A qualquer altitude abaixo de 1 600 m;

c) A temperaturas do fluido de arrefecimento do motor superiores a 343 K (70 °C).

2.3. Prescrições aplicáveis ao diagnóstico

2.3.1. O sistema de diagnóstico do controlo das partículas deve poder identificar as anomalias no controlo das partículas (PCM) abrangidas pelo presente anexo através de códigos de diagnóstico de anomalias (DTC) armazenados na memória do computador e comunicar essa informação ao exterior, mediante pedido.

2.3.2. Prescrições aplicáveis ao registo dos códigos de diagnóstico de anomalias (DTC)

2.3.2.1. O sistema de diagnóstico do controlo das partículas deve registar um DTC por cada PCM distinta.

2.3.2.2. O sistema PCD deve concluir nos prazos de funcionamento do motor indicados no quadro 4.5 se existe alguma anomalia detetável. Nesse momento, deve ser registado um DTC «confirmado e ativo» e o sistema de aviso especificado no ponto 4 deve ser ativado.

2.3.2.3. Nos casos em que é necessário um tempo de funcionamento superior ao indicado no quadro 1 para os dispositivos de monitorização detetarem e confirmarem com exatidão uma PCM (por exemplo, dispositivos de monitorização que utilizam modelos estatísticos ou relativos ao consumo de fluido da máquina móvel não rodoviária), a entidade homologadora pode autorizar um período mais longo de monitorização, desde que o fabricante justifique a necessidade desse período mais longo (por exemplo, razões técnicas, resultados experimentais, experiência da empresa, etc.).

Quadro 4.5

Tipos de dispositivos de monitorização e período correspondente no qual se deve registar um DTC «confirmado e ativo»

Tipo de dispositivo de monitorização	Período de funcionamento acumulado no qual se deve registar um DTC «confirmado e ativo»
Remoção do sistema de pós-tratamento das partículas	60 minutos de funcionamento do motor sem marcha lenta sem carga
Perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas	240 minutos de funcionamento do motor sem marcha lenta sem carga
Anomalias do sistema PCD	60 minutos de funcionamento do motor

2.3.3. Prescrições aplicáveis ao apagamento dos códigos de diagnóstico de anomalias (DTC):

a) Os DTC não devem ser apagados pelo próprio sistema PCD da memória do computador enquanto a anomalia relacionada com esse DTC não tiver sido reparada;

b) O sistema PCD pode apagar todos os DTC mediante pedido de um analisador ou de uma ferramenta de manutenção proprietários facultados pelo fabricante do motor a pedido, ou através de um código de acesso fornecido pelo fabricante do motor;

c) O registo de incidentes de funcionamento com um DTC confirmado e ativo armazenado em memória não volátil, tal como exigido no ponto 5.2, não deve ser apagado.

2.3.4. Um sistema PCD não deve ser programado nem concebido para ser desativado parcial ou totalmente em função da idade da máquina móvel não rodoviária durante o período de vida útil do motor, não devendo o sistema conter qualquer algoritmo ou estratégia concebidos para reduzir a eficácia do sistema PCD ao longo do tempo.

2.3.5. Os eventuais códigos ou parâmetros de funcionamento reprogramáveis do sistema PCD devem ser resistentes a qualquer intervenção abusiva.

2.3.6. Família de motores PCD

Compete ao fabricante determinar a composição de uma família de motores PCD. O agrupamento de motores numa família de motores PCD deve assentar nas boas práticas de engenharia e está sujeito a homologação pela entidade homologadora.

Motores que não pertencem à mesma família de motores podem, todavia, pertencer à mesma família de motores PCD.

2.3.6.1. Parâmetros que definem uma família de motores PCD

Uma família de motores PCD caracteriza-se por parâmetros técnicos de base comuns aos motores pertencentes à família.

Para pertencerem à mesma família de motores PCD, os motores devem ter em comum os parâmetros de base indicados em seguida:

a) Princípio de funcionamento do sistema de pós-tratamento das partículas (por exemplo, mecânico, aerodinâmico, por difusão, por inércia, de regeneração periódica, de regeneração contínua, etc.);

b) Métodos de monitorização PCD;

c) Critérios de monitorização PCD;

d) Parâmetros de monitorização (p. ex., frequência).

Estas semelhanças devem ser comprovadas pelo fabricante por meio de dados técnicos pertinentes ou outros procedimentos apropriados, sujeitos a aprovação pela entidade homologadora.

O fabricante pode requerer a autorização da entidade homologadora relativamente a diferenças menores nos métodos de monitorização/diagnóstico do sistema PCD devido à variação da configuração do motor, quando estes métodos forem considerados semelhantes pelo fabricante e apenas divergirem para corresponder a características específicas dos componentes em causa (por exemplo, tamanho, caudal de escape, etc.); ou as semelhanças entre eles assentam nas boas práticas de engenharia.

3. **Prescrições para a manutenção**

3.1. O fabricante deve fornecer ou providenciar para que sejam fornecidas, a todos os utilizadores finais de novos motores ou máquinas, instruções escritas sobre o sistema de controlo das emissões e o seu correto funcionamento, tal como exigido no anexo XV.

4. **Sistema de aviso do operador**

4.1. A máquina móvel não rodoviária deve dispor de um sistema de aviso do operador, utilizando indicadores óticos.

4.2. O sistema de aviso do operador pode consistir em uma ou mais luzes ou mostrar mensagens curtas.

O sistema utilizado para as mostrar pode ser o mesmo utilizado para outros fins de manutenção ou NCD.

O sistema de aviso indica que é necessária uma reparação urgente. Se o sistema de aviso incluir um sistema de visor de mensagens, deve mostrar uma mensagem que indique o motivo para o aviso (por exemplo, «sensor desligado», ou «anomalia grave nas emissões»).

4.3. Por opção do fabricante, o sistema de aviso pode incluir uma componente sonora para alertar o operador. É permitida a supressão de avisos sonoros pelo operador.

4.4. O sistema de aviso do operador deve ser ativado como especificado no ponto 2.3.2.2.

4.5. O sistema de aviso do operador deve ser desativado logo que as condições para a sua ativação tenham deixado de existir. O sistema de aviso do operador não deve ser automaticamente desativado sem que a causa da sua ativação tenha sido corrigida.

4.6. O sistema de aviso pode ser temporariamente interrompido por outros sinais de aviso que transmitam mensagens de segurança importantes.

4.7. No pedido de homologação UE nos termos do Regulamento (UE) 2016/1628, o fabricante deve demonstrar o funcionamento do sistema de aviso do operador, tal como especificado no ponto 9.

5. **Sistema de armazenamento de informação após a ativação do sistema de aviso do operador**

5.1 O sistema PCD inclui uma memória não volátil ou contadores para armazenar incidentes relativos ao funcionamento do motor com um DTC confirmado e ativo de modo a assegurar que a informação não pode ser intencionalmente apagada.

5.2 O PCD deve armazenar na memória não volátil o número total e a duração de todos os incidentes relacionados com o funcionamento do motor com um DTC confirmado e ativo se o sistema de aviso do operador estiver ativo durante 20 horas de funcionamento do motor, ou um período mais curto, consoante a escolha do fabricante.

5.3 As autoridades nacionais devem poder consultar estes registos com um analisador.

6. **Monitorização da remoção do sistema de pós-tratamento das partículas**

6.1 O PCD deve detetar a remoção completa do sistema de pós-tratamento das partículas, incluindo a remoção de quaisquer sensores utilizados para monitorizar, ativar, desativar ou modular o seu funcionamento.

7. **Requisitos adicionais no caso de um sistema de pós-tratamento das partículas que utiliza um reagente (por exemplo, catalisador para combustível)**

7.1 No caso de um DTC confirmado e ativo para a remoção do sistema de pós-tratamento das partículas ou a perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas, a dosagem do reagente deve ser imediatamente interrompida. A dosagem deve ser retomada quando o DTC já não se encontrar ativo.

7.2 O sistema de aviso é ativado se o nível de reagente no reservatório de aditivo descer abaixo do valor mínimo especificado pelo fabricante.

8. **Monitorização de anomalias eventualmente imputáveis a intervenção abusiva**

8.1. Além da monitorização para a remoção do sistema de pós-tratamento das partículas, é necessário monitorizar as seguintes anomalias em virtude de serem eventualmente imputáveis a intervenção abusiva:

a) Perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas;

b) Anomalias do sistema PCD, tal como descrito no ponto 8.3.

8.2 Monitorização da perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas

O PCD deve detetar a remoção total do substrato do sistema de pós-tratamento das partículas («lata vazia»). Neste caso, a caixa do sistema de pós-tratamento das partículas e os sensores utilizados para monitorizar, ativar, desativar ou modular o seu funcionamento continuam a estar presentes.

8.3. Monitorização de anomalias do sistema PCD

8.3.1. O sistema PCD deve ser monitorizado para detetar anomalias elétricas e para remoção ou desativação de qualquer sensor ou dispositivo de acionamento que impeça o diagnóstico de quaisquer outras anomalias mencionadas nos pontos 6.1 e 8.1, alínea a) (monitorização dos componentes).

Uma lista não exaustiva dos sensores que afetam a capacidade de diagnóstico inclui os que medem diretamente as pressões diferenciais no sistema de pós-tratamento das partículas e os sensores de temperatura dos gases de escape para controlar a regeneração do sistema de pós-tratamento das partículas.

8.3.2. Se a anomalia, remoção ou desativação de um único sensor ou dispositivo de acionamento do sistema PCD não impedir o diagnóstico no período exigido das anomalias a que se referem os pontos 6.1 e 8.1, alínea a) (sistema redundante), a ativação do sistema de aviso e do armazenamento de informação após a ativação do sistema de aviso do operador não deve ser obrigatória, a menos que outras anomalias de sensores ou dispositivos de acionamento sejam confirmadas e estejam ativas.

9. **Requisitos de demonstração**

9.1. Considerações gerais

A conformidade com os requisitos do presente apêndice deve ser demonstrada durante a homologação UE através da execução, tal como ilustrado no quadro 4.6 e especificado no presente ponto 9, de uma demonstração da ativação do sistema de aviso.

Quadro 4.6

Ilustração do teor do processo de demonstração em conformidade com as disposições do ponto 9.3.

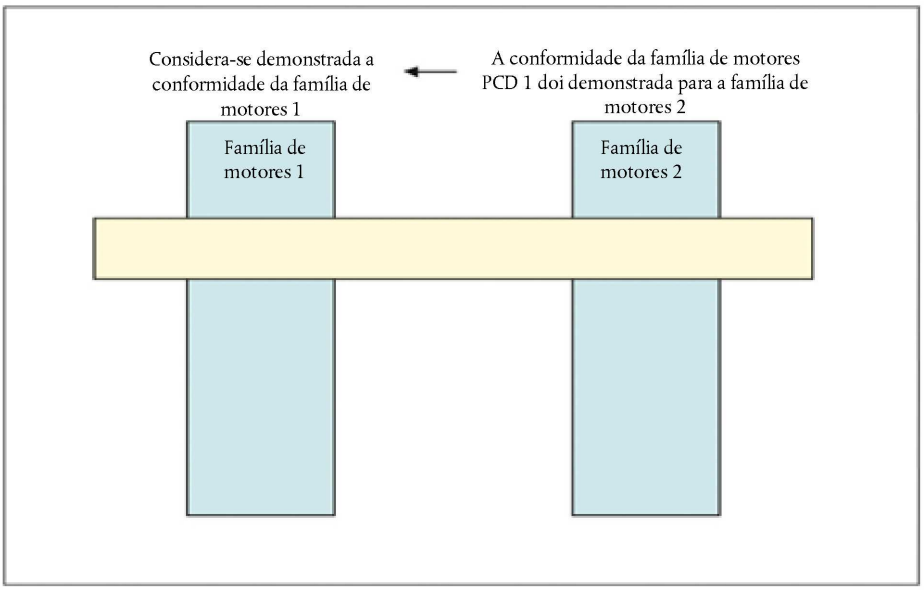
Mecanismo	Elementos de demonstração
Ativação do sistema de aviso especificada no ponto 4.4.	— dois ensaios de ativação (incl. com perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas) — Elementos de demonstração suplementares, se aplicável

9.2. Famílias de motores e famílias de motores PCD

9.2.1. No caso de os motores ou de uma família de motores pertencentes a uma família de motores PCD que já tenha obtido a homologação UE nos termos da figura 4.8, a conformidade dessa família de motores é considerada demonstrada, sem necessidade de mais ensaios, se o fabricante demonstrar à entidade homologadora que os sistemas de monitorização necessários para o cumprimento dos requisitos do presente apêndice são semelhantes no seio das famílias de motores e de motores PCD em causa.

Figura 4.8

Conformidade previamente demonstrada de uma família de motores PCD



9.3. Demonstração da ativação do sistema de aviso

9.3.1. A conformidade da ativação do sistema de aviso deve ser demonstrada através da realização de dois ensaios: perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas e uma categoria de anomalias considerada no ponto 6 ou no ponto 8.3 do presente anexo.

9.3.2. Seleção das anomalias a ensaiar

9.3.2.1. O fabricante deve fornecer à entidade homologadora uma lista dessas anomalias potenciais.

9.3.2.2. A anomalia a examinar no ensaio é escolhida pela entidade homologadora a partir da lista referida no ponto 9.3.2.1.

9.3.3. Demonstração

9.3.3.1. Para efeitos desta demonstração, deve ser efetuado um ensaio separado para a perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas estabelecida no ponto 8.2 e para as anomalias estabelecidas nos pontos 6 e 8.3. A perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas deve ser criada através da remoção total do substrato da caixa do sistema de pós-tratamento das partículas.

9.3.3.2. Durante o ensaio, nenhuma outra anomalia deve estar presente para além da que é objeto de ensaio.

9.3.3.3. Antes de dar início ao ensaio, todos os DTC devem ter sido apagados.

9.3.3.4. A pedido do fabricante, e com o acordo prévio da entidade homologadora, as anomalias objeto de ensaio podem ser simuladas.

9.3.3.5. Deteção de anomalias

9.3.3.5.1. O sistema PCD deve reagir à introdução de uma anomalia adequadamente selecionada pela entidade homologadora em conformidade com as disposições do presente apêndice. A demonstração é considerada satisfatória se a ativação ocorrer no número de ciclos de ensaio PCD consecutivos indicado no quadro 4.7.

Se, com o acordo da entidade homologadora, tiver sido especificado na descrição da monitorização que um dado dispositivo de monitorização precisa de mais ciclos de ensaio PCD para concluir a sua monitorização do que os indicados no quadro 4.7, o número de ciclos de ensaio PCD pode ser aumentado até 50 %.

Pode desligar-se o motor entre cada ciclo de ensaio PCD individual no âmbito do ensaio de demonstração. O tempo que medeia até ao arranque seguinte deve ter em consideração qualquer monitorização que possa ocorrer após a paragem do motor e quaisquer condições necessárias para efetuar a monitorização a partir do arranque seguinte.

Quadro 4.7

Tipos de monitorização e número de ciclos de ensaio PCD nos quais se deve registar um DTC «confirmado e ativo»

Tipo de dispositivo de monitorização	Número de ciclos de ensaio PCD nos quais se deve registar um DTC «confirmado e ativo»
Remoção do sistema de pós-tratamento das partículas	2
Perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas	8
Anomalias do sistema PCD	2

9.3.3.6. Ciclo de ensaio PCD

9.3.3.6.1. O ciclo de ensaio PCD considerado no presente ponto 9 para demonstrar o correto desempenho do sistema de monitorização do sistema de pós-tratamento das partículas é o NRTC com arranque a quente para os motores das subcategorias NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 e NRE-v-6 e o ciclo NRSC aplicável para todas as outras categorias.

9.3.3.6.2. A pedido do fabricante e após o acordo da entidade homologadora, pode ser utilizado um ciclo de ensaio PCD alternativo (por exemplo, que não o NTRC ou o NRSC) para um determinado dispositivo de monitorização. O pedido deve ser acompanhado de elementos (dados técnicos, simulações, resultados de ensaios, etc.) que demonstrem o seguinte:

a) O ciclo de ensaio requerido resulta num dispositivo de monitorização a utilizar em condições reais de condução; e

b) O ciclo de ensaio PCD aplicável especificado no ponto 9.3.3.6.1 é menos adequado para a monitorização em causa.

9.3.3.7 Configuração para demonstração da ativação do sistema de aviso

9.3.3.7.1. A demonstração da ativação do sistema de aviso é feita por meio de ensaios realizados num banco de ensaio de motores.

9.3.3.7.2. Eventuais componentes ou subsistemas não fisicamente montados no motor, tais como, mas não exclusivamente, sensores da temperatura ambiente, sensores de nível e sistemas de aviso e informação do operador, que são necessários para efetuar as demonstrações, devem ser ligados ao motor para esse fim ou devem ser simulados a contento da entidade homologadora.

9.3.3.7.3. Se o fabricante assim o entender, e com o acordo da entidade homologadora, os ensaios de demonstração podem ser realizados, não obstante o ponto 9.3.3.7.1, numa máquina ou conjunto de máquinas móveis não rodoviárias completos, quer montando a máquina móvel não rodoviária num banco de ensaio adequado, quer fazendo-a circular numa pista de ensaio em condições controladas.

9.3.4. Considera-se cumprida a demonstração da ativação do sistema de aviso se, no termo de cada ensaio de demonstração realizado em conformidade com o ponto 9.3.3, o sistema de aviso for ativado corretamente e o DTC para a anomalia selecionada passar ao estado de «confirmado e ativo».

9.3.5 Se um sistema de pós-tratamento das partículas que utiliza um reagente for objeto de um ensaio de demonstração da perda de função do sistema de pós-tratamento das partículas ou de remoção do sistema de pós-tratamento das partículas, deve confirmar-se igualmente que a dosagem do reagente foi interrompida.

ANEXO V

Medições e ensaios no que diz respeito à zona associada ao ciclo de ensaio em condições estacionárias não rodoviário

1. **Requisitos gerais**

O presente anexo é aplicável aos motores controlados eletronicamente das categorias NRE, NRG, IWP, IWA e RLR que cumpram os limites de emissão da «fase V» estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628, e que utilizem um dispositivo de comando eletrónico para determinar a quantidade e o momento da injeção de combustível ou que recorram ao dispositivo de comando eletrónico para ativar, desativar ou modular o sistema de controlo das emissões utilizado para reduzir as emissões de NO_x.

O presente anexo estabelece os requisitos técnicos relacionados com a zona associada ao NRSC pertinente na qual a quantidade de emissões que podem exceder os limites de emissão estabelecidos no anexo II é controlada.

Quando um motor é ensaiado do modo estabelecido nas prescrições de ensaio do ponto 4, as amostras de emissões recolhidas em qualquer ponto selecionado aleatoriamente dentro da zona de controlo aplicável estabelecida no ponto 2 não devem exceder os valores-limite de emissão aplicáveis do anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628 multiplicados por um fator de 2,0.

O ponto 3 estabelece a seleção pelo serviço técnico de pontos de medição suplementares dentro da zona de controlo durante o ensaio no banco de ensaio de emissões, a fim de demonstrar que os requisitos do presente ponto 1 foram preenchidos.

O fabricante pode solicitar que o serviço técnico exclua pontos de funcionamento de qualquer uma das zonas de controlo estabelecidas no ponto 2 durante a demonstração definida no ponto 3. O serviço técnico pode conceder esta derrogação, se o fabricante demonstrar que o motor nunca pode funcionar em tais pontos, quando for utilizado em qualquer combinação de máquinas móveis não rodoviárias.

As instruções de instalação facultadas pelo fabricante ao OEM em conformidade com o anexo XIV devem identificar os limites superior e inferior da zona de controlo aplicável e devem incluir uma declaração que esclareça que o OEM não deve instalar o motor de modo a limitá-lo para funcionar permanentemente apenas a pontos de carga e velocidade fora da zona de controlo relativa à curva do binário correspondente ao tipo de motor ou família de motores homologados.

2. **Zona de controlo do motor**

A zona de controlo aplicável para a realização do ensaio do motor deve ser a zona identificada no presente ponto 2 que corresponde ao ciclo NRSC aplicável ao motor ensaiado.

2.1. Zona de controlo para motores ensaiados no ciclo NRSC C1

Estes motores funcionam com velocidade e carga variáveis. Aplicam-se diferentes exclusões relativas à zona de controlo em função da (sub)categoria e da velocidade de funcionamento do motor.

2.1.1. Motores de velocidade variável da categoria NRE com potência útil máxima ≥ 19 kW, motores de velocidade variável da categoria IWA com potência útil máxima ≥ 300 kW, motores de velocidade variável da categoria RLR e motores de velocidade variável da categoria NRG.

A zona de controlo (ver figura 5.1) é definida do seguinte modo:

limite superior do binário: curva do binário a plena carga;

gama de velocidades: velocidade A a n_{hi};

em que:

velocidade A = n_{lo} + 0,15 × (n_{hi} – n_{lo});

n_{hi} = velocidade alta (ver artigo 1.º, n.º 12),

n_{lo} = velocidade baixa (ver artigo 1.º, n.º 13).

Excluem-se do ensaio as condições de funcionamento seguintes:

a) Pontos abaixo de 30 % do binário máximo;

b) Pontos abaixo de 30 % da potência útil máxima.

Se a velocidade do motor A medida se situar a ± 3 % da velocidade do motor declarada pelo fabricante, utilizam-se as velocidades declaradas para o motor. Se a tolerância for excedida em relação a qualquer uma das velocidades de ensaio, utilizam-se as velocidades do motor medidas.

Os pontos de ensaio intermédios na zona de controlo são determinados do seguinte modo:

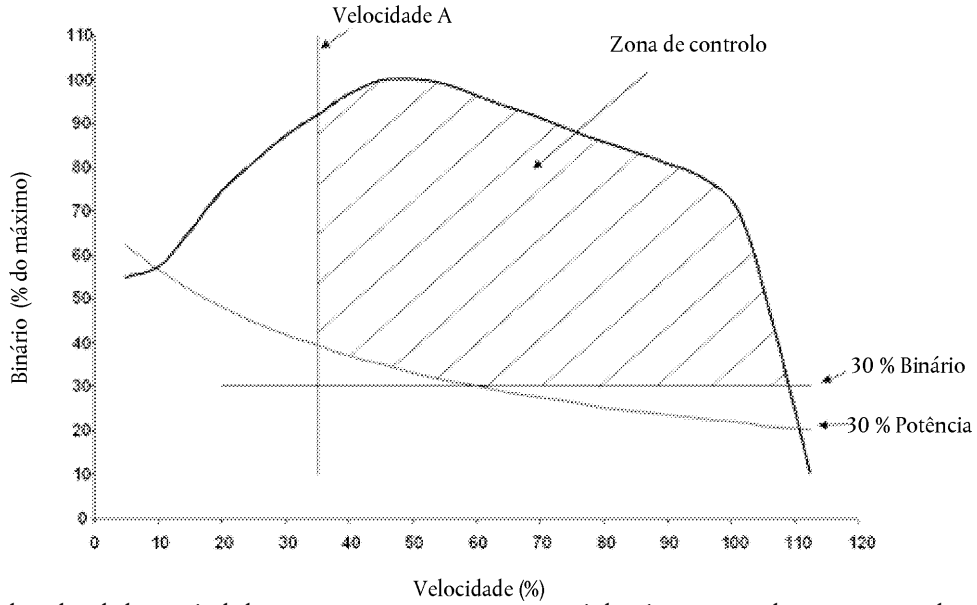
%binário = % do binário máximo;

$$\%\text{velocidade} = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\,\%} - n_{idle})} \cdot 100;$$

em que: $n_{100\,\%}$ é a velocidade a 100 % para o ciclo de ensaio correspondente.

Figura 5.1

Zona de controlo para motores de velocidade variável da categoria NRE com potência útil máxima ≥ 19 kW, motores de velocidade variável da categoria IWA com potência útil máxima ≥ 300 kW e motores de velocidade variável da categoria NRG



2.1.2. Motores de velocidade variável da categoria NRE com potência útil máxima < 19 kW e motores de velocidade variável da categoria IWA com potência útil máxima < 300 kW

A zona de controlo especificada no ponto 2.1.1 é aplicável, mas com a exclusão adicional das condições de funcionamento do motor indicadas no presente ponto e ilustradas nas figuras 5.2 e 5.3.

a) Apenas para as partículas, se a velocidade C for inferior a 2 400 r/min, apontar para a direita ou abaixo da linha formada pela ligação dos pontos de 30 % do binário máximo ou 30 % da potência útil máxima, consoante o que for superior, à velocidade B e 70 % da potência útil máxima à velocidade alta;

b) Apenas para as partículas, se a velocidade C for igual ou superior a 2 400 r/min, apontar para a direita da linha formada pela ligação dos pontos de 30 % do binário máximo ou 30 % da potência útil máxima, consoante o que for superior, à velocidade B, 50 % da potência útil máxima a 2 400 r/min e 70 % da potência útil máxima à velocidade alta.

em que:

velocidade B = n_{lo} + 0,5 × (n_{hi} – n_{lo});

velocidade C = n_{lo} + 0,75 × (n_{hi} – n_{lo}).

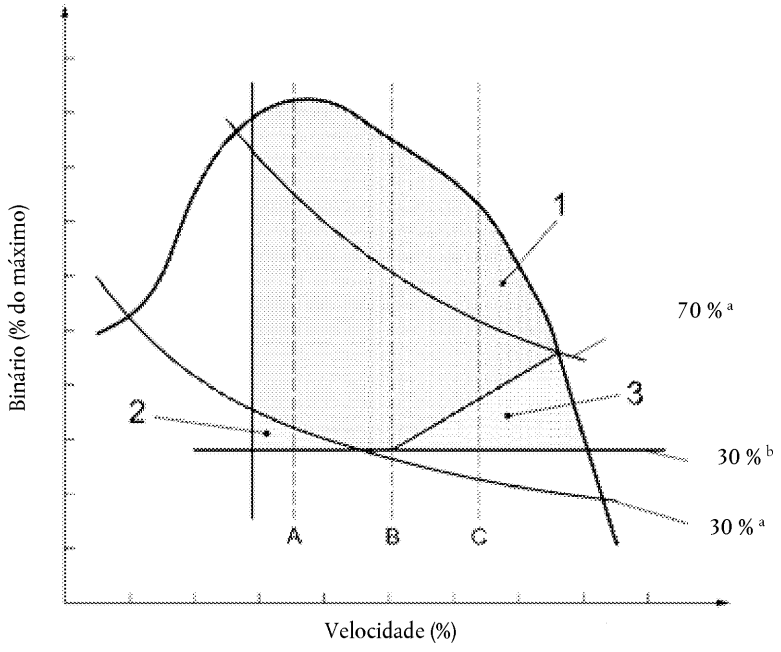
n_{hi} = velocidade alta (ver artigo 1.º, n.º 12),

n_{lo} = velocidade baixa (ver artigo 1.º, n.º 13).

Se as velocidades do motor A, B e C medidas se situarem a ± 3 % da velocidade do motor declarada pelo fabricante, utilizam-se as velocidades declaradas para o motor. Se a tolerância for excedida em relação a qualquer uma das velocidades de ensaio, utilizam-se as velocidades do motor medidas.

Figura 5.2.

Zona de controlo para motores de velocidade variável da categoria NRE com potência útil máxima < 19 kW e motores de velocidade variável da categoria IWA com potência útil máxima < 300 kW, velocidade C < 2 400 rpm



Legenda

1 Zona de controlo do motor

2 Exclusão de todas as emissões

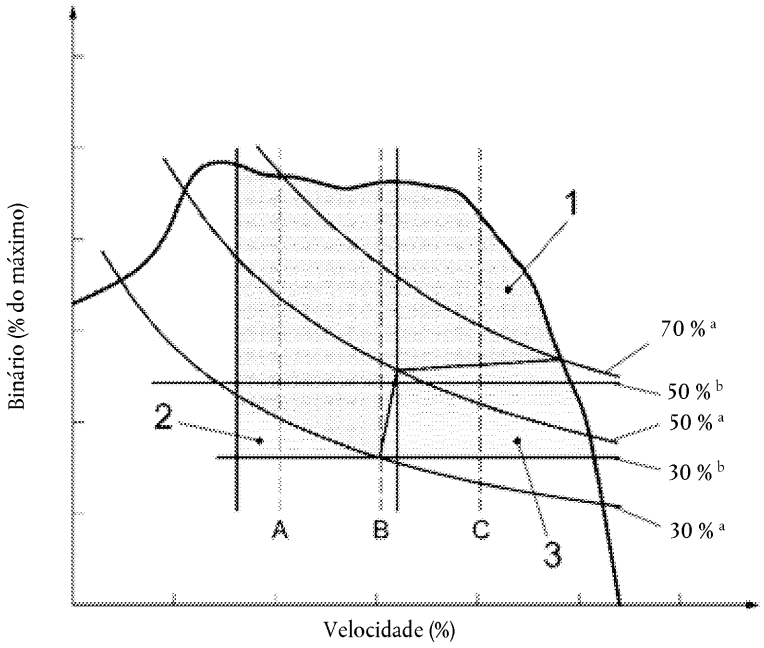
3 Exclusão de PM

[a] % potência útil nominal máxima

[b] % do binário máximo

Figura 5.3

Zona de controlo para motores de velocidade variável da categoria NRE com potência útil máxima < 19 kW e motores de velocidade variável da categoria IWA com potência útil máxima < 300 kW, velocidade C ≥ 2 400 rpm



Legenda

1 Zona de controlo do motor

2 Exclusão de todas as emissões

3 Exclusão de PM

[a] % da potência útil máxima

[b] % do binário máximo

2.2. Zona de controlo para motores ensaiados nos ciclos NRSC D2, E2 e G2

Estes motores são principalmente postos a funcionar a uma velocidade muito próxima da sua velocidade de funcionamento, pelo que a zona de controlo é definida do seguinte modo:

velocidade: 100 %

gama de binários: 50 % para o binário correspondente à potência máxima.

2.3. Zona de controlo para motores ensaiados no ciclo NRSC E3

Estes motores são principalmente postos a funcionar ligeiramente acima e abaixo de uma curva de hélice de passo fixo. A zona de controlo está relacionada com a curva de hélice e tem exponentes de equações matemáticas que definem os limites da zona de controlo. A zona de controlo é definida do seguinte modo:

Limite inferior da velocidade: $0{,}7 \times n_{100\ \%}$

Curva do limite superior: $\%power = 100 \times (\%speed/90)^{3{,}5}$;

Curva do limite inferior: $\%power = 70 \times (\%speed/100)^{2{,}5}$;

Limite superior da potência: Curva de potência a plena carga

Limite superior da velocidade: Velocidade máxima permitida pelo regulador

em que:

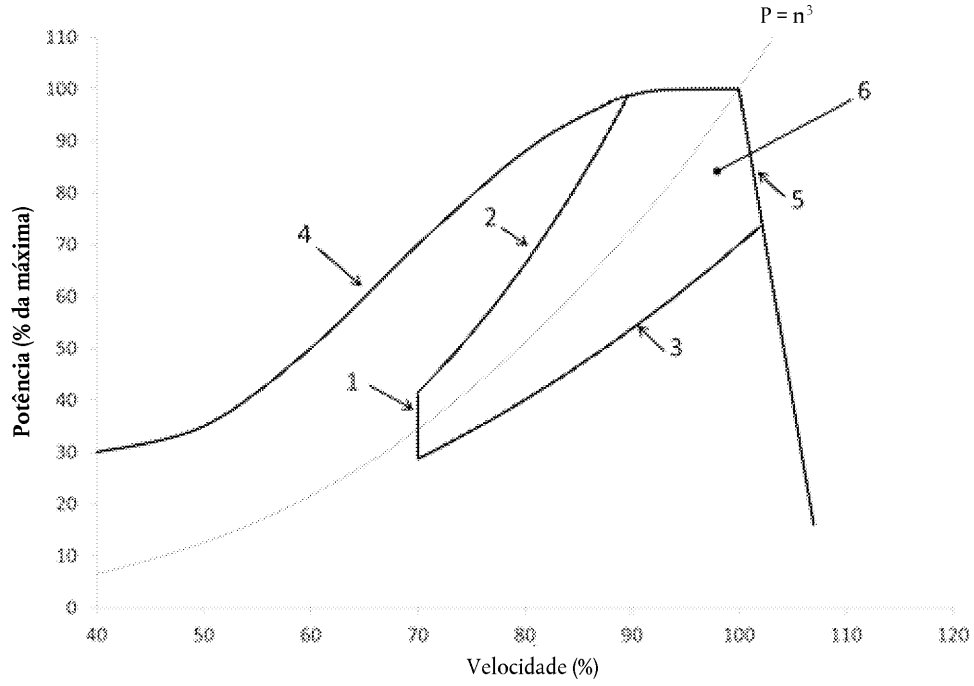
%power é % da potência útil máxima;

%speed é % de $n_{100\,\%}$

é a velocidade a 100 % para o ciclo de ensaio correspondente.

Figura 5.4

Zona de controlo para motores ensaiados no ciclo NRSC E3



Legenda

1 Limite inferior da velocidade:

2 Curva do limite superior:

3 Curva do limite inferior:

4 Curva de potência a plena carga

5 Curva da velocidade máxima do regulador

6 Zona de controlo do motor

3. **Requisitos de demonstração**

O serviço técnico seleciona aleatoriamente para ensaio pontos de carga e de velocidade dentro da zona de controlo. Para os motores objeto do ponto 2.1, selecionam-se até três pontos. Para os motores objeto do ponto 2.2, seleciona-se um ponto. Para os motores objeto dos pontos 2.3 ou 2.4, selecionam-se até dois pontos. O serviço técnico determina igualmente uma ordem aleatória para os pontos de ensaio. O ensaio é executado em conformidade com os requisitos principais do NRSC, mas cada ponto de ensaio é avaliado separadamente.

4. **Prescrições de ensaio**

O ensaio deve ser efetuado logo após o NRSC em modo discreto do seguinte modo:

a) O ensaio deve ser efetuado logo após os NRSC em modo discreto descritos nas alíneas a) a e) do ponto 7.8.1.2 do anexo VI, mas antes dos procedimentos pós-ensaio descritos na alínea f) ou após o ciclo de ensaio com rampas de transição (RMC) descrito nas alíneas a) a d) do ponto 7.8.2.3 do anexo VI, mas antes dos procedimentos pós-ensaio previstos na alínea e), conforme for aplicável;

b) Os ensaios devem ser efetuados, tal como previsto nas alíneas b) a e) do ponto 7.8.1.2 do anexo VI, utilizando o método dos filtros múltiplos (um filtro para cada ponto de ensaio) para cada um dos pontos de ensaio escolhidos em conformidade com o ponto 3;

c) Calcula-se um valor de emissão específico (em g/kWh ou #/kWh, conforme aplicável) para cada ponto de ensaio;

d) Os valores das emissões podem ser calculados em termos de massa, em conformidade com o ponto 2 do anexo VII, ou em base molar, em conformidade com o ponto 3 do anexo VII, mas devem ser coerentes com o método utilizado para o ensaio em modo discreto ou RMC;

e) Para o cálculo de valores acumulados dos gases e das partículas, se aplicável, N_{mode} na equação (7-63) deve ser 1 e deve ser utilizado um fator de ponderação de 1;

f) Para os cálculos de partículas, deve utilizar-se o método dos filtros múltiplos; para os cálculos de valores acumulados N_{mode} na equação (7-64) deve ser 1 e deve ser utilizado um fator de ponderação de 1.

ANEXO VI

Ensaios de emissões e requisitos aplicáveis ao equipamento de medição

1. **Introdução**

O presente anexo descreve o método de determinação das emissões de gases e de partículas poluentes do motor a ensaiar, bem como as especificações relacionadas com o equipamento de medição. A partir do ponto 6, a numeração do presente anexo é coerente com a numeração do NRMM gtr 11 e UN R 96-03, anexo 4B. Todavia, alguns pontos do NRMM gtr 11 não são necessários no presente anexo, ou são alterados em conformidade com o progresso técnico.

2. **Apresentação geral**

O presente anexo contém as disposições técnicas seguintes necessárias à realização de ensaios de emissões. As disposições complementares são enumeradas no ponto 3.

— Ponto 5: Requisitos de desempenho, incluindo a determinação das velocidades de ensaio

— Ponto 6: Condições de ensaio, nomeadamente o método de contabilização das emissões de gases do cárter, o método de determinação e contabilização da regeneração contínua e infrequente dos sistemas de pós-tratamento dos gases de escape

— Ponto 7: Procedimentos de ensaio, incluindo o mapeamento de motores, a geração do ciclo de ensaio e o procedimento para realizar o ciclo de ensaio

— Ponto 8: Métodos de medição, incluindo verificações de calibração e de desempenho dos instrumentos e a validação dos instrumentos para o ensaio

— Ponto 9: Equipamento de medição, incluindo os instrumentos de medição, os procedimentos de diluição, os procedimentos para a recolha de amostras e normas relativas à massa e aos gases de análise

— Apêndice 1: Procedimentos de medição do PN

3. **Anexos conexos**

— Avaliação dos dados e cálculos:	Anexo VII
— Procedimentos de ensaio para motores com duplo combustível:	Anexo VIII
— Combustíveis de referência:	Anexo IX
— Ciclos de ensaio:	Anexo XVII

4. **Requisitos gerais**

Os motores a ensaiar devem cumprir os requisitos de desempenho estabelecidos no ponto 5 quando ensaiados em conformidade com as condições de ensaio estipuladas no ponto 6 e os procedimentos de ensaio previstos no ponto 7.

5. **Requisitos de desempenho**

5.1. Emissão de gases e de partículas poluentes e de CO_2 e NH_3

Os poluentes são representados por:

a) Óxidos de azoto, NO_x;

b) Hidrocarbonetos, expressos como hidrocarbonetos totais, HC ou THC;

c) Monóxido de carbono, CO;

d) Partículas, PM;

e) Número de partículas, PN.

Os valores medidos de gases e de partículas poluentes e de CO_2 emitidos pelo motor referem-se às emissões específicas ao freio em gramas por quilowatt/hora (g/kWh).

Os gases e partículas poluentes que devem ser medidos são aqueles com valores-limite aplicáveis à subcategoria do motor em ensaio, tal como estabelecido no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628. Os resultados, incluindo o fator de deterioração determinado de acordo com o anexo III, não devem exceder os valores-limite aplicáveis.

O CO_2 deve ser medido e comunicado para todas as subcategorias de motores, conforme exigido pelo artigo 41.º, n.º 4, do Regulamento (UE) 2016/1628.

A emissão média de amoníaco (NH_3) deve, além disso, ser medida, tal como exigido em conformidade com o ponto 3 do anexo IV, sempre que as medidas de controlo dos NO_x que fazem parte do sistema de controlo das emissões do motor incluam a utilização de um reagente, e não deve exceder os valores definidos nesse ponto.

As emissões devem ser determinadas nos ciclos de funcionamento (ciclos de ensaios estacionários e/ou transitórios), tal como descrito no ponto 7 e no anexo XVII. Os sistemas de medição devem cumprir as verificações da calibração e do desempenho previstas no ponto 8 com o equipamento de medição previsto no ponto 9.

Podem ser aprovados outros sistemas ou analisadores pela entidade homologadora, se se determinar que produzem resultados equivalentes, nos termos do ponto 5.1.1. Os resultados devem ser calculados de acordo com os requisitos do anexo VII.

5.1.1. Equivalência

A determinação da equivalência de sistemas deve basear-se num estudo de correlação de sete pares de amostras (ou mais) entre o sistema em consideração e um dos sistemas do presente anexo. Os «resultados» referem-se ao valor das emissões ponderadas do ciclo específico. Os ensaios de correlação devem realizar-se no mesmo laboratório, no mesmo banco de ensaio e com o mesmo motor, sendo preferível que decorram em simultâneo. A equivalência das médias dos pares de amostras deve ser determinada pelas estatísticas do teste F e do teste t, conforme descrito no anexo VII, apêndice 3, obtidas no laboratório, banco de ensaio e com as condições do motor descritas acima. Os valores aberrantes devem ser determinados em conformidade com a norma ISO 5725 e excluídos da base de dados. Os sistemas a utilizar para os ensaios de correlação devem ser submetidos à aprovação da entidade homologadora.

5.2. Requisitos gerais relativos aos ciclos de ensaio

5.2.1. O ensaio de homologação UE deve ser realizado através do NRSC adequado e, se for caso disso, do NRTC ou LSI-NRTC, especificados no artigo 24.º e no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628.

5.2.2. As características e especificações técnicas dos NRSC são estabelecidas no anexo XVII, apêndice 1 (NRSC em modo discreto) e apêndice 2 (NRSC com rampas de transição). Ao critério do fabricante, pode realizar-se um ensaio NRSC como NRSC em modo discreto ou, se disponível, como NRSC com rampas de transição (RMC), tal como definido no ponto 7.4.1.

5.2.3. As características e especificações técnicas dos ciclos NRTC e LSI-NRTC são estabelecidas no apêndice 3 do anexo XVII.

5.2.4. Os ciclos de ensaio especificados no ponto 7.4 e no anexo XVII são concebidos com base em percentagens da potência ou do binário máximo e das velocidades de ensaio que devem ser determinadas para o desempenho correto dos ciclos de ensaio:

a) Velocidade a 100 % (velocidade máxima de ensaio (MTS) ou velocidade nominal)

b) Velocidade(s) intermédia(s) especificada(s) no ponto 5.2.5.4;

c) Velocidade em marcha lenta sem carga especificada no ponto 5.2.5.5.

A determinação das velocidades de ensaio é estabelecida no ponto 5.2.5, a utilização do binário e da potência no ponto 5.2.6.

5.2.5. Velocidades de ensaio

5.2.5.1. Velocidade máxima de ensaio (MTS)

A MTS é calculada em conformidade com o ponto 5.2.5.1.1 ou o ponto 5.2.5.1.3.

5.2.5.1.1. Cálculo da MTS

A fim de calcular a MTS, deve realizar-se o procedimento de mapeamento em condições transitórias nos termos do ponto 7.4. A MTS é subsequentemente determinada a partir dos valores mapeados da velocidade em função do binário do motor. A MTS é calculada por meio da equação (6-1), (6-2) ou (6-3):

a) $MTS = n_{lo} + 0{,}95 \times (n_{hi} - n_{lo})$ (6-1)

b) $MTS = n_i$ (6-2)

com:

n_i é a média das velocidades mais baixa e mais alta a que $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ é igual a 98 % do valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$

c) Se existir apenas uma velocidade a que o valor de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ é igual a 98 % do valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$:

$MTS = n_i$ (6-3)

com:

n_i é a velocidade a que o valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ ocorre.

em que:

n = é a velocidade do motor

i = é uma variável de indexação que representa um valor registado de um mapa do motor

n_{hi} = é a velocidade alta definida no artigo 2.º, n.º 12,

n_{lo} = é a velocidade baixa definida no artigo 2.º, n.º 13,

n_{normi} = é a velocidade de um motor normalizada dividindo-a por n_{Pmax}

P_{normi} = é a potência de um motor normalizada dividindo-a por P_{max}

n_{Pmax} = é a média das velocidades mais baixa e mais alta a que a potência é igual a 98 % de P_{max}.

Utiliza-se interpolação linear entre os valores mapeados para determinar:

a) as velocidades a que a potência é igual a 98 % de P_{max}. Se existir apenas uma velocidade a que a potência é igual a 98 % de P_{max}, n_{Pmax} é a velocidade a que P_{max} ocorre;

b) as velocidades a que $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ é igual a 98 % do valor máximo de $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$.

5.2.5.1.2. Utilização de uma MTS declarada

Se a MTS calculada em conformidade com o ponto 5.2.5.1.1 ou 5.2.5.1.3 se situar a ± 3 % da MTS declarada pelo fabricante, pode utilizar-se a MTS declarada para o ensaio das emissões. Se a tolerância for excedida, utiliza-se a MTS medida para o ensaio de medição das emissões.

5.2.5.1.3. Utilização de uma MTS ajustada

Se a parte descendente da curva de plena carga cair abruptamente, pode causar problemas para executar corretamente as velocidades a 105 % do NRTC. Neste caso é permitido, com o acordo prévio do serviço técnico, utilizar um valor alternativo da MTS, determinado através de um dos seguintes métodos:

a) A MTS pode ser ligeiramente reduzida (máximo 3 %) a fim de tornar possível a realização correta do ensaio NRTC.

b) Calcular uma MTS alternativa por meio da seguinte equação (6-4):

$$MTS = ((n_{max} — n_{idle})/1{,}05) + n_{idle} \quad (6\text{-}4)$$

em que:

n_{max} = é a velocidade do motor a que o regulador do motor controla a velocidade do motor com a solicitação por parte do operador no máximo e com a aplicação de carga nula («velocidade máxima sem carga»)

n_{idle} = é a velocidade de marcha lenta sem carga

5.2.5.2. Velocidade nominal

A velocidade nominal é definida no artigo 3.º, n.º 29, do Regulamento (UE) 2016/1628. A velocidade nominal para os motores de velocidade variável objeto de ensaios das emissões é determinada a partir do procedimento de mapeamento estabelecido no ponto 7.6. A velocidade nominal para os motores de velocidade constante é declarada pelo fabricante em conformidade com as características do regulador. Se um tipo de motor equipado com as velocidades alternativas permitidas pelo artigo 3.º, n.º 21, do Regulamento (UE) 2016/1628 for objeto de um ensaio das emissões, cada velocidade alternativa deve ser declarada e ensaiada.

É possível utilizar o valor declarado se a velocidade nominal determinada a partir do procedimento de mapeamento do ponto 7.6 se situar a ± 150 rpm do valor declarado pelo fabricante para os motores da categoria NRS equipados com regulador, ou a ± 350 rpm ou ± 4 % para os motores da categoria NRS sem regulador, consoante o que for menor, ou a ± 100 rpm para todas as outras categorias de motores. Se a tolerância for excedida, utiliza-se a velocidade nominal determinada a partir do procedimento de mapeamento.

Para os motores da categoria NRSh, a velocidade de ensaio de 100 % deve situar-se a ± 350 rpm da velocidade nominal.

Facultativamente, a MTS pode ser utilizada em vez da velocidade nominal para qualquer ciclo de ensaio em estado estacionário.

5.2.5.3. Velocidade de binário máximo para os motores de velocidade variável

A velocidade de binário máximo determinada a partir da curva do binário máximo estabelecida a partir do procedimento de mapeamento do motor aplicável do ponto 7.6.1 ou 7.6.2 é uma das seguintes:

a) A velocidade a que foi registado o binário mais alto; ou,

b) A média das velocidades mais baixa e mais alta a que o binário é igual a 98 % do binário máximo. Se necessário, utiliza-se interpolação linear para determinar as velocidades a que o binário é igual a 98 % do binário máximo.

Se a velocidade de binário máximo determinada a partir da curva do binário máximo se situar a ± 4 % da velocidade de binário máximo declarada pelo fabricante para motores da categoria NRS ou NRSh, ou a ± 2,5 % da velocidade de binário máximo declarada pelo fabricante para todas as outras categorias de motores, é possível utilizar o valor declarado para efeitos do presente regulamento. Se a tolerância for excedida, utiliza-se a velocidade de binário máximo determinada a partir da curva do binário máximo.

5.2.5.4. Velocidade intermédia

A velocidade intermédia deve satisfazer um dos seguintes requisitos:

a) Para os motores concebidos para funcionar a uma gama de velocidades na curva do binário a plena carga, a velocidade intermédia é a velocidade de binário máximo, se ocorrer entre 60 % e 75 % da velocidade nominal;

b) Se a velocidade de binário máximo for inferior a 60 % da velocidade nominal, a velocidade intermédia é 60 % da velocidade nominal;

c) Se a velocidade de binário máximo for superior a 75 % da velocidade nominal, a velocidade intermédia é 75 % da velocidade nominal. Se o motor só for capaz de funcionar a velocidades superiores a 75 % da velocidade nominal, a velocidade intermédia é a velocidade mais baixa a que o motor é capaz de funcionar;

d) Para os motores que não são concebidos para funcionar a uma gama de velocidades na curva do binário a plena carga em condições estacionárias, a velocidade intermédia é entre 60 % e 70 % da velocidade nominal.

e) Para os motores a ensaiar com o ciclo G1, exceto no que se refere aos motores da categoria ATS, a velocidade intermédia é 85 % da velocidade nominal.

f) Para os motores da categoria ATS ensaiados com o ciclo G1, a velocidade intermédia é 60 % ou 85 % da velocidade nominal mais próxima da velocidade de binário máximo real.

Se a MTS for utilizada em vez da velocidade nominal para a velocidade de ensaio a 100 %, a MTS substitui igualmente a velocidade nominal na determinação da velocidade intermédia.

5.2.5.5. Velocidade em marcha lenta sem carga

A velocidade de marcha lenta sem carga é a mais baixa velocidade do motor com uma carga mínima (igual ou superior a uma carga nula), em que uma função do regulador do motor controla a sua velocidade. Nos motores sem uma função do regulador que controle a marcha lenta sem carga, a velocidade de marcha lenta sem carga é o valor declarado pelo fabricante para a velocidade do motor mais baixa possível com uma carga mínima. Note-se que a velocidade de marcha lenta sem carga a quente é a velocidade de marcha lenta sem carga de um motor aquecido.

5.2.5.6. Velocidade de ensaio para motores de velocidade constante

Os reguladores dos motores de velocidade constante podem nem sempre manter exatamente uma velocidade constante. Normalmente, a velocidade pode diminuir entre 0,1 % e 10 % abaixo da velocidade sem carga, de forma que a velocidade mínima do motor ocorra próximo do ponto de potência máxima. A velocidade de ensaio para os motores de velocidade constante pode ser prescrita através do regulador instalado no motor ou de uma solicitação de velocidade do banco de ensaio que represente o regulador do motor.

Caso se utilize o regulador instalado no motor, a velocidade a 100 % deve ser a velocidade regulada do motor definida no artigo 2.º, n.º 24.

Caso se utilize um sinal de solicitação do banco de ensaio para simular o regulador, a velocidade a 100 % sem carga é a velocidade sem carga especificada pelo fabricante para essa regulação do regulador e a velocidade a 100 % a plena carga é a velocidade nominal para essa regulação do regulador. Utiliza-se interpolação a fim de determinar a velocidade para os outros modos de ensaio.

Se o regulador tiver uma regulação de funcionamento isócrona ou a velocidade nominal e a velocidade sem carga declaradas pelo fabricante não apresentarem uma diferença superior a 3 %, é possível utilizar um único valor declarado pelo fabricante para a velocidade a 100 % em todos os pontos de carga.

5.2.6. Binário e potência

5.2.6.1. Binário

Os dados relativos ao binário indicados nos ciclos de ensaio são valores percentuais que representam, em relação a determinado modo de ensaio, uma das seguintes opções:

a) A razão entre o binário necessário e o binário máximo possível à velocidade de ensaio especificada (todos os ciclos, exceto D2 e E2);

b) A razão entre o binário necessário e o binário correspondente à potência útil nominal declarada pelo fabricante (ciclos D2 e E2).

5.2.6.2. Potência

Os dados relativos à potência indicados nos ciclos de ensaio são valores percentuais que representam, em relação a determinado modo de ensaio, uma das seguintes opções:

a) Para o ciclo de ensaio E3, os dados relativos à potência são valores percentuais da potência útil máxima à velocidade a 100 %, uma vez que o ciclo se baseia numa curva característica teórica de hélice para máquinas conduzidas por motores para veículos pesados sem limitação de comprimento.

b) Para o ciclo de ensaio F, os dados relativos à potência são valores percentuais da potência útil máxima a determinada velocidade de ensaio, exceto no que se refere à velocidade de marcha lenta sem carga, na qual são uma percentagem da potência útil máxima à velocidade a 100 %.

6. **Condições de ensaio**

6.1. Condições para os ensaios laboratoriais

Medem-se a temperatura absoluta (T_a) do ar de admissão na admissão do motor, expressa em Kelvin, e a pressão atmosférica em seco (p_s), expressa em kPa, e determina-se o parâmetro f_a de acordo com as disposições que se seguem e por meio da equação (6-5) ou (6-6). Se a pressão atmosférica for medida numa conduta, haverá perdas de pressão negligenciáveis entre a atmosfera e o local de medição, devendo ser tidas em conta as alterações da pressão estática da conduta resultantes do caudal. Nos motores multicilíndricos com grupos distintos de coletores de admissão, por exemplo nos motores em «V», deve tomar-se a temperatura média dos diferentes grupos. O parâmetro fa deve ser comunicado juntamente com os resultados de ensaio.

Motores normalmente aspirados e motores com sobrealimentação mecânica:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \qquad (6\text{-}5)$$

Motores turbocomprimidos com ou sem arrefecimento do ar de admissão:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \qquad (6\text{-}6)$$

6.1.1. Para que o ensaio seja considerado válido, é necessário que sejam preenchidas as seguintes condições:

a) f_a deve estar compreendido entre $0,93 \leq f_a \leq 1,07$, com exceção do permitido nos pontos 6.1.2 e 6.1.4;

b) A temperatura do ar de admissão deve ser mantida a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), medida a montante de qualquer componente do motor, com exceção do permitido nos pontos 6.1.3 e 6.1.4, e conforme exigido nos ponto 6.1.5 e 6.1.6.

6.1.2. Se a altitude do laboratório no qual o motor é objeto de ensaio exceder 600 m, com o acordo do fabricante, f_a pode exceder 1,07, desde que p_s não seja inferior a 80 kPa.

6.1.3. Se a potência do motor em ensaio for superior a 560 kW, com o acordo do fabricante, o valor máximo da temperatura do ar de admissão pode exceder 303 K (30 C), desde que não exceda 308 K (35 °C).

6.1.4. Se a altitude do laboratório no qual o motor é objeto de ensaio exceder 300 m e a potência do motor em ensaio for superior a 560 kW, com o acordo do fabricante, f_a pode exceder 1,07, desde que p_s não seja inferior a 80 kPa e o valor máximo da temperatura do ar de admissão pode exceder 303 K (30 °C), desde que não exceda 308 K (35 °C).

6.1.5. No caso de uma família de motores da categoria NRS abaixo de 19 kW, exclusivamente constituída por tipos de motores a utilizar em sopradores de neve, a temperatura do ar de admissão deve ser mantida entre 273 e 268 K (0 e – 5 °C).

6.1.6. No caso dos motores da categoria SMB, a temperatura do ar de admissão deve ser mantida a 263 ± 5 K (– 10 ± 5 °C), com exceção do permitido no ponto 6.1.6.1.

6.1.6.1. No caso dos motores da categoria SMB equipados com injeção de combustível controlada eletronicamente que ajuste o caudal de combustível à temperatura do ar de admissão, ao critério do fabricante, a temperatura do ar de admissão pode, em alternativa, ser mantida a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C).

6.1.7. É permitido utilizar:

a) Um aparelho de medição da pressão atmosférica cuja leitura é utilizada como a pressão atmosférica para uma instalação de ensaio completa que tenha mais de um banco dinamométrico, desde que o equipamento para o ar de admissão mantenha a pressão ambiente do local em que o motor é ensaiado a ± 1 kPa da pressão atmosférica comum;

b) Um dispositivo de medição da humidade para medir a humidade do ar de admissão para uma instalação de ensaio completa que tenha mais de um banco dinamométrico, desde que o equipamento para o ar de admissão mantenha o ponto de orvalho do local em que o motor é ensaiado a ± 0,5 K da medição da humidade comum.

6.2. Motores com arrefecimento do ar de sobrealimentação

a) Deve utilizar-se um sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação com uma capacidade total de admissão de ar representativa da instalação dos motores de produção em funcionamento. Deve ser projetado um sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação de laboratório para minimizar a acumulação de condensado. Qualquer condensado acumulado deve ser drenado e todos os drenos devem ser completamente fechados antes dos ensaios das emissões. Os drenos devem ser mantidos fechados durante o ensaio de emissões. As condições para o fluido de arrefecimento devem ser mantidas do seguinte modo:

   a) Deve ser mantida uma temperatura mínima de 20 °C à entrada do arrefecedor do ar de sobrealimentação durante todo o ensaio;

   b) À velocidade nominal e a plena carga, o caudal do fluido de arrefecimento deve ser regulado de modo a obter uma temperatura do ar a ± 5 °C do valor previsto pelo fabricante para a saída do arrefecedor do ar de sobrealimentação. A temperatura do ar à saída deve ser medida na localização especificada pelo fabricante. Este ponto de regulação do caudal do fluido de arrefecimento deve ser utilizado durante todo o ensaio;

   c) Se o fabricante do motor especificar os limites da perda de pressão através do sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação, há que verificar se a perda de pressão em todo o sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação, nas condições especificadas pelo fabricante para o motor, está dentro do(s) limite(s) por ele especificado(s). A perda de pressão deve ser medida nas localizações especificadas pelo fabricante;

   Quando a MTS definida no ponto 5.2.5.1 é utilizada em vez da velocidade nominal para realizar o ciclo de ensaio, esta velocidade poderá ser utilizada em vez da velocidade nominal para regular a temperatura do ar de sobrealimentação.

   O objetivo é produzir resultados de emissões que sejam representativos do funcionamento em condições de utilização. Se as boas práticas de engenharia indicarem que as especificações do presente ponto resultariam em ensaios não representativos (por exemplo, sobrearrefecimento do ar de admissão), podem ser utilizados pontos de regulação e controlos mais sofisticados da perda de pressão do ar de sobrealimentação, da temperatura do fluido de arrefecimento e do caudal com vista a alcançar mais resultados representativos.

6.3. Potência do motor

6.3.1. Base de medição das emissões

A base de medição das emissões específicas é a potência útil não corrigida, na aceção do artigo 3.º, n.º 23, do Regulamento (UE) 2016/1628.

6.3.2. Dispositivos auxiliares a instalar

Durante o ensaio, os dispositivos auxiliares necessários ao funcionamento do motor devem ser instalados no banco de ensaio em conformidade com os requisitos do apêndice 2.

Se não for possível instalar os dispositivos auxiliares necessários para o ensaio, a potência que absorvem é determinada e subtraída à potência do motor medida.

6.3.3. Dispositivos auxiliares a remover

Alguns dispositivos auxiliares, por definição associados ao funcionamento da máquina móvel não rodoviária e que possam estar instalados no motor, devem ser retirados para a realização do ensaio.

Para os dispositivos auxiliares que não possam ser removidos, a potência que absorvem na condição sem carga pode ser determinada e adicionada à potência do motor medida (ver nota g do quadro do apêndice 2). Se este valor for superior a 3 % da potência máxima à velocidade de ensaio pode ser verificado pelo serviço técnico. A potência absorvida pelos dispositivos auxiliares deve ser usada para ajustar os valores de referência e calcular o trabalho produzido pelo motor durante o ciclo de ensaio em conformidade com o ponto 7.7.1.3 ou o ponto 7.7.2.3.1.

6.3.4. Determinação da potência dos dispositivos auxiliares/equipamento

A potência absorvida pelos dispositivos auxiliares/equipamento apenas precisa de ser determinada, se:

a) Os dispositivos auxiliares/equipamento exigidos de acordo com o apêndice 2 não estiverem montados no motor;

e/ou

b) Estiverem montados no motor dispositivos auxiliares/equipamento não exigidos de acordo com o apêndice 2.

Os valores da potência dos dispositivos auxiliares e o método de medição/cálculo para determinar a potência dos dispositivos auxiliares devem ser apresentados pelo fabricante do motor para toda a gama de funcionamento dos ciclos de ensaio aplicáveis e aprovados pela entidade homologadora.

6.3.5. Trabalho do ciclo do motor

O cálculo do trabalho do ciclo de referência e do ciclo real (ver ponto 7.8.3.4) deve assentar na potência do motor em conformidade com o ponto 6.3.1. Neste caso, P_f e P_r da equação (6-7) são iguais a zero, e P é igual a P_m.

Se os dispositivos auxiliares/equipamento estiverem instalados em conformidade com os pontos 6.3.2 e/ou 6.3.3, a potência por eles absorvida deve ser utilizada para corrigir cada valor instantâneo da potência do ciclo $P_{m,i}$, por meio da equação (6-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (6\text{-}7)$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (6\text{-}8)$$

Em que:

$P_{m,i}$ é a potência medida do motor, em kW

$P_{f,i}$ é a potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamento a instalar para o ensaio, mas que não foram instalados, em kW

$P_{r,i}$ é a potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamento a remover para o ensaio, mas que foram instalados, em kW.

6.4. Ar de admissão do motor

6.4.1. Introdução

Deve ser utilizado o sistema de admissão de ar instalado no motor ou representativo de uma configuração típica em funcionamento. Isto inclui o arrefecimento do ar de sobrealimentação e a recirculação dos gases de escape (EGR).

6.4.2. Restrição da pressão do ar de admissão

Deve ser utilizado um sistema de admissão de ar do motor ou um sistema do laboratório de ensaio que produza uma restrição da pressão de admissão de ar de ± 300 Pa do valor máximo especificado pelo fabricante para um filtro de ar limpo à velocidade nominal e a plena carga. Sempre que tal não seja possível em virtude da conceção do sistema de alimentação de ar do laboratório de ensaio, admite-se uma restrição da pressão que não ultrapasse o valor especificado pelo fabricante para um filtro sujo, sob reserva do acordo prévio do serviço técnico. A pressão diferencial estática da restrição da pressão deve ser medida na localização, e nos pontos de regulação para a velocidade e o binário especificados pelo fabricante. Se o fabricante não indicar uma localização, esta pressão deve ser medida a montante de qualquer ligação do dispositivo de sobrealimentação ou da recirculação dos gases de escape (EGR) ao sistema de admissão de ar.

Quando a MTS definida no ponto 5.2.5.1 é utilizada em vez da velocidade nominal para realizar o ciclo de ensaio, esta velocidade poderá ser utilizada em vez da velocidade nominal para regular a restrição da pressão do ar de admissão.

6.5. Sistema de escape do motor

Deve ser utilizado o sistema de escape instalado no motor ou representativo de uma configuração típica em funcionamento. O sistema de escape deve preencher os requisitos para a recolha de amostras de emissões de escape, tal como previsto no ponto 9.3. Deve ser utilizado um sistema de escape do motor ou um sistema do laboratório de ensaio que produza uma contrapressão estática dos gases de escape de 80 % a 100 % do valor máximo da restrição da pressão dos gases de escape à velocidade nominal e a plena carga. A restrição da pressão dos gases de escape pode ser regulada por uma válvula. Se o valor máximo da restrição da pressão dos gases de escape for de 5 kPa ou inferior, o ponto de regulação não deve ser superior a 1,0 kPa do máximo. Quando a MTS definida no ponto 5.2.5.1 é utilizada em vez da velocidade nominal para realizar o ciclo de ensaio, esta velocidade poderá ser utilizada em vez da velocidade nominal para regular a restrição da pressão dos gases de escape.

6.6. Motor com sistema de pós-tratamento dos gases de escape

Se o motor estiver equipado com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape que não esteja diretamente montado no motor, o tubo de escape deve ter o mesmo diâmetro que o tubo utilizado normalmente ao longo de, pelo menos, quatro diâmetros do tubo a montante da secção de expansão que contém o dispositivo de pós-tratamento. A distância da flange do coletor de escape ou da saída do turbocompressor ao sistema de pós-tratamento dos gases de escape deve ser a mesma que na configuração da máquina móvel não rodoviária, ou estar dentro das especificações do fabricante relativas à distância. Se especificado pelo fabricante, o tubo deve ser isolado a fim de atingir uma temperatura de entrada pós-tratamento de acordo com a especificação do fabricante. Se o fabricante especificar outros requisitos de instalação, estes devem ser igualmente respeitados para a configuração do ensaio. A contrapressão ou a restrição dos gases de escape deve ser definida de acordo com o ponto 6.5. Para os dispositivos de pós-tratamento dos gases de escape cuja restrição da pressão é variável, o valor máximo da restrição da pressão utilizada no ponto 6.5 é definida nas condições de pós-tratamento (nível de rodagem/envelhecimento e regeneração/carga) especificadas pelo fabricante. O alojamento do sistema de pós-tratamento pode ser removido durante os ensaios em branco e durante o mapeamento do motor e substituído por um alojamento equivalente com um suporte catalisador inativo.

As emissões medidas no ciclo de ensaio devem ser representativas das emissões no terreno. Caso um motor equipado com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape exija a utilização de um reagente, o fabricante deve declarar o reagente utilizado para todos os ensaios.

Para os motores das categorias NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB, e ATS equipados com sistemas de pós-tratamento de gases de escape de regeneração infrequente (periódica), tal como descrito no ponto 6.6.2, os resultados das emissões devem ser ajustados a fim de terem em conta os ciclos de regeneração. Neste caso, as emissões médias dependem da frequência do ciclo de regeneração e, logo, da fração de duração dos ensaios durante a qual se processa a regeneração. Os sistemas de pós-tratamento com um processo de regeneração que ocorre de forma permanente ou, pelo menos, uma vez durante o ciclo de ensaio em condições transitórias (NRTC ou LSI-NRTC) ou RMC («regeneração contínua») aplicável, em conformidade com o ponto 6.6.1, não exigem um procedimento de ensaio especial.

6.6.1. Regeneração contínua

No caso de um sistema de pós-tratamento de gases de escape baseado num processo de regeneração contínua, medem-se as emissões com um sistema de pós-tratamento que tenha sido estabilizado de forma a proporcionar um comportamento de emissões repetível. O processo de regeneração deve ocorrer, pelo menos, uma vez durante o LSI-NRTC, NRSC ou NRTC com arranque a quente, e o fabricante deve declarar as condições normais em que se verifica a regeneração (carga de fuligem, temperatura, contrapressão dos gases de escape, etc.). Para demonstrar que o processo de regeneração é contínuo, é necessário realizar pelo menos três ensaios LSI-NRTC, NRSC ou NRTC com arranque a quente. No caso do NRTC com arranque a quente, aquece-se o motor em conformidade com o ponto 7.8.2.1, impregna-se em conformidade com o ponto 7.4.2.1, alínea b), e efetua-se o primeiro ensaio NRTC com arranque a quente.

Os NRTC com arranque a quente subsequentes devem ser iniciados após a impregnação em conformidade com o ponto 7.4.2.1, alínea b). Durante os ensaios, as temperaturas e as pressões dos gases de escape devem ser registadas (temperatura antes e depois do sistema de pós-tratamento dos gases de escape, contrapressão dos gases de escape, etc.). O sistema de pós-tratamento dos gases de escape é considerado satisfatório se as condições declaradas pelo fabricante se verificarem no ensaio durante um período suficiente e os resultados das emissões não apresentarem uma dispersão superior a ± 25 % do valor médio ou 0,005 g/kWh, conforme o que for maior.

6.6.2. Regeneração infrequente

A presente disposição é aplicável apenas aos motores equipados com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape com regeneração infrequente, que normalmente ocorre em menos de 100 horas de funcionamento normal do motor. No caso desses motores, os fatores aditivos ou multiplicativos são determinados para efetuar correções ascendentes ou descendentes, tal como referido no ponto 6.6.2.4 («fator de ajustamento»).

O ensaio e o desenvolvimento de fatores de ajustamento são exigidos apenas para um ciclo de ensaio em condições transitórias (NRTC ou LSI-NRTC) ou RMC. Os fatores desenvolvidos podem ser aplicados aos resultados dos outros ciclos de ensaio aplicáveis, nomeadamente NRSC em modo discreto.

Caso não se encontrem disponíveis fatores de ajustamento dos ensaios com os ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC ou LSI-NRTC) ou RMC, devem estabelecer-se fatores de ajustamento através de um NRSC em modo discreto aplicável. Os fatores desenvolvidos num NRSC em modo discreto são aplicáveis apenas ao NRSC em modo discreto.

Não é necessário realizar ensaios e desenvolver fatores de ajustamento em ambos os NRSC em modos discretos e RMC.

6.6.2.1. Requisito para o estabelecimento de fatores de ajustamento em ensaios NRTC, LSI-NRTC ou RMC

As emissões devem ser medidas durante, pelo menos, três ensaios NRTC LSI-NRTC ou RMC, um com regeneração e dois sem regeneração num sistema de pós-tratamento dos gases de escape estabilizado. O processo de regeneração deve ocorrer, no mínimo, uma vez durante o ensaio NRTC, LSI-NRTC ou RMC com regeneração. Se a regeneração demorar mais do que um ensaio NRTC, LSI-NRTC ou RMC, efetuam-se ensaios NRTC, LSI-NRTC ou RMC sucessivos, continua-se a medir as emissões sem desligar o motor até que a regeneração esteja concluída e calcula-se a média dos ensaios. Se a regeneração for concluída durante um ensaio, o ensaio deve prosseguir até ao fim do seu ciclo.

Determina-se um fator de ajustamento adequado para todo o ciclo aplicável por meio das equações (6-10) a (6-13).

6.6.2.2. Requisito para o estabelecimento de fatores de ajustamento em ensaios NRSC em modo discreto

Começando com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape estabilizado, medem-se as emissões em, pelo menos, três séries de cada modo de ensaio do NRSC com modos discretos aplicável nos quais seja possível preencher as condições para a regeneração, um com e dois sem regeneração. A medição de partículas deve ser realizada utilizando o método dos filtros múltiplos descrito no ponto 7.8.1.2, alínea c). Se a regeneração tiver começado, mas não estiver concluída no final do período de recolha de amostras de um modo de ensaio específico, este período é alargado até à conclusão da regeneração. Se existirem várias séries para o mesmo modo, calcula-se um resultado médio. O processo é repetido para cada modo de ensaio.

Determina-se um fator de ajustamento adequado, utilizando as equações (6-10) a (6-13) para os modos do ciclo aplicável nos quais ocorre regeneração.

6.6.2.3. Procedimento geral para o desenvolvimento de fatores de ajustamento da regeneração infrequente (IRAF)

O fabricante deve declarar as condições normais dos parâmetros em que o processo de regeneração ocorre (carga de fuligem, temperatura, contrapressão dos gases de escape, etc.). O fabricante deve também comunicar a frequência dos ciclos de regeneração em termos de número de ensaios durante os quais se processa a regeneração. O procedimento exato para determinar essa frequência deve ser acordado com a entidade homologadora ou de certificação, com base nas boas práticas de engenharia.

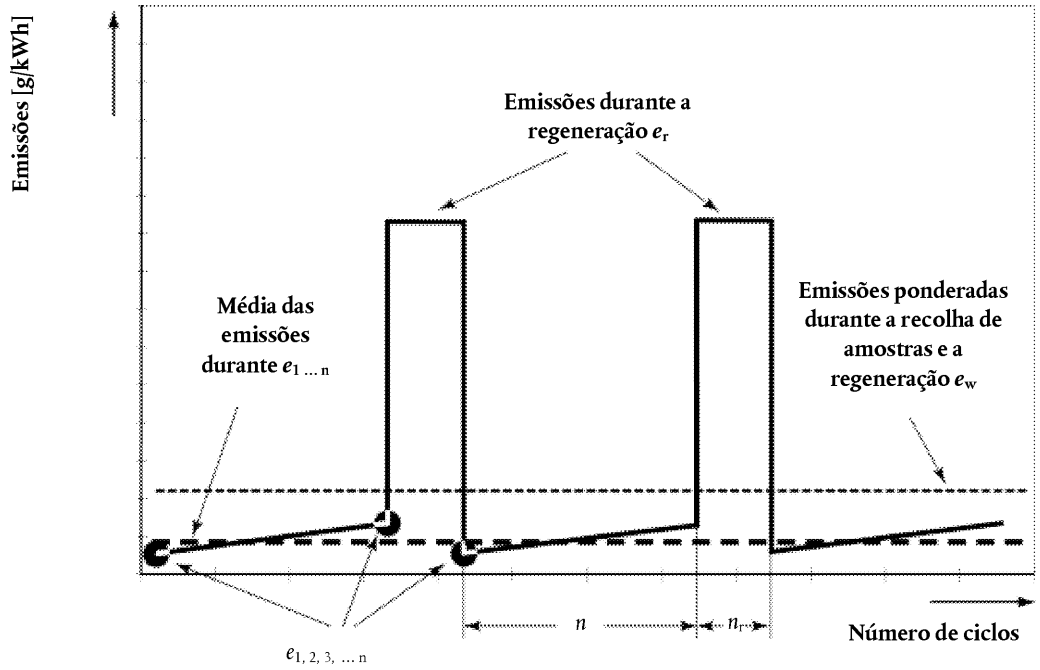
Para um ensaio com regeneração, o fabricante deve fornecer um sistema de pós-tratamento dos gases de escape que tenha sido carregado. A regeneração não deve ocorrer durante essa fase de condicionamento do motor. Em alternativa, o fabricante pode efetuar ensaios sucessivos do ciclo aplicável até o sistema de pós-tratamento dos gases de escape estar carregado. Não é exigida a medição das emissões em todos os ensaios.

As emissões médias entre fases de regeneração devem ser determinadas com base na média aritmética de vários ensaios do ciclo aplicável aproximadamente equidistantes. Recomenda-se a realização de, no mínimo, um ensaio do ciclo aplicável tão próximo quanto possível antes de um ensaio de regeneração e de um ensaio do ciclo aplicável imediatamente após um ensaio de regeneração.

Durante o ensaio de regeneração, todos os dados necessários para detetar a regeneração devem ser registados (emissões de CO ou NO_x, temperatura antes e depois do sistema de pós-tratamento, contrapressão dos gases de escape, etc.). Durante o processo de regeneração, os valores-limite de emissão aplicáveis podem ser ultrapassados. O método de ensaio está representado esquematicamente na figura 6.1.

Figura 6.1

Regime de regeneração infrequente (periódica) com um número *n* de medições e um número n_r de medições durante a regeneração.



O nível médio de emissões específicas relacionadas com os ensaios realizados de acordo com os pontos 6.6.2.1 ou 6.6.2.2 [g/kWh ou #/kWh] deve ser ponderado por meio da equação (6-9) (ver figura 6.1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \qquad (6\text{-}9)$$

Em que:

n é o número de ensaios em que não ocorre regeneração,

n_r é o número de ensaios em que ocorre regeneração (mínimo de um ensaio),

$\bar{e}$ são as emissões específicas médias de um ensaio em que não ocorre regeneração [g/kWh ou #/kWh]

$\bar{e}_r$ são as emissões específicas médias de um ensaio em que ocorre regeneração [g/kWh ou #/kWh]

À escolha do fabricante, e com base em boas práticas de engenharia, o fator de ajustamento da regeneração k_r, que expressa o nível médio de emissões, pode ser calculado de forma multiplicativa ou aditiva para todos os gases poluentes e, se existir um limite aplicável, para PM e PN, por meio das equações (6-10) a (6-13):

Multiplicativa

$$k_{ru,m} = \frac{e_w}{e} \quad \text{(fator de ajustamento ascendente)} \quad (6\text{-}10)$$

$$k_{rd,m} = \frac{e_w}{e_r} \quad \text{(fator de ajustamento descendente)} \quad (6\text{-}11)$$

Aditiva

$$k_{ru,a} = e_w - e \quad \text{(fator de ajustamento ascendente)} \quad (6\text{-}12)$$

$$k_{rd,a} = e_w - e_r \quad \text{(fator de ajustamento descendente)} \quad (6\text{-}13)$$

6.6.2.4. Aplicação de fatores de ajustamento

Os fatores de ajustamento ascendente são multiplicados ou adicionados aos níveis de emissões medidos em todos os ensaios em que a regeneração não ocorre. Os fatores de ajustamento descendente são multiplicados ou adicionados aos níveis de emissões medidos em todos os ensaios em que a regeneração ocorre. A ocorrência da regeneração deve ser identificada de uma forma que seja facilmente evidente durante todos os ensaios. Não tendo sido identificada qualquer regeneração, deve ser aplicado o fator de ajustamento ascendente.

Remetendo para o anexo VII e o apêndice 5 do anexo VII sobre os cálculos das emissões específicas ao freio, o fator de ajustamento da regeneração:

a) Sempre que estabelecido para um ciclo ponderado completo, é aplicado aos resultados dos NRTC, LSI-NRTC e NRSC ponderados aplicáveis;

b) Sempre que estabelecido especificamente para os modos individuais do NRSC em modo discreto aplicável, é aplicado aos resultados dos modos do NRSC em modo discreto aplicável nos quais ocorre regeneração antes do cálculo do resultado ponderado das emissões do ciclo. Neste caso, deve utilizar-se o método dos filtros múltiplos para a medição das partículas;

c) Pode ser alargado a outros membros da mesma família de motores;

d) Pode ser alargado a outras famílias de motores na mesma família de motores-sistemas de pós-tratamento, tal como definido no anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656, mediante autorização prévia da entidade homologadora, baseada em elementos técnicos a fornecer pelo fabricante relativos à similitude das emissões.

Aplicam-se as seguintes opções:

a) Um fabricante pode optar por omitir fatores de ajustamento para uma ou mais das suas famílias de motores (ou configurações), por o efeito da regeneração ser diminuto ou por não ser prático identificar quando ocorrem as regenerações. Nestes casos, não se utiliza qualquer fator de ajustamento e o fabricante é responsável pela conformidade com os limites de emissões para todos os ensaios, independentemente de a regeneração ocorrer ou não;

b) A pedido do fabricante, a entidade homologadora pode ter em conta os ciclos de regeneração de forma diferente da prevista na alínea a). No entanto, esta opção só é válida para acontecimentos que ocorram com uma ínfima frequência e que não podem ser resolvidos na prática com recurso aos fatores de ajustamento descritos na alínea a).

6.7. Sistema de arrefecimento

Deve utilizar-se um sistema de arrefecimento do motor com capacidade suficiente para manter o motor, o ar de admissão, o óleo, o agente de arrefecimento, o bloco e a cabeça do motor às temperaturas normais de funcionamento prescritas pelo fabricante. Podem utilizar-se refrigeradores e ventoinhas auxiliares de laboratório.

6.8. Óleo lubrificante

O óleo lubrificante deve ser especificado pelo fabricante e ser representativo do óleo lubrificante disponível no mercado; as especificações do óleo lubrificante utilizado para o ensaio devem ser registadas e apresentadas com os resultados do ensaio.

6.9. Especificações do combustível de referência

Os combustíveis de referência a utilizar no ensaio são especificados no anexo IX.

A temperatura do combustível deve ser conforme às recomendações do fabricante. A temperatura do combustível deve ser medida à entrada da bomba de injeção de combustível ou conforme especificado pelo fabricante, registando-se o local de medição.

6.10. Emissões do cárter

O presente ponto é aplicável aos motores das categorias NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB, e ATS que cumprem os limites de emissão da fase V estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628.

As emissões do cárter que são descarregadas diretamente para a atmosfera ambiente devem ser acrescentadas às emissões de escape (física ou matematicamente) durante todos os ensaios de emissões.

Os fabricantes que façam uso desta exceção devem instalar os motores por forma a que todas as emissões do cárter possam ser encaminhadas para o sistema de recolha de amostras das emissões. Para efeitos do presente ponto, as emissões do cárter que são encaminhadas para os gases de escape a montante do sistema de pós-tratamento das emissões de escape durante todo o funcionamento não são consideradas como sendo descarregadas diretamente para a atmosfera ambiente.

As emissões do cárter devem ser encaminhadas para o sistema de escape, para medição das emissões, do seguinte modo:

a) A tubagem deve ser lisa, feita de materiais condutores de eletricidade que não reajam com as emissões do cárter. Os tubos devem ser tão curtos quanto possível;

b) Os tubos utilizados no laboratório para recolher as emissões do cárter devem apresentar o mínimo de curvas possível e, quando estas forem inevitáveis, o raio de qualquer curvatura deve ser tão grande quanto possível;

c) Os tubos utilizados no laboratório para recolher as emissões do cárter devem cumprir as especificações do fabricante do motor para a contrapressão do cárter;

d) A tubagem de escape do cárter deve estar ligada aos gases de escape brutos a jusante de qualquer sistema de pós-tratamento dos gases de escape, a jusante de qualquer restrição de emissões gases de escape instalada e suficientemente a montante de quaisquer sondas de recolha de amostras para assegurar a mistura completa com o sistema de pós-tratamento dos gases de escape do motor antes da recolha de amostras. O tubo de escape do cárter deve penetrar na corrente livre do sistema de escape, para evitar efeitos de camada-limite e facilitar a mistura. A saída do tubo de escape do cárter pode estar orientada em qualquer direção, relativamente ao fluxo dos gases de escape brutos.

7. Procedimentos de ensaio

7.1. Introdução

O presente capítulo descreve o método de determinação das emissões de gases e de partículas poluentes específicas ao freio dos motores a ensaiar. O motor a ensaiar deve ser a configuração do motor precursor para a família de motores, conforme especificado no anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

Um ensaio de emissões em laboratório consiste na medição das emissões e de outros parâmetros dos ciclos de ensaio especificados no anexo XVII. São tratados os seguintes elementos:

a) Configurações do laboratório para medir as emissões (ponto 7.2);

b) Procedimentos de verificação pré-ensaio e pós-ensaio (ponto 7.3);

c) Os ciclos de ensaio (ponto 7.4);

d) A sequência geral do ensaio (ponto 7.5);

e) O mapeamento do motor (ponto 7.6);

f) A geração do ciclo de ensaio (ponto 7.7);

g) O procedimento específico para realizar o ciclo de ensaio (ponto 7.8).

7.2. Princípio da medição das emissões

Para a medição das emissões específicas ao freio, o motor deve efetuar os ciclos de ensaio definidos no ponto 7.4, conforme aplicável. A medição das emissões específicas ao freio exige a determinação da massa dos poluentes presentes nas emissões de escape (ou seja, HC, CO, NO_x e partículas), o número de partículas nas emissõe de escape (ou seja, PN), a massa de CO_2 nos gases de escape e o correspondente trabalho do motor.

7.2.1. Massa dos constituintes

A massa total de cada constituinte deve ser determinada durante o ciclo de ensaio aplicável utilizando os seguintes métodos:

7.2.1.1. Recolha de amostras em contínuo

Na recolha de amostras em contínuo, a concentração de cada constituinte é medida continuamente a partir dos gases de escape brutos ou diluídos. Esta concentração é multiplicada pelo caudal contínuo dos gases de escape (brutos ou diluídos) no ponto de recolha das amostras de emissões para determinar o caudal mássico dos constituintes. A emissão do constituinte é continuamente somada durante o intervalo de ensaio. Esta soma corresponde à massa total do constituinte emitido.

7.2.1.2. Recolha de amostras por lote

Na recolha de amostras por lote, uma amostra de gases de escape brutos ou diluídos é continuamente extraída e armazenada para posterior medição. A amostra extraída deve ser proporcional ao caudal dos gases de escape brutos ou diluídos. Exemplos de recolha de amostras por lote são a recolha de emissões gasosas diluídas num saco e a recolha de partículas num filtro. Em princípio, o método de cálculo das emissões é o seguinte: as concentrações recolhidas através de recolha de amostras por lote são multiplicadas pela massa total ou pelo caudal mássico dos gases de escape (brutos ou diluídos) de onde foram extraídas durante o ciclo de ensaio. Este produto corresponde à massa total ou ao caudal mássico do constituinte emitido. Para calcular a concentração de partículas, a quantidade de partículas depositadas num filtro, a partir dos gases de escape extraídos proporcionalmente, deve ser dividida pela quantidade dos gases de escape filtrados.

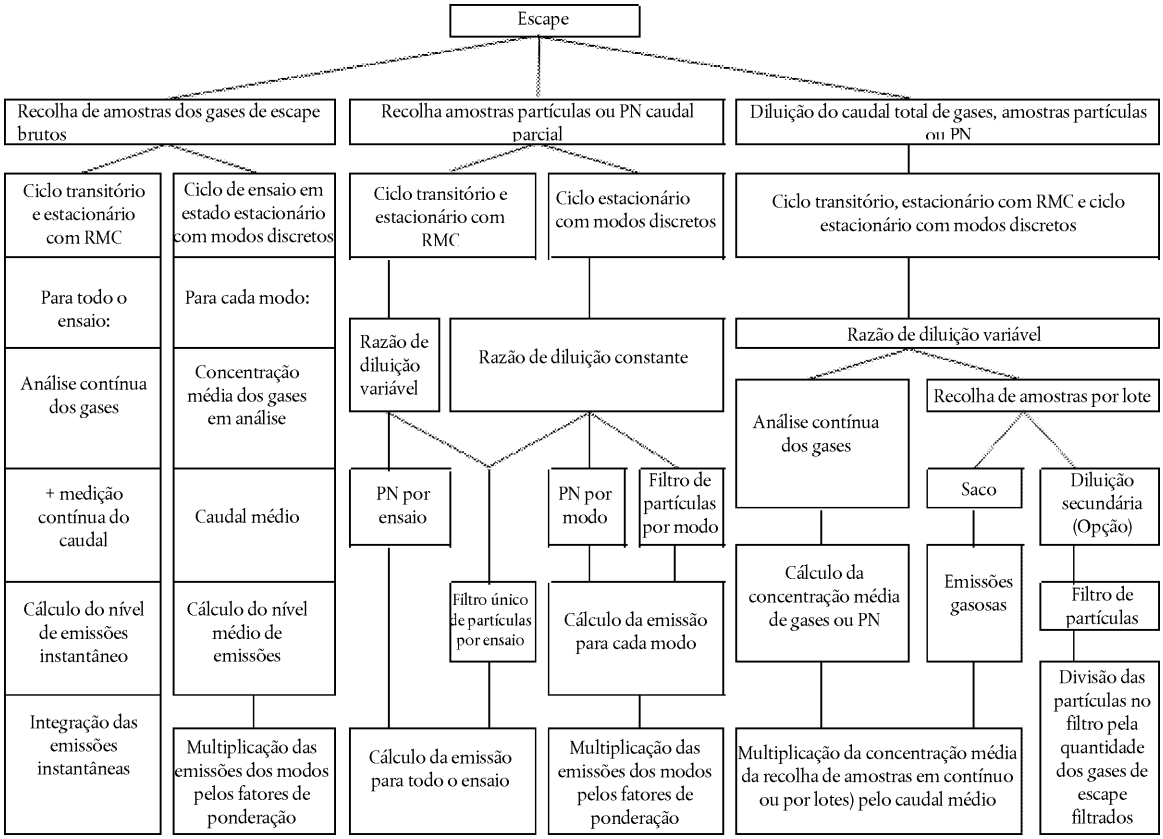
7.2.1.3. Recolha de amostras combinada

Qualquer combinação de recolha de amostras em contínuo e por lote é autorizada (p. ex., recolha de amostras por lote para as partículas e amostragem em contínuo para as emissões de gases).

A figura 6.2 ilustra as duas vertentes dos procedimentos de ensaio para a medição das emissões: Os equipamentos com as linhas de recolha de amostras de gases de escape brutos ou diluídos e as operações requeridas para calcular as emissões de poluentes nos ciclos de ensaio em condições estacionárias e transitórias.

Figura 6.2

Procedimentos de ensaio para a medição das emissões



Nota sobre a figura 6.2: O termo «recolha de amostras de partículas do caudal parcial» inclui a diluição do caudal parcial para extrair unicamente os gases de escape brutos a uma razão de diluição constante ou variável.

7.2.2. Determinação do trabalho

O trabalho determina-se durante o ciclo de ensaio multiplicando de forma síncrona os valores da velocidade e do binário ao freio para calcular os valores instantâneos da potência ao freio. A potência do motor ao freio deve ser integrada durante o ciclo de ensaio para determinar o trabalho total.

7.3. Verificação e calibração

7.3.1. Procedimentos prévios ao ensaio

7.3.1.1. Pré-condicionamento

Para obter condições estáveis, o sistema de recolha de amostras e o motor devem ser pré-condicionados antes de iniciar a sequência de ensaio, tal como especificado no presente ponto.

O pré-condicionamento do motor tem como objetivo lograr a representatividade das emissões e o controlo das emissões ao longo do ciclo de funcionamento, bem como reduzir o enviesamento a fim de satisfazer condições estáveis para o ensaio de emissões seguinte.

As emissões podem ser medidas durante os ciclos de pré-condicionamento, desde que seja realizado um número pré-definido de ciclos de pré-condicionamento e o sistema de medição tenha começado de acordo com os requisitos do ponto 7.3.1.4. A quantidade de pré-condicionamento deve ser identificada pelo fabricante do motor antes do início do pré-condicionamento. O pré-condicionamento deve ser realizado do modo a seguir indicado, salientando-se que os ciclos específicos do pré-condicionamento são os aplicáveis aos ensaios de emissões.

7.3.1.1.1. Pré-condicionamento para o ensaio com arranque a frio do NRTC

Pré-condiciona-se o motor realizando pelo menos um NRTC com arranque a quente. Imediatamente após a conclusão de cada ciclo de pré-condicionamento, o motor é desligado e conclui-se o período de impregnação a quente com o motor desligado. Imediatamente após a conclusão do último ciclo de pré--condicionamento, o motor é desligado e dá-se início ao arrefecimento do motor descrito no ponto 7.3.1.2.

7.3.1.1.2. Pré-condicionamento para o ensaio com arranque a quente do NRTC ou LSI-NRTC

O presente ponto descreve o pré-condicionamento a aplicar sempre que se tencione recolher amostras de emissões do ensaio com arranque a quente do NRTC sem realizar o ensaio com arranque a frio do NRTC, ou para o LSI-NRTC. Pré-condiciona-se o motor realizando pelo menos um LSI-NRTC ou NRTC com arranque a quente, conforme aplicável. Imediatamente após a conclusão de cada ciclo de pré-condicionamento, o motor é desligado e o ciclo seguinte tem início logo que possível. Recomenda-se que o ciclo de pré-condicionamento seguinte tenha início no prazo de 60 segundos após a conclusão do ciclo de pré--condicionamento anterior. Se for caso disso, na sequência do último ciclo de pré-condicionamento, aplica--se o período de impregnação a quente (NRTC com arranque a quente) ou arrefecimento (LSI-NRTC) adequado previamente ao arranque do motor para o ensaio das emissões. Caso não se aplique nenhum período de impregnação a quente ou arrefecimento, recomenda-se que o ensaio das emissões tenha início 60 segundos após a conclusão do último ciclo de pré-condicionamento.

7.3.1.1.3. Pré-condicionamento para o ciclo NRSC em modo discreto

No que se refere às categorias de motores que não NRS e NRSh, o motor deve ser aquecido e posto a funcionar até as respetivas temperaturas (líquido de arrefecimento e lubrificante) terem sido estabilizadas à velocidade a 50 % e a 50 % do binário para qualquer ciclo de ensaio NRSC em modo discreto que não os dos tipos D2, E2 ou G, ou à velocidade nominal do motor e 50 % do binário durante qualquer ciclo de ensaio NRSC em modo discreto dos tipos D2, E2 ou G. A velocidade a 50 % é calculada em conformidade com o ponto 5.2.5.1 no caso de um motor no qual se utilize a MTS para a geração das velocidades de ensaio, e calculada em conformidade com o ponto 7.7.1.3 em todos os outros casos. Define-se 50 % do binário como 50 % do binário máximo disponível a esta velocidade. O ensaio das emissões deve ter início sem paragem do motor.

Para as categorias de motores NRS e NRSh, deve aquecer-se o motor de acordo com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia. Antes de a recolha de amostras das emissões poder começar, o motor deve funcionar no modo 1 do ciclo de ensaio adequado até as respetivas temperaturas terem sido estabilizadas. O ensaio das emissões deve ter início sem paragem do motor.

7.3.1.1.4. Pré-condicionamento para RMC

O fabricante do motor deve selecionar uma das sequências de pré-condicionamento seguintes, a) ou b). O motor deve ser pré-condicionado de acordo com a sequência escolhida.

a) O motor deve ser pré-condicionado sendo posto a funcionar durante, pelo menos, a segunda metade do ciclo com rampas de transição, com base no número de modos de ensaio. O motor não deve ser desligado entre os ciclos. Imediatamente após a conclusão de cada ciclo de pré-condicionamento, o ciclo seguinte (incluindo o ensaio das emissões) tem início logo que possível. Se possível, recomenda-se que o ciclo seguinte tenha início no prazo de 60 segundos após a conclusão do ciclo de pré-condicionamento anterior.

b) O motor deve ser aquecido e posto a funcionar até as respetivas temperaturas (líquido de arrefecimento e lubrificante) terem sido estabilizadas à velocidade a 50 % e a 50 % do binário para qualquer ciclo de ensaio RMC que não os dos tipos D2, E2 ou G, ou à velocidade nominal do motor e a 50 % do binário durante qualquer ciclo de ensaio RMC dos tipos D2, E2 ou G. A velocidade a 50 % é calculada em conformidade com o ponto 5.2.5.1 no caso de um motor no qual se utilize a MTS para a geração das velocidades de ensaio, e calculada em conformidade com o ponto 7.7.1.3 em todos os outros casos. Define-se 50 % do binário como 50 % do binário máximo disponível a esta velocidade.

7.3.1.1.5. Arrefecimento do motor (NRTC)

Pode ser aplicado um procedimento de arrefecimento natural ou forçado. Para um arrefecimento forçado, devem utilizar-se as boas práticas de engenharia para criar sistemas que enviem ar de arrefecimento para o motor, e óleo frio através do sistema de lubrificação do motor, que removam o calor do fluido de arrefecimento através do sistema de arrefecimento do motor e que retirem o calor de um sistema de pós-tratamento dos gases de escape. No caso de arrefecimento forçado do sistema de pós-tratamento de gases de escape, o ar de arrefecimento não deve ser aplicado antes de a temperatura do sistema de pós-tratamento ter descido abaixo da temperatura de ativação catalítica. Não são autorizados procedimentos que conduzam a emissões não representativas.

7.3.1.2. Verificação da contaminação por HC

Se houver qualquer presunção de uma contaminação essencial do sistema de medição dos gases de escape por HC, verifica-se a contaminação por HC com gás de colocação a zero, podendo o eventual problema ser em seguida corrigido. Se amplitude da contaminação do sistema de medição e o sistema de HC de fundo tiverem de ser verificados, essa verificação deve ser efetuada no prazo de 8 horas a contar do início de cada ciclo de ensaio. Os valores devem ser registados para posterior correção. Antes desta verificação, deve verificar-se a estanquidade e calibrar-se o analisador FID.

7.3.1.3. Preparação do equipamento de medição para a recolha de amostras

Devem ser tomadas as seguintes medidas antes do início da recolha de amostras das emissões:

a) Devem efetuar-se verificações de estanquidade no prazo de 8 horas antes da recolha de amostras de emissões, em conformidade com o ponto 8.1.8.7;

b) Para a recolha de amostras por lote, devem ser ligados ao sistema de recolha de amostras meios de armazenamento limpos, tais como sacos sem ar ou filtros previamente pesados;

c) Todos os instrumentos de medição devem ser postos a funcionar de acordo com as instruções do seu fabricante e as boas práticas de engenharia;

d) Os sistemas de diluição, as bombas de recolha de amostras, as ventoinhas de arrefecimento e o sistema de recolha de dados devem ser colocados em funcionamento;

e) Os caudais das amostras devem ser regulados aos níveis desejados, utilizando um caudal derivado, se assim for desejado;

f) Os permutadores de calor no sistema de recolha de amostras devem ser pré-aquecidos ou pré-arrefecidos até às respetivas gamas de temperatura de funcionamento previstas para o ensaio;

g) É permitido estabilizar os componentes aquecidos ou arrefecidos, tais como condutas de recolha de amostras, filtros, refrigeradores e bombas, às respetivas temperaturas de funcionamento;

h) Liga-se o caudal do sistema de diluição dos gases de escape pelo menos 10 minutos antes de uma sequência de ensaio;

i) Realiza-se a calibração dos analisadores de gases e a regulação do zero dos analisadores contínuos de acordo com o procedimento do ponto 7.3.1.4 a seguir;

j) Todos os dispositivos eletrónicos de integração devem ser colocados ou recolocados a zero, antes do início de qualquer intervalo de ensaio.

7.3.1.4. Calibração dos analisadores de gases

Selecionam-se as gamas de medição adequadas para os analisadores de gases. São permitidos os analisadores de emissões com comutador de gamas automático ou manual. Durante um ensaio com RMC ou um ensaio NRTC e durante um período de recolha de amostras de uma emissão gasosa no final de cada modo de ensaio com modos discretos, a gama dos analisadores de emissões não pode ser comutada. Do mesmo modo, o valor dos ganhos do amplificador ou amplificadores operacionais analógicos do analisador não pode ser alterado durante o ciclo de ensaio.

Todos os analisadores contínuos devem ser colocados a zero e calibrados utilizando gases internacionalmente rastreáveis que cumpram as especificações do ponto 9.5.1. Os analisadores FID devem ser calibrados numa base de carbono 1 (C_1).

7.3.1.5. Pré-condicionamento do filtro de partículas e pesagem da tara

Os procedimentos para o pré-condicionamento do filtro de partículas e a pesagem da tara devem cumprir o disposto no ponto 8.2.3.

7.3.2. Procedimentos pós-ensaio

Devem ser tomadas as seguintes medidas após terminar a recolha de amostras das emissões:

7.3.2.1. Verificação da recolha proporcional de amostras

Para qualquer amostra proporcional por lote, como uma amostra de saco ou amostra de partículas, deve verificar-se que a recolha proporcional de amostras foi mantida em conformidade com o ponto 8.2.1. Para o método do filtro único e o ciclo de ensaio em estado estacionário em modo discreto, calcula-se o fator de ponderação efetivo das partículas. Qualquer amostra que não cumpra os requisitos do ponto 8.2.1 é anulada.

7.3.2.2. Condicionamento e pesagem das partículas após o ensaio

Os filtros de partículas usados devem ser colocados em recipientes cobertos ou selados ou os porta-filtros fechados, a fim de proteger os filtros de recolha de amostras da contaminação ambiente. Assim protegidos, os filtros carregados devem ser levados de novo para a câmara ou a sala de condicionamento dos filtros de partículas. Em seguida, os filtros de recolha de amostras de partículas devem ser condicionados e pesados em conformidade com ponto 8.2.4. (Procedimentos de pós-condicionamento do filtro de partículas e pesagem total).

7.3.2.3. Análise das amostras de gases recolhidas por lote

Logo que possível, devem ser efetuadas as operações seguintes:

a) Todos os analisadores de gases recolhidos por lote devem ser colocados a zero e a sua sensibilidade regulada o mais tardar 30 minutos após a conclusão do ciclo de ensaio ou durante o período de impregnação, se praticável, com vista a verificar se os analisadores de gases continuam estáveis;

b) Os lotes de amostras gasosas convencionais devem ser analisados o mais tardar 30 minutos após a conclusão do ciclo de ensaio com arranque a quente ou durante o período de impregnação;

c) As amostras de concentrações de fundo devem ser analisadas o mais tardar 60 minutos após a conclusão do ciclo de ensaio com arranque a quente.

7.3.2.4. Verificação da deriva

Após quantificar os gases de escape, verifica-se a deriva do seguinte modo:

a) Para os analisadores de gases por lote e contínuos, regista-se o valor médio do analisador após estabilização do analisador com um gás de colocação a zero. A estabilização pode incluir o tempo para purgar o analisador de qualquer amostra de gás, bem como qualquer tempo adicional de resposta do analisador;

b) Regista-se o valor médio do analisador após estabilização do gás de regulação da sensibilidade no analisador. A estabilização pode incluir o tempo para purgar o analisador de qualquer amostra de gás, bem como qualquer tempo adicional de resposta do analisador;

c) Usam-se estes dados para validar e corrigir a deriva, tal como descrito no ponto 8.2.2.

7.4. Ciclos de ensaio

O ensaio de homologação UE deve ser realizado através do NRSC adequado e, se for caso disso, do NRTC ou LSI-NRTC, especificados no artigo 23.º e no anexo IV do Regulamento (UE) 2016/1628. As características e especificações técnicas dos ciclos de ensaio NRSC, NRTC e LSI-NRTC encontram-se estabelecidas no anexo XVII e o método de determinação das regulações da carga e da velocidade destes ciclos no ponto 5.2.

7.4.1. Ciclos de ensaio em estado estacionário

Os ciclos de ensaio em estado estacionário são especificados nos apêndices 1 e 2 do anexo XVII como uma lista de modos discretos (pontos de funcionamento), em que cada ponto de funcionamento tem um valor para a velocidade e um valor para o binário. Mede-se um ciclo de ensaio em estado estacionário com um motor aquecido em funcionamento de acordo com as especificações do fabricante. Ao critério do fabricante, um ciclo de ensaio em estado estacionário pode ser realizado com modos discretos ou com rampas de transição, tal como explicado nos pontos 7.4.1.1 e 7.4.1.2. Não é obrigatório realizar um ensaio das emissões de acordo com ambos os pontos 7.4.1.1 e 7.4.1.2.

7.4.1.1. NRSC em modo discreto

Os ciclos com rampas de transição (RMC) são ciclos de funcionamento a quente em que as emissões começam a ser medidas após o arranque, o aquecimento e o funcionamento do motor, tal como especificado no ponto 7.8.1.2. Cada ciclo é constituído por um número de modos de velocidade e carga (com o respetivo fator de ponderação para cada modo) que abrangem a gama de funcionamento típica da categoria de motores especificada.

7.4.1.2. NRSC com rampas de transição

Os ciclos com rampas de transição (RMC) são ciclos de funcionamento a quente em que as emissões começam a ser medidas após o arranque, o aquecimento e o funcionamento do motor, tal como especificado no ponto 7.8.2.1. O motor deve ser continuamente controlado pela unidade de controlo do banco de ensaio durante o ciclo de ensaio RMC. As emissões gasosas e de partículas devem ser medidas e as amostras recolhidas em contínuo durante o ciclo de ensaio RMC da mesma forma que no ciclo em condições transitórias.

O RMC destina-se a proporcionar um método para a realização de um ensaio em estado estacionário em condições pseudotransitórias. Cada ciclo RMC consiste numa série de modos em estado estacionário com uma transição linear entre eles. O tempo total relativo em cada modo e a respetiva transição anterior correspondem à ponderação dos ciclos em estado estacionário com modos discretos. A variação da velocidade e da carga do motor de um modo para o outro deve ser controlada linearmente em 20 ± 1 segundos. A variação do tempo no modo faz parte do novo método (incluindo o primeiro modo). Em alguns casos, a sequência dos modos não é a mesma dos ciclos em estado estacionário com modos discretos ou são separados a fim de evitar variações extremas da temperatura.

7.4.2. Ciclos de ensaio em condições transitórias

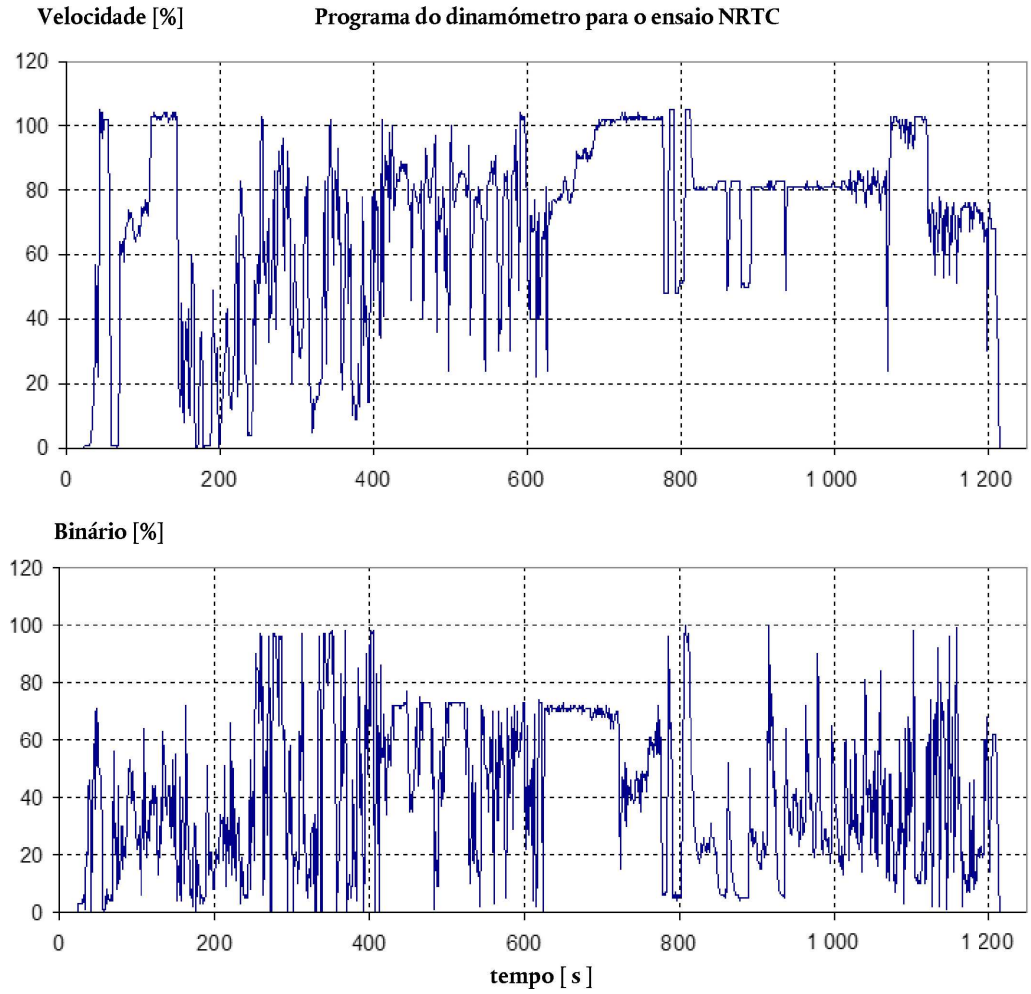
O ciclo de ensaio não rodoviário em condições transitórias (NRTC) e o ciclo NRTC em grandes motores de ignição comandada (LSI-NRTC) estão descritos no apêndice 3 do anexo XVII como uma sequência segundo-a-segundo de valores normalizados de velocidade e de binário. Para realizar o ensaio num banco de ensaio de motores, convertem-se os valores normalizados nos seus valores de referência equivalentes para o motor em ensaio, com base nos valores de velocidade e de binário específicos identificados na curva de mapeamento do motor. Essa conversão é referida como desnormalização, e o ciclo de ensaio resultante é o ciclo de ensaio NRTC ou LSI-NRTC de referência do motor a ensaiar (ver ponto 7.7.2).

7.4.2.1. Sequência de ensaio para NRTC

Na figura 6.3 mostra-se uma representação gráfica do programa do dinamómetro para o NRTC normalizado.

Figura 6.3

Programa do dinamómetro normalizado para o NRTC



O ciclo de ensaio em condições transitórias deve ser executado duas vezes após a conclusão do pré-condicionamento (ver ponto 7.3.1.1.1) em conformidade com o seguinte procedimento:

a) O arranque a frio depois de o motor e os sistemas de pós-tratamento terem arrefecido até à temperatura ambiente após o arrefecimento natural do motor, ou o arranque a frio após o arrefecimento forçado e as temperaturas do motor, do fluido de arrefecimento e do óleo, dos sistemas de pós-tratamento e de todos os dispositivos de controlo do motor estarem estabilizadas entre 293 K e 303 K (20 °C e 30 °C). A medição das emissões em condições de arranque a frio deve ser iniciada com o arranque do motor frio;

b) O período de impregnação a quente começa imediatamente após a conclusão do ensaio com arranque a frio. Desliga-se e condiciona-se o motor para o ensaio com arranque a quente utilizando um período de 20 ± 1 minutos de impregnação;

c) O arranque a quente deve ser iniciado imediatamente após o período de impregnação com o arranque do motor. Os analisadores de gases devem ser ligados pelo menos 10 segundos antes do final do período de impregnação, a fim de evitar picos de sinal devidos à ligação. A medição das emissões deve ser iniciada em paralelo com o início da fase de arranque a quente, incluindo o arranque do motor propriamente dito.

As emissões específicas ao freio, expressas em g/kWh, devem ser determinadas utilizando os procedimentos estabelecidos no presente ponto para os ciclos de ensaio com arranque a frio e com arranque a quente. As emissões compostas ponderadas são calculadas aplicando-se uma ponderação de 10 % aos resultados do arranque a frio e de 90 % aos do arranque a quente, tal como explicado em pormenor no anexo VII.

7.4.2.2. Sequência de ensaio para LSI-NRTC

O LSI-NRTC deve ser executado uma vez como ensaio com arranque a quente após a conclusão do pré-condicionamento (ver ponto 7.3.1.1.2) em conformidade com o seguinte procedimento:

a) O motor é posto a funcionar e operado durante os primeiros 180 segundos do ciclo de funcionamento, funcionando subsequentemente em marcha lenta sem carga durante 30 segundos. As emissões não devem ser medidas durante esta sequência de aquecimento.

b) No final do período em marcha lenta sem carga de 30 segundos, deve começar a medição das emissões e o motor deve funcionar durante todo o ciclo de funcionamento desde o início (tempo 0 segundos).

As emissões específicas ao freio expressas em g/kWh são determinadas utilizando os procedimentos do anexo VII.

Se o motor já se encontrar em funcionamento antes do ensaio, devem utilizar-se boas práticas de engenharia para deixar que o motor arrefeça suficientemente para que as emissões medidas representem com exatidão as de um motor posto a funcionar à temperatura ambiente. Por exemplo, se um motor posto a funcionar à temperatura ambiente aquecer suficientemente em três minutos para dar início ao funcionamento em circuito fechado e atingir a atividade total do catalisador, é necessário um arrefecimento mínimo do motor antes do início do ensaio seguinte.

Com o acordo prévio do serviço técnico, o procedimento de aquecimento do motor pode incluir, no máximo, 15 minutos de funcionamento ao longo do ciclo de funcionamento.

7.5. Sequência geral do ensaio

Para medir as emissões dos motores executam-se as seguintes operações:

a) As velocidades e as cargas de ensaio para o motor têm de ser definidas para o motor a ensaiar mediante medição do binário máximo (para os motores de velocidade constante) ou da curva do binário máximo (para os motores de velocidade variável) em função da velocidade do motor;

b) Os ciclos de ensaio normalizados devem ser desnormalizados com o binário (para os motores de velocidade constante) ou as velocidades e os binários (para os motores de velocidade variável) definidos na alínea a) do ponto 7.5;

c) O motor, os equipamentos e os instrumentos de medição devem ser previamente preparados para o seguinte ensaio ou série de ensaios de emissões (ensaios a frio e a quente);

d) Executam-se os procedimentos prévios ao ensaio para verificar o correto funcionamento de certos equipamentos e dos analisadores. Todos os analisadores devem ser calibrados. Todos os dados do pré-ensaio devem ser registados;

e) Faz-se arrancar o motor (NRTC) ou mantém-se o motor em funcionamento (ciclos em estado estacionário e LSI-NRTC) no início do ciclo de ensaio e põem-se os sistemas de recolha de amostras em funcionamento ao mesmo tempo;

f) Medem-se ou registam-se as emissões e outros parâmetros exigidos durante o tempo de amostragem (para os ciclos NRTC, LSI-NRTC e RMC durante todo o ciclo de ensaio);

g) Executam-se os procedimentos pós-ensaio para verificar o correto funcionamento de certos equipamentos e dos analisadores;

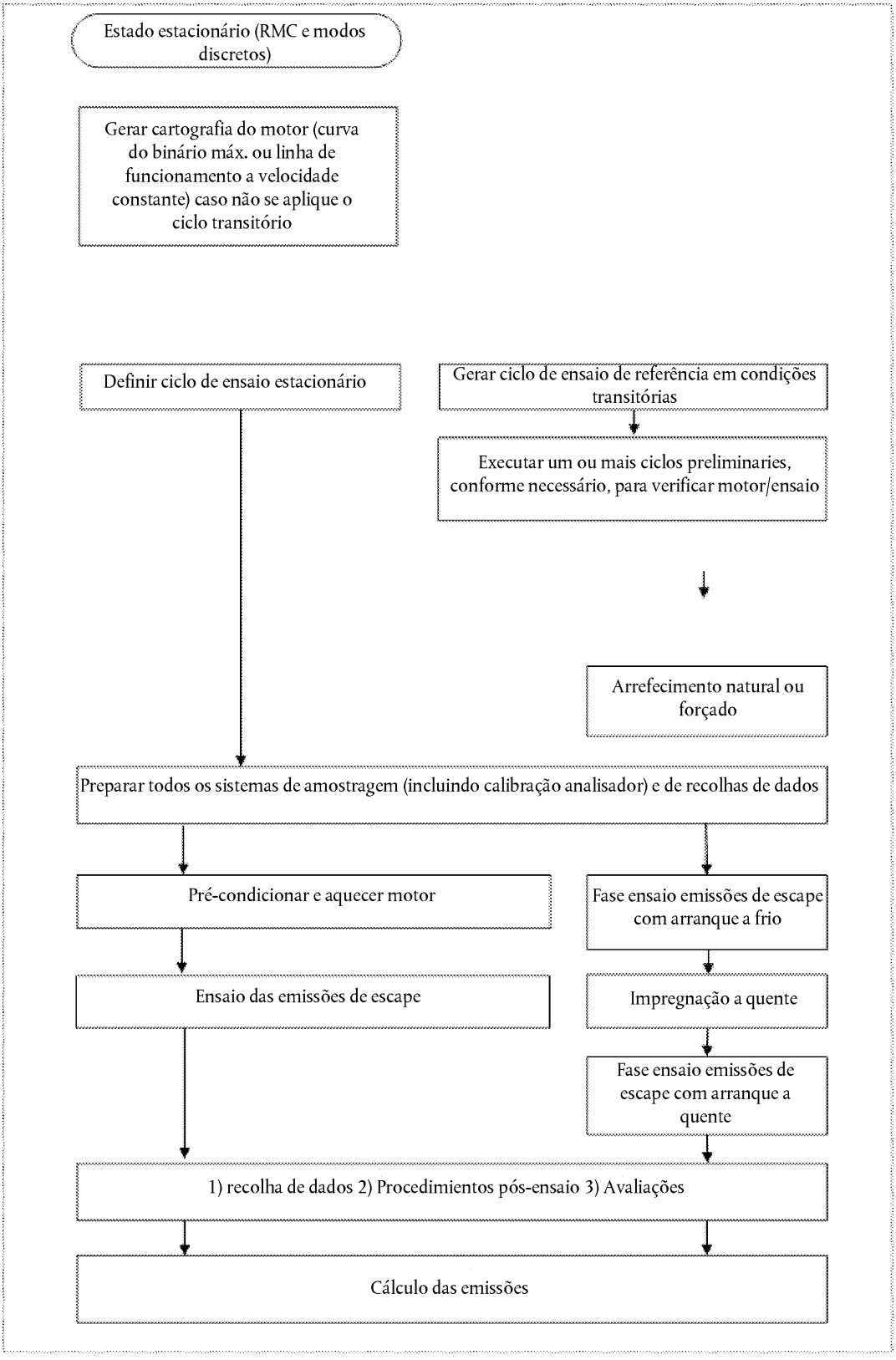
h) Pré-condiciona-se, pesa-se (massa em vazio), carrega-se, recondiciona-se, pesa-se novamente (massa com carga) o(s) filtro(s) de partículas e, em seguida, avaliam-se as amostras em conformidade com os procedimentos pré-ensaio (ponto 7.3.1.5) e pós-ensaio (ponto 7.3.2.2);

i) Avaliam-se os resultados dos ensaios das emissões.

A figura 6.4 oferece uma panorâmica dos procedimentos necessários à realização dos ciclos de ensaio NRMM com medição das emissões dos gases de escape do motor.

Figura 6.4

Sequência de ensaio



7.5.1. Primeiro arranque do motor e arranques seguintes

7.5.1.1. Arranque do motor

Faz-se arrancar o motor:

a) Tal como recomendado no manual de utilização, recorrendo a um motor de arranque de série ou a um sistema de arranque pneumático e a uma bateria devidamente carregada ou a uma fonte de alimentação elétrica apropriada ou a uma fonte de ar comprimido adequada; ou

b) Recorrendo ao dinamómetro para fazer rodar o motor até este arrancar. Geralmente faz-se rodar o motor a ± 25 % da sua velocidade característica de arranque em serviço ou faz-se arrancar o motor aumentando linearmente a velocidade do dinamómetro de zero a 100 min^{-1} abaixo da velocidade baixa de marcha lenta sem carga, mas unicamente até o motor arrancar.

Para-se o processo de arranque do motor no espaço de 1 segundo após este ter arrancado. Se o motor não arrancar após 15 s de tentativa de arranque, para-se o processo e determina-se o motivo da falha, a menos que o manual de utilização ou o manual de serviço e reparação considerem normal um período de arranque mais longo.

7.5.1.2. Paragem inopinada do motor

a) Se o motor parar inopinadamente em qualquer momento durante a realização do NRTC com arranque a frio, o ensaio é anulado.

b) Se o motor parar inopinadamente em qualquer momento durante a realização do NRTC com arranque a quente, o ensaio é anulado. Impregna-se o motor em conformidade com o ponto 7.4.2.1, alínea b), e repete-se o ensaio com arranque a quente. Neste caso, não é necessário repetir o ensaio com arranque a frio;

c) Se o motor parar inopinadamente em qualquer momento durante o LSI-NRTC, o ensaio é anulado.

d) Se o motor parar inopinadamente em qualquer momento do NRSC (em modo discreto ou com rampas de transição), o ensaio é anulado e repetido, começando com o procedimento de aquecimento do motor. No caso da medição de partículas utilizando o método dos filtros múltiplos (um filtro de recolha de amostras para cada modo de funcionamento), o ensaio deve ser prosseguido com a estabilização do motor no modo anterior mediante condicionamento da temperatura do motor, iniciando em seguida a medição com o modo em que o motor parou inopinadamente.

7.5.1.3. Funcionamento do motor

O «operador» pode ser uma pessoa (ou seja, manual), ou um regulador de velocidade (ou seja, automático) que, mecânica ou eletronicamente, envia ao motor um sinal exigindo-lhe potência. O sinal pode ser uma ação sobre um pedal de acelerador, uma manete de potência, uma manete de alimentação em combustível, uma manete de comando da velocidade ou um ponto de referência do regulador ou um sinal de comando eletrónico correspondente a cada uma das ações mecânicas.

7.6. Mapeamento do motor

Antes de iniciar o mapeamento do motor, deve aquecer-se o motor, devendo, na parte final do aquecimento, o motor funcionar durante, pelo menos, 10 minutos à potência máxima ou de acordo com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia de modo a estabilizar as temperaturas do fluido de arrefecimento e do lubrificante do motor. Quando o motor estiver estabilizado, realiza-se o mapeamento do motor.

Se o fabricante tencionar utilizar a emissão do sinal do binário através da unidade de controlo eletrónico, de motores assim equipados, durante a realização de ensaios de monitorização em serviço, de acordo com o Regulamento Delegado (UE) 2017/655 relativo à monitorização das emissões de motores em serviço, deve também proceder-se à verificação estabelecida no apêndice 3 durante o mapeamento do motor.

Exceto nos casos de motores de velocidade constante, o mapeamento do motor deve ser efetuado com a manete de alimentação ou o regulador de combustível em abertura total ou utilizando velocidades discretas em ordem crescente. Definem-se as velocidades mínima e máxima do mapeamento como se segue:

Velocidade mínima do mapeamento = marcha lenta sem carga a quente

Velocidade máxima do mapeamento = n_{hi} × 1,02, ou velocidade em que o binário máximo cai para 0, conforme o que for menor.

Em que:

n_{hi} é a velocidade alta definida no artigo 2.º, n.º 12.

Se a velocidade mais alta não for segura ou representativa (p. ex., para motores sem regulador), utilizam-se as boas práticas de engenharia para identificar a velocidade máxima segura ou a velocidade máxima representativa.

7.6.1. Mapeamento do motor para o NRSC de velocidade variável

No caso do mapeamento do motor para o ciclo NRSC de velocidade variável (apenas para os motores que não têm de efetuar o ciclo NRTC ou LSI-NRTC), utilizam-se as boas práticas de engenharia para selecionar um número suficiente de pontos de regulação uniformemente repartidos. Em cada ponto de regulação, estabiliza-se a velocidade e é permitido estabilizar o binário durante, pelo menos, 15 segundos. Registam-se as médias da velocidade e do binário em cada ponto de regulação. Recomenda-se que as médias da velocidade e do binário sejam calculadas utilizando os dados registados dos 4 a 6 segundos anteriores. Utiliza-se a interpolação linear para determinar as velocidades e os binários de ensaio para o ciclo NRSC, se necessário. Se os motores tiverem igualmente de realizar o ciclo NRTC ou LSI-NRTC, utiliza-se a curva de mapeamento do motor do ciclo NRTC para determinar as velocidades e os binários para ensaio em estado estacionário.

Ao critério do fabricante, o mapeamento do motor pode, em alternativa ser realizado de acordo com o procedimento do ponto 7.6.2.

7.6.2. Mapeamento do motor para os ciclos NRTC e LSI-NRTC

Realiza-se o mapeamento do motor de acordo com o seguinte procedimento:

a) Retira-se a carga do motor que é operado à velocidade de marcha lenta sem carga;

   i) Para os motores com um regulador da velocidade baixa, regula-se a solicitação do operador no mínimo, utiliza-se o dinamómetro ou outro dispositivo de carga para obter um binário de zero no veio de saída primário do motor e permite-se ao motor regular a velocidade. Mede-se esta marcha lenta sem carga a quente;

   ii) Para os motores sem um regulador da velocidade baixa, regula-se o dinamómetro para se obter um binário de zero no veio de saída primário do motor e regula-se a solicitação do operador para controlar a velocidade à mais baixa velocidade do motor declarada pelo fabricante com o mínimo de carga (também conhecida por marcha lenta sem carga a quente declarada pelo fabricante);

   iii) O binário declarado pelo fabricante para a marcha lenta sem carga pode ser utilizado para todos os motores de velocidade variável (com ou sem regulador da velocidade baixa), se um binário diferente de zero for representativo do funcionamento em condições de utilização;

b) A solicitação do operador deve ser regulada para o seu valor máximo e a velocidade do motor deve ser controlada entre a velocidade de marcha lenta sem carga a quente e 95 % dessa velocidade. Para os motores com ciclos de funcionamento de referência, cuja velocidade mais baixa é superior à marcha lenta sem carga a quente, o mapeamento pode ter início entre a mais baixa velocidade de referência e 95 % dessa velocidade;

c) Aumenta-se a velocidade do motor, a uma taxa média de 8 ± 1 min^{-1}/s, da velocidade mínima para a velocidade máxima do mapeamento, ou a uma taxa constante de modo a que leve 4 a 6 minutos para passar da velocidade mínima à velocidade máxima do mapeamento. A gama de velocidades de mapeamento deve ter início entre a marcha lenta sem carga a quente e 95 % dessa velocidade e terminar à velocidade mais alta acima da potência máxima à qual se obtém menos de 70 % da potência máxima. Se esta velocidade mais alta não for segura ou representativa (p. ex., para motores sem regulador), utilizam-se as boas práticas de engenharia para identificar a velocidade máxima segura ou a velocidade máxima representativa. Registam-se os pontos de velocidade e de binário do motor a uma frequência de amostragem mínima de 1 Hz;

d) Se um fabricante entender que as técnicas de mapeamento acima indicadas não são seguras nem representativas de um dado motor, podem utilizar-se técnicas de mapeamento alternativas. Essas técnicas alternativas devem respeitar a intenção dos métodos de mapeamento especificados para determinar o binário máximo disponível em todas as velocidades do motor atingidas durante os ciclos de ensaio. Quaisquer desvios das técnicas de mapeamento aqui especificadas, por razões de segurança ou de representatividade, devem ser aprovados pela entidade homologadora, juntamente com a justificação da sua utilização. Todavia, em caso algum poderá a curva do binário ser traçada com base em velocidades de motor descendentes, no que diz respeito aos motores regulados ou turbocomprimidos;

e) Não é necessário mapear um motor antes de cada ciclo de ensaio. Volta a fazer-se o mapeamento de um motor se:

i) Tiver decorrido um período de tempo excessivo desde o último mapeamento, de acordo com as boas práticas de engenharia; ou

ii) Tiverem sido feitas alterações físicas ou recalibrações ao motor que sejam suscetíveis de afetar o seu desempenho; ou

iii) A pressão atmosférica na proximidade da admissão de ar do motor não se encontrar a ± 5 kPa do valor registado aquando do último mapeamento do motor.

7.6.3. Mapeamento dos motores para o ciclo NRSC de velocidade constante

Pode-se fazer funcionar o motor com um regulador de velocidade constante de série ou pode simular-se um regulador de velocidade constante controlando a velocidade do motor com um sistema de controlo da solicitação do operador. Opera-se o regulador quer de forma isócrona quer em velocidade descendente, conforme for adequado.

7.6.3.1. Verificação da potência nominal de motores a ensaiar em ciclos D2 ou E2

Efetua-se a seguinte verificação:

a) Com o regulador ou o regulador simulado a controlar a velocidade utilizando a solicitação do operador, faz-se funcionar o motor à velocidade nominal e potência nominal durante o tempo necessário para atingir o funcionamento estável;

b) Aumenta-se o binário até o motor deixar de conseguir manter a velocidade regulada. A potência deve ser registada neste momento. Antes da realização desta verificação, o fabricante e o serviço técnico que realiza a verificação devem chegar a acordo quanto ao método para determinar de forma segura o momento em que este ponto é atingido, em função das características do regulador. A potência registada na alínea b) não deve ultrapassar a potência nominal definida no artigo 3.º, n.º 25, do Regulamento (UE) 2016/1628 em mais de 12,5 %. Se este valor for excedido, o fabricante deve rever a potência nominal declarada.

Se o motor específico objeto de ensaio não conseguir realizar esta verificação em virtude do risco de danos no motor ou no dinamómetro, o fabricante deve apresentar à entidade homologadora elementos de prova sólidos de que a potência máxima não excede a potência nominal em mais de 12,5 %.

7.6.3.2. Procedimento de mapeamento para o ciclo NRSC a velocidade constante

a) Com o regulador ou o regulador simulado a controlar a velocidade utilizando a solicitação do operador, faz-se funcionar o motor a velocidade regulada sem carga (a alta velocidade, não a marcha lenta sem carga) durante, pelo menos, 15 segundos, a menos que o motor específico não consiga desempenhar esta tarefa;

b) Usa-se o dinamómetro para aumentar o binário a uma taxa constante. O mapa deve ser realizado de modo a que demore, no mínimo, 2 minutos a passar da velocidade regulada sem carga ao binário correspondente à potência nominal para motores a ensaiar no ciclo D2 ou E2 ou ao binário máximo no caso de outros ciclos de ensaio a velocidade constante. Durante o mapeamento do motor, registam-se a velocidade e o binário efetivos com uma frequência mínima de 1 Hz;

c) No caso de um motor de velocidade constante com um regulador que possa ser reinicializado com velocidades alternativas, o motor deve ser ensaiado a cada velocidade constante aplicável.

Para os motores de velocidade constante, deve recorrer-se às boas práticas de engenharia, com o acordo da entidade homologadora, para aplicar outros métodos de registo do binário e da potência à(s) velocidade(s) de funcionamento definida(s).

No que se refere aos motores ensaiados em ciclos que não o D2 ou E2, quando estiverem disponíveis valores do binário máximo declarados e medidos, pode utilizar-se o valor declarado em vez do valor medido se aquele se situar entre 95 % e 100 % do valor medido.

7.7. Geração do ciclo de ensaio

7.7.1. Geração do ciclo NRSC

O presente ponto deve ser utilizado para gerar as cargas e velocidades do motor às quais o motor funcionará durante ensaios em estado estacionário com ciclos com modos discretos ou RMC.

7.7.1.1. Geração das velocidades de ensaio do ciclo NRSC para motores ensaiados nos ciclos NRSC e NRTC ou LSI-NRTC

No caso dos motores a ensaiar com o ciclo NRTC ou LSI-NRTC para além de um NRSC, utiliza-se a MTS especificada no ponto 5.2.5.1 como a velocidade a 100 % para os ensaios em condições transitórias e estacionárias.

Utiliza-se a MTS em vez da velocidade nominal para determinar a velocidade intermédia em conformidade com o ponto 5.2.5.4.

A velocidade em marcha lenta sem carga deve ser determinada em conformidade com o ponto 5.2.5.5.

7.7.1.2. Geração de velocidades de ensaio do ciclo NRSC para motores ensaiados apenas com o ciclo NRSC

No caso dos motores que não são sujeitos a um ciclo de ensaios (NRTC ou LSI-NRTC) em condições transitórias, utiliza-se a velocidade nominal especificada no ponto 5.2.5.3 como a velocidade a 100 %.

A velocidade nominal deve ser utilizada para determinar a velocidade intermédia em conformidade com o ponto 5.2.5.4. Se o ciclo NRSC especificar velocidades adicionais expressas em percentagem, estas são calculadas como percentagem da velocidade nominal.

A velocidade em marcha lenta sem carga deve ser determinada em conformidade com o ponto 5.2.5.5.

Com o acordo prévio do serviço técnico, pode utilizar-se a MTS em vez da velocidade nominal para a geração de velocidades de ensaio neste ponto.

7.7.1.3. Geração da carga do ciclo NRSC para cada modo de ensaio

A percentagem de carga para cada modo de ensaio do ciclo de ensaio escolhido deve ser extraída do quadro relativo ao ciclo NRSC adequado do apêndice 1 ou 2 do anexo XVII. Em função do ciclo de ensaio, a percentagem de carga nestes quadros é expressa como potência ou binário em conformidade com o ponto 5.2.6 e nas notas de rodapé de cada quadro.

O valor de 100 % a determinada velocidade de ensaio deve ser o valor medido ou declarado extraído da curva de mapeamento gerada em conformidade com o ponto 7.6.1, 7.6.2 ou 7.6.3, expresso como potência (kW).

A regulação do motor para cada modo de ensaio deve ser calculada por meio da equação (6-14):

$$S = \left((P_{max} + P_{AUX}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AUX} \qquad (6\text{-}14)$$

Em que:

S é a regulação do dinamómetro em kW

P_{max} é a potência máxima observada ou declarada à velocidade de ensaio nas condições de ensaio (indicada pelo fabricante), em kW

P_{AUX} é a potência total declarada absorvida pelos equipamentos auxiliares, conforme definido na equação (6-8) (ver ponto 6.3.5.) à velocidade de ensaio especificada, expressa em kW

L é a percentagem do binário

Pode declarar-se e utilizar-se um binário mínimo a quente que seja representativo do funcionamento em condições de utilização para qualquer ponto de carga que, de outro modo, seria inferior a este valor se o tipo de motor não funcionar normalmente abaixo deste binário mínimo, por exemplo, porque estará ligado a uma máquina móvel não rodoviária que não funciona abaixo de um determinado binário mínimo.

No caso dos ciclos E2 e D2, o fabricante deve declarar a potência nominal que deve ser utilizada como a potência a 100 % para gerar o ciclo de ensaio.

7.7.2. Geração da velocidade e da carga dos ciclos NRTC e LSI-NRTC para cada ponto de ensaio (desnormalização)

O presente ponto deve ser utilizado para gerar as cargas e velocidades do motor correspondentes às quais o motor funcionará durante ensaios NRTC ou LSI-NRTC. O apêndice 3 do anexo XVII define os ciclos de ensaio aplicáveis num formato normalizado. Um ciclo de ensaio normalizado é constituído por uma sequência de pares de valores para a velocidade e o binário expressos em percentagem.

Os valores normalizados para a velocidade e o binário devem ser transformados utilizando as seguintes convenções:

a) A velocidade normalizada deve ser transformada numa sequência de velocidades de referência, n_{ref}, em conformidade com o ponto 7.7.2.2;

b) O binário normalizado é expresso como uma percentagem do binário mapeado da curva gerada em conformidade com o ponto 7.6.2 à velocidade de referência correspondente. Estes valores normalizados devem ser transformados numa sequência de binários de referência, T_{ref}, em conformidade com o ponto 7.7.2.3;

c) Os valores da velocidade de referência e do binário de referência, expressos em unidades coerentes, são multiplicados para calcular os valores da potência de referência.

7.7.2.1. Reservado

7.7.2.2. Desnormalização da velocidade do motor

Desnormaliza-se a velocidade do motor utilizando a equação (6-15):

$$n_{ref} = \frac{\%speed \times (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \qquad (6\text{-}15)$$

Em que:

n_{ref} é a velocidade de referência

MTS é a velocidade máxima de ensaio

n_{idle} é a velocidade de marcha lenta sem carga

$\%speed$ é o valor da velocidade normalizada do ciclo NRTC ou LSI-NRTC extraída do apêndice 3 do anexo XVII.

7.7.2.3. Desnormalização do binário do motor

Os valores do binário no programa do dinamómetro do motor do apêndice 3 do anexo XVII são normalizados para o binário máximo à velocidade respetiva. Desnormalizam-se os valores de binário do ciclo de referência, usando a curva do mapeamento determinada em conformidade com o ponto 7.6.2, por meio da equação (6-16):

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot max.torque}{100} \qquad (6\text{-}16)$$

para a velocidade de referência respetiva determinada no ponto 7.7.2.2.

Em que:

T_{ref} é o binário de referência para a velocidade de referência respetiva

max.torque é o binário máximo da velocidade de ensaio respetiva extraído do mapeamento do motor realizado em conformidade com o ponto 7.6.2, ajustado, sempre que necessário, em conformidade com o ponto 7.7.2.3.1.

%torque é o valor do binário normalizado NRTC ou LSI-NRTC retirado do apêndice 3 do anexo XVII

a) Binário mínimo declarado

Pode declarar-se um binário mínimo que seja representativo do funcionamento em condições de utilização. Por exemplo, se o motor estiver normalmente ligado a uma máquina móvel não rodoviária que não funcione abaixo de um determinado binário mínimo, este binário pode ser declarado e utilizado para qualquer ponto de carga que, de outro modo, seria inferior a este valor.

b) Regulação do binário do motor devido a dispositivos auxiliares montados para o ensaio das emissões

Se forem montados dispositivos auxiliares em conformidade com o apêndice 2, não se efetua a regulação do binário máximo da velocidade de ensaio respetiva retirada do mapeamento do motor realizado em conformidade com o ponto 7.6.2.

Se, de acordo com os pontos 6.3.2 ou 6.3.3, não forem instalados os dispositivos auxiliares necessários que deveriam ter sido montados para o ensaio, ou forem instalados dispositivos auxiliares que deveriam ter sido removidos, o valor de T_{max} deve ser regulado por meio da equação (6-17).

$$T_{max} = T_{map} — T_{AUX} \quad (6\text{-}17)$$

com:

$$T_{AUX} = T_r — T_f \quad (6\text{-}18)$$

em que:

T_{map} é o binário máximo não ajustado da velocidade de ensaio respetiva extraído do mapeamento do motor realizado em conformidade com o ponto 7.6.2.

T_f é o binário necessário à condução de dispositivos auxiliares que deveriam ter sido montados mas que não foram instalados para o ensaio

T_r é o binário necessário à condução de dispositivos auxiliares que deveriam ter sido retirados para o ensaio mas que foram instalados para o ensaio

7.7.2.4. Exemplo de procedimento de desnormalização

Como exemplo, desnormaliza-se o seguinte ponto de ensaio:

% velocidade = 43 %

% binário = 82 %

Dados os seguintes valores:

MTS = 2 200 min^{-1}

n_{idle} = 600 min^{-1}

obtém-se:

$$n_{ref} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{min}^{-1}$$

Com o binário máximo de 700 Nm observado na curva do mapeamento a 1 288 min^{-1}

$$T_{ref} = \frac{82 \times 700}{100} = 574\,Nm$$

7.8. Procedimento específico para realizar o ciclo de ensaio

7.8.1. Sequência de ensaio das emissões para o ciclo NRSC com modos discretos

7.8.1.1. Aquecimento do motor para o ensaio NRSC em condições estacionárias e modo discreto

Efetua-se o procedimento pré-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.1, incluindo a calibração do analisador. O motor deve ser aquecido utilizando a sequência de pré-condicionamento do ponto 7.3.1.1.3. As medições do ciclo de ensaio começam imediatamente após este ponto de condicionamento do motor.

7.8.1.2. Realização do NRSC em modo discreto

a) O ensaio deve ser executado pela ordem crescente dos números dos modos conforme indicado para o ciclo de ensaio (ver apêndice 1 do anexo XVII);

b) Cada modo tem uma duração mínima de 10 minutos, exceto no caso do ensaio de motores de ignição comandada utilizando os ciclos G1, G2 ou G3 em que cada modo tem uma duração mínima de 3 minutos. Em cada modo, o motor deve ser estabilizado durante, pelo menos, 5 minutos e devem recolher-se amostras das emissões de gases e, se existir um limite aplicável, PN durante 1-3 minutos no final de cada modo, exceto no ensaio de motores de ignição comandada utilizando os ciclos G1, G2 ou G3, caso em que é necessário recolher amostras das emissões durante, no mínimo, os últimos 2 minutos do respetivo modo de ensaio. É permitido mais tempo de amostragem para melhorar a exatidão da recolha de amostras de partículas;

   A duração do modo deve ser registada e incluída num relatório.

c) A recolha de amostras de partículas pode ser feita quer com o método do filtro único quer pelo método dos filtros múltiplos. Dado que os resultados dos métodos podem diferir ligeiramente, o método utilizado deve ser declarado com os resultados;

   Para o método do filtro único, os fatores de ponderação de cada modo especificados no procedimento do ciclo de ensaio e o caudal efetivo de gases de escape devem ser tidos em consideração durante a recolha de amostras através do ajustamento do caudal e/ou do tempo de recolha. Exige-se que o fator de ponderação efetivo da recolha de amostras de partículas se situe num intervalo de ± 0,005 do fator de ponderação do modo considerado;

   Para cada modo, a recolha deve realizar-se o mais tarde possível. Para o método do filtro único, a conclusão da recolha de amostras de partículas deve coincidir, com uma tolerância de ± 5 s, com a conclusão da medição das emissões gasosas. O tempo mínimo de recolha de amostras por modo deve ser de 20 s para o método do filtro único e 60 s para o método dos filtros múltiplos. Para os sistemas sem possibilidade de derivação, o tempo mínimo de recolha de amostras por modo deve ser de 60 s para os métodos do filtro único e dos filtros múltiplos;

d) A velocidade e a carga, a temperatura do ar de admissão, o caudal de combustível e, se aplicável, o caudal do ar ou dos gases de escape do motor devem ser medidos para cada modo no mesmo intervalo de tempo que é utilizado para a medição das concentrações gasosas;

   Registam-se quaisquer outros dados exigidos para os cálculos.

e) Se o motor parar inopinadamente, ou a recolha de amostras das emissões for interrompida, em qualquer momento após o início da recolha de amostras das emissões num NRSC em modo discreto e com o método do filtro único, o ensaio é anulado e repetido, começando com o procedimento de aquecimento do motor. No caso da medição de partículas utilizando o método dos filtros múltiplos (um filtro de recolha de amostras para cada modo de funcionamento), o ensaio deve ser prosseguido com a estabilização do motor no modo anterior mediante condicionamento da temperatura do motor, iniciando em seguida a medição com o modo em que o motor parou inopinadamente;

f) Realizam-se os procedimentos pós-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.2.

7.8.1.3. Critérios de validação

Durante cada modo do ciclo de ensaio em estado estacionário em questão após o período inicial de transição, mantém-se a velocidade medida a ± 1 % da velocidade de referência ou ± 3 min^{-1} da velocidade nominal, conforme o que for maior, exceto para a marcha lenta sem carga, que deve estar dentro das tolerâncias declaradas pelo fabricante. O binário medido não deve divergir do binário de referência em mais de ± 2 % do binário máximo à velocidade de ensaio.

7.8.2. Sequência do ensaio de emissões para o RMC

7.8.2.1. Aquecimento do motor

Efetua-se o procedimento pré-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.1, incluindo a calibração do analisador. O motor deve ser aquecido utilizando a sequência de pré-condicionamento do ponto 7.3.1.1.4. Imediatamente após este condicionamento do motor, se a velocidade e o binário do motor ainda não estiverem reguladas para o primeiro modo do ensaio, devem ser mudados numa rampa linear de 20 ± 1 s para o primeiro modo do ensaio. A medição do ciclo de ensaio deve ter início 5 a 10 s após o final da rampa.

7.8.2.2. Realização de um RMC

O ensaio deve ser executado pela ordem dos números dos modos conforme indicado para o ciclo de ensaio (ver apêndice 2 do anexo XVII). Caso não exista um RMC disponível para o NRSC especificado, segue-se o procedimento do NRSC com modos discretos previsto no ponto 7.8.1.

O motor deve funcionar durante o tempo prescrito em cada modo. A transição de um para o outro modo deve ser feita de forma linear em 20 s ± 1 s de acordo com as tolerâncias prescritas no ponto 7.8.2.4.

Para os RMC, os valores da velocidade e do binário de referência devem ser gerados a uma frequência mínima de 1 Hz e esta sequência de pontos deve ser utilizada para realizar o ciclo. Durante a transição entre os modos, os valores desnormalizados de velocidade e binário de referência devem ter uma transição linear entre os modos, a fim de gerar pontos de referência. Os valores normalizados do binário de referência não podem ter uma transição linear entre os modos e ser, em seguida, desnormalizados. Se a velocidade e o binário da rampa de transição inclui um ponto acima da curva do binário do motor, deve permitir-se que sejam alcançados os binários de referência e que a solicitação do operador vá até ao máximo.

Durante todo o RMC (durante cada modo, incluindo as rampas de transição entre os modos), mede-se a concentração de cada poluente gasoso e, sempre que exista um limite aplicável, recolhem-se amostras das partículas e do PN. Os poluentes gasosos podem ser medidos em bruto ou diluídos e ser registados de forma contínua; se forem diluídos, podem igualmente ser recolhidos num saco de recolha de amostras. Dilui-se a amostra de partículas com ar condicionado e limpo. Retira-se uma amostra durante o ensaio completo, que, no caso das partículas, é recolhida num filtro único de recolha de partículas.

Para o cálculo das emissões específicas ao freio, deve calcular-se o trabalho efetuado no ciclo real, mediante a integração da potência efetiva do motor ao longo do ciclo completo.

7.8.2.3. Sequência de ensaio das emissões

a) A realização do RMC, a recolha de amostras do gás de escape, o registo de dados e a integração dos valores medidos devem iniciar-se em simultâneo;

b) A velocidade e o binário devem ser controlados para o primeiro modo do ciclo de ensaio;

c) Se o motor parar inopinadamente em qualquer momento durante a realização do RMC, o ensaio é anulado. Volta-se, em seguida, a pré-condicionar o motor e repete-se o ensaio;

d) No final do RMC, deve prosseguir-se com a recolha de amostras, salvo para as partículas, fazendo funcionar todos os sistemas de modo a esgotar o tempo de resposta do sistema. Param-se todas as ações de recolha de amostras e de registo, incluindo o registo das amostras de partículas de fundo. Por último, param-se eventuais dispositivos de integração e indica-se o fim do ciclo de ensaio nos dados registados;

e) Realizam-se os procedimentos pós-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.2.

7.8.2.4. Critérios de validação

Os ensaios RMC devem ser validados com uma análise de regressão tal como descrito nos pontos 7.8.3.3 e 7.8.3.5. As tolerâncias permitidas para o RMC são indicadas no seguinte quadro 6.1. Note-se que as tolerâncias para o RMC são diferentes das tolerâncias para o NRTC do quadro 6.2. Ao efetuar o ensaio de motores de potência útil superior a 560 kW, podem utilizar-se as tolerâncias da reta de regressão do quadro 6.2 e a eliminação de pontos do quadro 6.3.

Quadro 6.1

Tolerâncias da reta de regressão para o RMC

	Velocidade	Binário	Potência
Erro-padrão da estimativa (SEE) de y em relação a x	máx. 1 % da velocidade nominal	máx. 2 % do binário máximo do motor	máx. 2 % da potência máxima do motor
Declive da reta de regressão, a_1	0,99 a 1,01	0,98 a 1,02	0,98 a 1,02
Coeficiente de determinação, r^2	mín. 0,990	mín. 0,950	mín. 0,950
Ordenada da reta de regressão com origem no ponto y, a_0	± 1 % da velocidade nominal	± 20 Nm ou ± 2 % do binário máximo, conforme o que for maior	± 4 kW ou ± 2 % da potência máxima, conforme o que for maior

Se a realização do ensaio RMC não decorrer num banco para ensaios transitórios, em que os valores de velocidade e binário não estejam disponíveis segundo a segundo, utilizam-se os seguintes critérios de validação.

Em cada modo os requisitos para as tolerâncias de velocidade e binário são indicados no ponto 7.8.1.3. Para as transições lineares de velocidade e de binário de 20 s entre os modos de ensaio em estado estacionário do RMC (ponto 7.4.1.2), aplicam-se as seguintes tolerâncias de velocidade e carga durante a rampa:

a) A velocidade deve ser mantida linear, num intervalo de ± 2 % da velocidade nominal,

b) O binário deve ser mantido linear, num intervalo de ± 5 % do binário máximo à velocidade nominal.

7.8.3. Ciclos de ensaio em condições estacionárias (NRTC e LSI-NRTC)

Os comandos das velocidades e binários de referência devem ser executados sequencialmente para realizar o NRTC e o LSI-NRTC. Os comandos da velocidade e do binário do motor devem ser enviados a uma frequência mínima de 5 Hz. Dado que o ciclo de ensaio de referência é especificado a 1 Hz, os comandos de velocidade e binário intermédios devem ser interpolados linearmente a partir dos valores do binário de referência gerados a partir da geração do ciclo.

Os valores pequenos desnormalizados próximos da marcha lenta sem carga a quente podem fazer os reguladores da velocidade baixa da marcha lenta sem carga ativarem-se e o binário do motor exceder o binário de referência apesar de a solicitação do operador estar ao nível mínimo. Em tais casos, recomenda-se que se controle o dinamómetro para que dê prioridade a seguir o binário de referência, em vez da velocidade de referência, deixando o motor regular a velocidade.

Os motores que arranquem em condições de arranque a frio podem utilizar um dispositivo de marcha lenta sem carga reforçada para aquecer rapidamente o motor e sistema de pós-tratamento dos gases de escape. Nestas condições, velocidades normalizadas muito baixas irão gerar velocidades de referência inferiores a esta velocidade mais alta de marcha lenta sem carga reforçada. Neste caso, recomenda-se que se controle o dinamómetro para que dê prioridade a seguir o binário de referência e deixe o motor regular a velocidade quando a solicitação do operador estiver no mínimo.

Durante um ensaio de emissões, as velocidades e os binários de referência e os valores de retroação de velocidade e binário devem ser registados com uma frequência mínima de 1 Hz, mas de preferência de 5 Hz, ou mesmo de 10 Hz. Esta frequência de registo mais elevada é importante, na medida em que contribui para minimizar o efeito do desfasamento temporal entre os valores de referência e de retroação medidos de velocidade e binário.

As velocidades e os binários de referência e retroação podem ser registados a frequências mais baixas (até 1 Hz), se os valores médios obtidos durante o intervalo de tempo entre os valores registados forem registados. Calculam-se os valores médios com base nos valores de retroação atualizados a uma frequência mínima de 5 Hz. Utilizam-se estes valores registados para calcular as estatísticas de validação do ciclo e o trabalho total.

7.8.3.1. Realização de um ensaio NRTC

Efetuam-se os procedimentos pré-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.1, incluindo o pré-condicionamento, o arrefecimento e a calibração do analisador.

Os ensaios devem iniciar-se do seguinte modo:

A sequência de ensaio deve começar imediatamente após o arranque do motor depois de este ter sido arrefecido, tal como especificado no ponto 7.3.1.2, no caso do ensaio NRTC a frio, ou após impregnação a quente, no caso do ensaio NRTC a quente. Segue-se a sequência do ponto 7.4.2.1.

O registo dos dados, a recolha de amostras dos gases de escape e a integração dos valores medidos devem iniciar-se em simultâneo com o arranque do motor. O ciclo de ensaio deve ter início quando o motor arranca e deve ser executado de acordo com o programa do apêndice 3 do anexo XVII.

No final do ciclo, deve prosseguir-se com a recolha de amostras, fazendo funcionar todos os sistemas de modo a esgotar o tempo de resposta do sistema. Param-se todas as ações de recolha de amostras e de registo, incluindo o registo das amostras de partículas de fundo. Por último, param-se eventuais dispositivos de integração e indica-se o fim do ciclo de ensaio nos dados registados.

Realizam-se os procedimentos pós-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.2.

7.8.3.2. Realização de um ensaio LSI-NRTC

Efetuam-se os procedimentos pré-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.1, incluindo o pré-condicionamento e a calibração do analisador.

Os ensaios devem iniciar-se do seguinte modo:

O ensaio deve começar de acordo com a sequência indicada no ponto 7.4.2.2.

O registo dos dados, a recolha de amostras dos gases de escape e a integração dos valores medidos devem iniciar-se em simultâneo com o início do LSI-NRTC no final do período de marcha lenta sem carga de 30 segundos especificado no ponto 7.4.2.2, alínea b). O ciclo de ensaio deve ser executado de acordo com o programa do apêndice 3 do anexo XVII.

No final do ciclo, deve prosseguir-se com a recolha de amostras, fazendo funcionar todos os sistemas de modo a esgotar o tempo de resposta do sistema. Param-se todas as ações de recolha de amostras e de registo, incluindo o registo das amostras de partículas de fundo. Por último, param-se eventuais dispositivos de integração e indica-se o fim do ciclo de ensaio nos dados registados.

Realizam-se os procedimentos pós-ensaio em conformidade com o ponto 7.3.2.

7.8.3.3. Critérios de validação do ciclo para os ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC)

Para verificar a validade de um ensaio, aplicam-se os critérios de validação do ciclo definidos no presente ponto aos valores de referência e retroação da velocidade, do binário, da potência e do trabalho total.

7.8.3.4. Cálculo do trabalho do ciclo

Antes de calcular o trabalho efetuado no ciclo, desprezam-se quaisquer valores de velocidade e binário registados durante o arranque do motor. Contabilizam-se os pontos com valores de binário negativos como de trabalho nulo. Calcula-se o trabalho W_{act} (kWh) efetuado no ciclo real com base nos valores de retroação de velocidade e de binário do motor. Calcula-se o trabalho W_{ref} (kWh) efetuado no ciclo de referência com base nos valores de referência de velocidade e de binário do motor. O trabalho W_{act} efetuado no ciclo real é utilizado para efeitos de comparação com o trabalho W_{ref} efetuado no ciclo de referência e para calcular as emissões específicas ao freio (ver ponto 7.2).

W_{act} deve situar-se entre 85 % e 105 % de W_{ref}.

7.8.3.5. Estatísticas de validação (ver anexo VII, apêndice 2)

Calcula-se uma regressão linear entre os valores de referência e de retroação para a velocidade, o binário e a potência.

Para minimizar a influência do intervalo de tempo entre os valores de retroação e do ciclo de referência, toda a sequência do sinal de retroação da velocidade e do binário do motor pode ser avançada ou atrasada no tempo em relação à sequência da velocidade e do binário de referência. Se os sinais de retroação estiverem desfasados, tanto a velocidade como o binário devem ser desfasados no mesmo valor e no mesmo sentido.

Utiliza-se o método dos mínimos quadrados, tendo a melhor equação a forma estabelecida na equação (6--19):

$$y = a_1 x + a_0 \qquad (6\text{-}19)$$

em que:

y é o valor de retroação da velocidade (min^{-1}), do binário (Nm) ou da potência (kW)

a_1 é o declive da reta de regressão

x é o valor de referência da velocidade (min^{-1}), do binário (Nm) ou da potência (kW)

a_0 é a ordenada da reta de regressão com origem no ponto y

Calcula-se, para cada reta de regressão, o erro-padrão da estimativa (*SEE*) de y em relação a x e o coeficiente de determinação (r^2) em conformidade com o apêndice 3 do anexo VII.

Recomenda-se que esta análise seja realizada a 1 Hz. Para que um ensaio seja considerado válido, devem ser preenchidos os critérios do quadro 6.2.

Quadro 6.2

Tolerâncias da reta de regressão

	Velocidade	Binário	Potência
Erro-padrão da estimativa (*SEE*) de y em relação a x	≤ 5,0 % da velocidade máxima de ensaio	≤ 10,0 % do binário máximo mapeado	≤ 10,0 % da potência máxima mapeada
Declive da reta de regressão, a_1	0,95 a 1,03	0,83 a 1,03	0,89 a 1,03

	Velocidade	Binário	Potência
Coeficiente de determinação, r^2	mín. 0,970	mín. 0,850	mín. 0,910
Ordenada da reta de regressão com origem no ponto *y*, a_0	≤ 10 % da marcha lenta sem carga	± 20 Nm ou ± 2 % do binário máximo, conforme o que for maior	± 4 kW ou ± 2 % da potência máxima, conforme o que for maior

Apenas para efeitos da regressão, são admitidas eliminações de pontos antes do cálculo de regressão se indicado no quadro 6.3. Todavia, esses pontos não devem ser eliminados para o cálculo do trabalho e das emissões do ciclo. Um ponto de marcha lenta sem carga é definido como um ponto que tenha um binário de referência normalizado de 0 % e uma velocidade de referência normalizada de 0 %. A eliminação de pontos pode ser aplicada à totalidade ou a qualquer parte do ciclo; os pontos a que se aplica a eliminação de pontos têm de ser especificados.

Quadro 6.3

Pontos que é admissível eliminar na análise de regressão

Ocorrência	Condições (n = velocidade do motor, T = binário)	Eliminações de pontos admitidas
Solicitação mínima de potência por parte do operador (ponto de marcha lenta sem carga)	$n_{ref} = n_{idle}$ e $T_{ref} = 0$ % e $T_{act} > (T_{ref} - 0{,}02\ T_{binário máx mapeado})$ e $T_{act} < (T_{ref} + 0{,}02\ T_{binário máx mapeado})$	velocidade e potência
Solicitação mínima de potência por parte do operador	$n_{act} \leq 1{,}02\ n_{ref}$ e $T_{act} > T_{ref}$ ou $n_{act} > n_{ref}$ e $T_{act} \leq T_{ref}$ ou $n_{act} > 1{,}02\ n_{ref}$ e $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0{,}02\ T_{binário máx mapeado})$	potência e ou binário ou velocidade
Solicitação máxima de potência por parte do operador	$n_{act} < n_{ref}$ e $T_{act} \geq T_{ref}$ ou $n_{act} \geq 0{,}98\ n_{ref}$ e $T_{act} < T_{ref}$ ou $n_{act} < 0{,}98\ n_{ref}$ e $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0{,}02\ T_{binário máx mapeado})$	potência e ou binário ou velocidade

8. Métodos de medição

8.1. Verificações de calibração e de desempenho

8.1.1. Introdução

O presente ponto descreve verificações e calibrações necessárias dos sistemas de medição. Ver ponto 9.4 para as especificações aplicáveis a cada um dos instrumentos.

As calibrações ou verificações devem, em geral, ser executadas ao longo de toda a cadeia de medição.

Se a calibração ou a verificação de uma parte de um sistema de medição não for especificada, essa parte do sistema deve ser calibrada e o seu desempenho verificado com uma frequência compatível com as recomendações do fabricante do sistema de medição e com as boas práticas de engenharia.

Devem utilizar-se normas reconhecidas internacionalmente para cumprir as tolerâncias especificadas para as calibrações e verificações.

8.1.2. Síntese das calibrações e verificações

O quadro 6.4 sintetiza as calibrações e as verificações descritas no ponto 8 e indica quando estas devem ser efetuadas.

Quadro 6.4

Síntese das calibrações e verificações

Tipo de calibração ou verificação	Frequência mínima [a]
8.1.3: Exatidão, repetibilidade e ruído	Exatidão: Não é exigida, mas recomenda-se para a instalação inicial. Repetibilidade: Não é exigida, mas recomenda-se para a instalação inicial. Ruído: Não é exigida, mas recomenda-se para a instalação inicial.
8.1.4: verificação da linearidade	Velocidade: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Binário: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Caudais do ar de admissão, do ar de diluição e dos gases de escape diluídos e caudais do lote de amostras: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção, salvo se o caudal for verificado com propano ou através do balanço do carbono ou do oxigénio. Caudal dos gases de escape brutos Aquando da instalação inicial, no prazo de 185 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção, salvo se o caudal for verificado com propano ou através do balanço do carbono ou do oxigénio. Misturadores-doseadores de gases: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Analisadores de gases (salvo indicação em contrário): Aquando da instalação inicial, no prazo de 35 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Analisador FTIR: Aquando da instalação, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Balança de pesagem das partículas: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Pressão e temperatura autónomas: Aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.5: Verificação da resposta e da atualização-registo do analisador de gases contínuo — para os analisadores de gases que não são compensados continuamente para outros gases	Aquando da instalação inicial ou após modificação do sistema com impacto na resposta.

Tipo de calibração ou verificação	Frequência mínima [a]
8.1.6: Verificação da resposta e da atualização-registo do analisador de gases contínuo — para os analisadores de gases que são compensados continuamente para outros gases	Aquando da instalação inicial ou após modificação do sistema com impacto na resposta.
8.1.7.1: Binário	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.7.2: Pressão, temperatura, ponto de orvalho	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.8.1: Caudal de combustível	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.8.2: Caudal de admissão	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.8.3: Caudal dos gases de escape	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.8.4: Caudal dos gases de escape diluídos (CVS e PFD)	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.8.5: Verificação de CVS/PFD e do amostrador por lotes [b]	Aquando da instalação inicial, no prazo de 35 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. (Verificação com propano)
8.1.8.8: Estanquidade	Aquando da instalação do sistema de recolha de amostras. Antes de cada ensaio de laboratório em conformidade com o ponto 7.1: no prazo de 8 horas antes do início do primeiro intervalo de ensaio de cada sequência do ciclo de funcionamento e após operações de manutenção, como mudanças do pré-filtro.
8.1.9.1: Interferência da H_2O nos analisadores NDIR de CO_2	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.9.2: Interferência do CO_2 e da H_2O nos analisadores NDIR de CO	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.10.1: Calibração do FID Otimização e verificação do FID para os HC	Calibrar, otimizar e determinar a resposta ao CH_4: aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção. Verificação da resposta ao CH_4: aquando da instalação inicial, no prazo de 185 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.10.2: Interferência do O_2 no FID durante a análise dos gases de escape brutos	Para todos os analisadores FID: aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção. Para os analisadores FID dos THC: aquando da instalação inicial, após operações importantes de manutenção e após otimização do FID em conformidade com o ponto 8.1.10.1.
8.1.11.1: Efeito de atenuação do CO_2 e da H_2O no CLD	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.11.3: Interferência dos HC e da H_2O no NDUV	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.

Tipo de calibração ou verificação	Frequência mínima [a]
8.1.11.4: Penetração do NO_2 no banho de arrefecimento (refrigerador)	Aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.11.5: Conversão com o conversor NO_2-NO	Aquando da instalação inicial, no prazo de 35 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção.
8.1.12.1: Verificação do secador de amostras	Para refrigeradores: aquando da instalação e após qualquer operação importante de manutenção. Para membranas osmóticas: aquando da instalação, no prazo de 35 dias a contar do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção
8.1.13.1: Balança de pesagem das partículas e pesagem	Verificação independente: aquando da instalação inicial, no prazo de 370 dias antes do ensaio e após qualquer operação importante de manutenção. Verificações de colocação a zero, regulação da escala e amostra de referência: no prazo de 12 horas a contar da pesagem e após qualquer operação importante de manutenção.

[a] Realizar calibrações e verificações mais frequentemente, de acordo com as instruções do fabricante do sistema de medição e as boas práticas de engenharia.
[b] A verificação do CVS não é exigida para os sistemas que estejam dentro da tolerância de ± 2 % com base no balanço químico do carbono ou do oxigénio do ar de admissão, do combustível e dos gases de escape diluídos.

8.1.3. Verificações da exatidão, da repetibilidade e do ruído

Os valores de desempenho dos diferentes instrumentos especificados no quadro 6.8 constituem a base para a determinação da exatidão, da repetibilidade e do ruído de um instrumento.

Não é necessário verificar a exatidão, a repetibilidade ou o ruído dos instrumentos. No entanto, poderá ser útil considerar estas verificações para definir as especificações de um novo instrumento, para verificar o desempenho de um novo instrumento ou para desempanar um instrumento existente.

8.1.4. Verificação da linearidade

8.1.4.1. Âmbito e frequência

Deve proceder-se a uma verificação da linearidade para cada sistema de medição enunciado no quadro 6.5, pelo menos com a frequência indicada no quadro, em conformidade com as recomendações do fabricante do sistema de medição e as boas práticas de engenharia. O objetivo de uma verificação da linearidade é determinar se um sistema de medição responde proporcionalmente ao longo da gama de medição requerida. Uma verificação da linearidade consiste na introdução de uma série de, pelo menos, 10 valores de referência num sistema de medição, salvo especificação em contrário. O sistema de medição quantifica cada valor de referência. Os valores medidos devem ser coletivamente comparados aos valores de referência mediante aplicação de regressão linear dos mínimos quadrados e dos critérios de linearidade especificados no quadro 6.5.

8.1.4.2. Requisitos de desempenho

Se um sistema de medição não cumprir os critérios de linearidade aplicáveis do quadro 6.5, a deficiência deve ser corrigida mediante recalibração, manutenção ou substituição de componentes, conforme for necessário. A verificação da linearidade deve ser repetida após a correção da deficiência, a fim de garantir que o sistema de medição cumpre os critérios de linearidade.

8.1.4.3. Procedimento

Utiliza-se o seguinte protocolo de verificação da linearidade:

a) Um sistema de medição deve ser utilizado aos valores de temperatura, pressão e caudal para ele especificados;

b) O instrumento deve ser colocado a zero, tal como antes de um ensaio de emissões, mediante a introdução de um sinal de zero. No caso dos analisadores de gases, deve usar-se um gás de colocação a zero que satisfaça as especificações do ponto 9.5.1, que deve ser introduzido diretamente na entrada do analisador;

c) Regula-se a sensibilidade do instrumento, tal como antes de um ensaio de emissões, mediante a introdução de um sinal para regulação da sensibilidade. No caso dos analisadores de gases, deve usar-se um gás de regulação da sensibilidade que satisfaça as especificações do ponto 9.5.1, que deve ser introduzido diretamente na entrada do analisador;

d) Após a regulação da sensibilidade do instrumento, verifica-se o zero com o mesmo sinal que foi utilizado na alínea b) do presente ponto. Tendo como base a leitura do zero, usam-se as boas práticas de engenharia para determinar se se deve ou não recolocar a zero ou voltar a calibrar o instrumento antes de avançar para a etapa seguinte;

e) Em relação a todas as grandezas medidas, devem usar-se as recomendações do fabricante e as boas práticas de engenharia para selecionar os valores de referência, y_{refi}, que cobrem toda a gama de valores esperados no ensaio de emissões, evitando-se, assim, a necessidade de extrapolação para além destes valores. Seleciona-se um sinal de referência do zero como um dos valores de referência da verificação da linearidade. No caso de verificações da linearidade da pressão e da temperatura autónomas, selecionam-se, pelo menos, três valores de referência. No caso de outras verificações da linearidade, selecionam-se, pelo menos, 10 valores de referência;

f) Usam-se as recomendações do fabricante e as boas práticas de engenharia para selecionar a ordem em que a série de valores de referência é introduzida;

g) As grandezas de referência devem ser geradas e introduzidas conforme descrito no ponto 8.1.4.4. No caso dos analisadores de gases, aplicam-se concentrações de gases que se saiba cumprirem as especificações do ponto 9.5.1, introduzindo-as diretamente na entrada do analisador;

h) Deve ser dado tempo ao instrumento para estabilizar enquanto mede o valor de referência;

i) Usando pelo menos a frequência de registo mínima, conforme especificado no quadro 6.7, mede-se o valor de referência durante 30 s e regista-se a média aritmética dos valores registados, $\bar{y}_i$;

j) Repetem-se as etapas das alíneas g) a i) do presente ponto até todas as grandezas de referência terem sido medidas;

k) Usam-se as médias aritméticas $\bar{y}_i$e os valores de referência, y_{refi}, para calcular os parâmetros de regressão linear dos mínimos quadrados e os valores estatísticos para comparar com os critérios de desempenho mínimo especificados no quadro 6.5. Efetuam-se os cálculos descritos no apêndice 3 do Anexo VII.

8.1.4.4. Sinais de referência

O presente ponto descreve métodos recomendados para a geração de valores de referência para o protocolo de verificação da linearidade previsto no ponto 8.1.4.3. Devem usar-se valores de referência que simulem valores reais, ou introduzir-se um valor real e medir-se com um sistema de medição de referência. Neste último caso, o valor de referência é o valor indicado pelo sistema de medição de referência. Os valores de referência e os sistemas de medição de referência devem ser internacionalmente rastreáveis.

No caso de sistemas de medição da temperatura com sensores, nomeadamente termopares, termorresistências e termístores, pode efetuar-se a verificação da linearidade removendo o sensor do sistema e substituindo-o por um simulador. Utiliza-se um simulador calibrado de forma independente e com compensação da junção fria, conforme necessário. A incerteza do simulador internacionalmente rastreável associada à temperatura deve ser inferior a 0,5 % da temperatura máxima de funcionamento T_{max}. Se for escolhida esta opção, é necessário utilizar sensores que o fornecedor declare terem uma exatidão superior a 0,5 % de T_{max} por comparação com a curva de calibração obtida com o respetivo padrão.

8.1.4.5. Sistemas de medição que exigem a verificação da linearidade

O quadro 6.5 indica os sistemas de medição que exigem verificações da linearidade. Relativamente a este quadro, é aplicável o seguinte:

a) A verificação da linearidade deve ser realizada com maior frequência se o fabricante do instrumento o recomendar ou isso decorrer das boas práticas de engenharia;

b) «min» designa o valor de referência mínimo utilizado durante a verificação da linearidade;

De notar que este valor, dependendo do sinal, pode ser zero ou um valor negativo;

c) «max» designa, em geral, o valor de referência máximo utilizado durante a verificação da linearidade. Por exemplo, para os misturadores-doseadores de gases, x_{max} é a concentração do gás de regulação da sensibilidade, não dividido, não diluído. Os casos seguintes são casos especiais em que «max» designa um valor diferente:

i) No caso da verificação da linearidade da balança de pesagem das partículas, m_{max} designa a massa típica de um filtro de partículas;

ii) No caso da verificação da linearidade do binário, T_{max} designa o valor máximo do binário do motor especificado pelo fabricante para o binário mais alto do motor a ensaiar;

d) As gamas especificadas incluem os valores iniciais e finais. Por exemplo, uma gama especificada de 0,98--1,02 para o declive a_1 significa $0,98 \leq a_1 \leq 1,02$;

e) Estas verificações da linearidade não são exigidas para os sistemas que passem a verificação do caudal dos gases de escape diluídos, conforme descrito no ponto 8.1.8.5, para a verificação com propano ou para os sistemas dentro da tolerância de ± 2 % com base no balanço químico do carbono ou do oxigénio do ar de admissão, do combustível e dos gases de escape;

f) Os critérios a_1 para estas quantidades apenas são cumpridos se o valor absoluto da quantidade for exigido, por oposição a um sinal que é apenas linearmente proporcional ao valor real;

g) As temperaturas autónomas incluem as temperaturas do motor e as condições ambientes utilizadas para estabelecer ou verificar as condições do motor; as temperaturas utilizadas para estabelecer ou verificar as condições críticas no sistema de ensaio; e as temperaturas utilizadas nos cálculos das emissões:

i) Exigem-se as verificações da linearidade das temperaturas que se seguem. Admissão de ar; banco(s) de ensaio de pós-tratamento (para motores ensaiados com sistemas de pós-tratamento em ciclos com critérios de arranque a frio); ar de diluição para recolha de amostras de partículas (CVS, diluição dupla e sistemas de caudal parcial); amostras de partículas; e amostra do refrigerador (para sistemas de recolha de amostras de gases que utilizam refrigeradores para secar as amostras);

ii) As verificações da linearidade das temperaturas que se seguem só são obrigatórias se especificadas pelo fabricante do motor. Admissão de combustível; saída do ar do arrefecedor do ar de sobrealimentação do banco de ensaio (para motores ensaiados num banco de ensaio com um permutador de calor que simula um arrefecedor do ar de sobrealimentação de uma máquina móvel não rodoviária); admissão do fluido de arrefecimento do arrefecedor do ar de sobrealimentação do banco de ensaio (para motores ensaiados num banco de ensaio com um permutador de calor que simula um arrefecedor do ar de sobrealimentação de uma máquina móvel não rodoviária); óleo no cárter; fluido de arrefecimento antes do termóstato (para motores arrefecidos por líquido);

h) As pressões autónomas incluem as pressões do motor e as condições ambientes utilizadas para estabelecer ou verificar as condições do motor; as pressões utilizadas para estabelecer ou verificar as condições críticas no sistema de ensaio; e as pressões utilizadas nos cálculos das emissões:

i) Exigem-se as seguintes verificações da linearidade da pressão: restrição da pressãode admissão de ar; contrapressão dos gases de escape; barómetro; pressão manométrica na admissão do CVS (se a medição for feita utilizando um CVS); amostra do refrigerador (para sistemas de recolha de amostras de gases que utilizam refrigeradores para secar as amostras);

ii) Verificações da linearidade da pressão que só são exigidas se especificadas pelo fabricante do motor: perda de pressão no arrefecedor do ar de sobrealimentação e no tubo de ligação (para motores turbocomprimidos ensaiados num banco de ensaio com um permutador de calor que simula um arrefecedor do ar de sobrealimentação de uma máquina móvel não rodoviária), admissão de combustível; e saída de combustível.

Quadro 6.5

Sistemas de medição que exigem verificações da linearidade

Sistema de medição	Quantidade	Frequência mínima da verificação	Critérios de linearidade			
			$\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$	a	SEE	r^2
Velocidade do motor	n	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 0,05 % n_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % n_{max}	≥ 0,990
Binário do motor	T	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 % T_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % T_{max}	≥ 0,990
Caudal de combustível	q_m	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Caudal de ar de admissão (1)	q_V	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Caudal do ar de diluição (1)	q_V	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Gases de escape diluídos de escape diluídos (1)	q_V	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Gases de escape brutos de escape brutos (1)	q_V	No prazo de 185 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Caudais dos amostradores por lotes (1)	q_V	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 %	0,98-1,02	≤ 2 %	≥ 0,990
Misturadores-doseadores de gases	x/x_{span}	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 0,5 % x_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % x_{max}	≥ 0,990
Analisadores de gases	x	No prazo de 35 dias antes do ensaio	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
Balança de pesagem das partículas	m	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 % m_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % m_{max}	≥ 0,998
Pressões autónomas	p	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 % p_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % p_{max}	≥ 0,998
Conversão analógico-digital dos sinais das temperaturas autónomas	T	No prazo de 370 dias antes do ensaio	≤ 1 % T_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % T_{max}	≥ 0,998

(1) Pode utilizar-se o caudal molar em vez do caudal volumétrico padrão como o termo que representa a «quantidade». Neste caso, pode utilizar-se o caudal molar máximo em vez do caudal volumétrico padrão máximo nos critérios de linearidade correspondentes.

8.1.5. Verificação em contínuo da resposta e da atualização-registo do analisador de gases

O presente ponto descreve o procedimento de verificação geral em contínuo da resposta e da atualização--registo do analisador de gases. Ver ponto 8.1.6 para os procedimentos de verificação dos analisadores do tipo compensação.

8.1.5.1. Âmbito e frequência

Esta verificação deve ser efetuada após a instalação ou a substituição de um analisador de gases utilizado para a recolha de amostras em contínuo. Esta verificação também deve ser efetuada se o sistema for reconfigurado de um modo que altere a resposta do sistema. Esta verificação é necessária para os analisadores de gases contínuos utilizados nos ensaios em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) ou RMC, mas não é necessária para os sistemas com analisador de gases por lote ou com analisadores de gases contínuos utilizados apenas para ensaios com um NRSC em modo discreto.

8.1.5.2. Princípios de medição

Este ensaio verifica que as frequências de atualização e de registo são adequadas à resposta global do sistema a uma variação rápida do valor das concentrações na sonda de recolha de amostras. Os sistemas dos analisadores de gases devem ser otimizados de modo a que a sua resposta global a uma variação rápida da concentração seja atualizada e registada com uma frequência adequada para evitar a perda de informação. Este ensaio verifica igualmente que os sistemas com analisador de gases contínuo cumprem um tempo de resposta mínimo.

As regulações do sistema para a avaliação do tempo de resposta devem ser exatamente as mesmas que para a medição durante o ensaio (isto é, pressão, caudais, regulações dos filtros nos analisadores e todas as outras influências sobre o tempo de resposta). A determinação do tempo de resposta é feita com a permuta dos gases diretamente à entrada da sonda de recolha de amostras. Os dispositivos para a permuta dos gases devem possuir uma especificação para proceder à permuta em menos de 0,1 s. Os gases utilizados para o ensaio devem causar uma variação da concentração de, pelo menos, 60 % da escala completa (FS).

Regista-se a alteração da concentração de cada componente dos gases.

8.1.5.3. Requisitos do sistema

a) O tempo de resposta do sistema deve ser ≤ 10 s, com um tempo de subida ≤ 5 s para todos os componentes medidos (CO, NO_x, $_2$ e HC) e todas as gamas utilizadas.

   Todos os dados (concentração, combustível e caudais de ar) têm de ser desfasados em função dos respetivos tempos de resposta medidos antes de se efetuarem os cálculos das emissões previstos no anexo VII.

b) Para demonstrar níveis aceitáveis de atualização e de registo no que respeita à resposta global do sistema, este deve cumprir um dos seguintes critérios:

   i) O produto do tempo de subida médio pela frequência a que o sistema regista uma concentração atualizada não pode ser inferior a 5. O tempo de subida médio nunca poderá ser superior a 10 s;

   ii) A frequência a que o sistema regista a concentração deve ser, pelo menos, de 2 Hz (ver também o quadro 6.7).

8.1.5.4. Procedimento

Deve utilizar-se o seguinte procedimento para verificar a resposta de cada sistema com analisador de gases contínuo:

a) Devem observar-se as instruções de arranque e de funcionamento do fabricante do sistema de análise para a configuração do instrumento. O sistema de medição deve ser regulado na medida do necessário para otimizar o desempenho. Esta verificação deve ser efetuada com o analisador a funcionar de forma idêntica à usada no ensaio das emissões. Se o analisador partilhar o sistema de recolha de amostras com outros analisadores e se o caudal de gases para os outros analisadores afetar o tempo de resposta do sistema, então os outros analisadores devem ser postos em funcionamento e operados enquanto decorre este ensaio de verificação. Este ensaio de verificação pode ser realizado com diversos analisadores a partilhar o mesmo sistema de recolha de amostras em simultâneo. Se forem usados filtros analógicos ou digitais em tempo real durante o ensaio de emissões, esses filtros devem ser utilizados da mesma forma durante esta verificação;

b) Em relação ao equipamento utilizado para validar o tempo de resposta do sistema, recomendam-se comprimentos mínimos para a conduta de transferência dos gases entre todas as ligações, uma fonte de ar de colocação a zero deve estar ligada a uma entrada de uma válvula de ação rápida de 3 vias (2 entradas, 1 saída) a fim de controlar o caudal dos gases de colocação a zero e da mistura de gases de regulação da sensibilidade para a entrada da sonda do sistema de recolha de amostras ou um T próximo da saída da sonda. Normalmente o caudal de gases é mais elevado do que o caudal da sonda e o excesso é descarregado da entrada da sonda. Se o caudal de gases for inferior ao caudal da sonda, a concentração gasosa deve ser regulada a fim de tomar em consideração a diluição do ar ambiente arrastado para a sonda. Podem usar-se gases de regulação da sensibilidade binários ou múltiplos. Pode utilizar-se um dispositivo misturador de gases para misturar os gases de regulação da sensibilidade. Recomenda-se um dispositivo misturador de gases quando se misturam gases de regulação da sensibilidade diluídos em N2 com gases de regulação da sensibilidade diluídos em ar;

Usando um misturador-doseador, mistura-se um gás de regulação da sensibilidade ao NO-CO-CO_2-C_3H_8--CH_4 (restante N_2) em partes iguais com um gás de regulação da sensibilidade ao NO_2, restante ar de síntese purificado. Também se podem utilizar gases binários normais, se for esse o caso, em vez da mistura NO-CO-CO_2-C_3H_8-CH_4, restante gás de regulação da sensibilidade ao N_2; neste caso, devem realizar-se ensaios de resposta separados para cada analisador. O misturador-doseador de gases deve estar ligado à outra entrada da válvula de três vias. A saída da válvula deve estar ligada a uma descarga na sonda do sistema de análise de gases ou a uma descarga instalada entre a sonda e a conduta de transferência para todos os analisadores a ser objeto de verificação. Deve utilizar-se uma configuração que evite as pulsações de pressão devido ao corte da passagem do caudal pelo dispositivo de mistura de gases. Devem omitir-se quaisquer destes constituintes dos gases que não sejam relevantes para esta verificação dos analisadores. Em alternativa, é permitida a utilização de garrafas contendo gases únicos e uma medição separada dos tempos de resposta;

c) A recolha dos dados deve ser feita do seguinte modo:

i) Comuta-se a válvula para abrir o caudal do gás de colocação a zero;

ii) É permitida a estabilização para ter em conta o tempo de transporte e a resposta completa do analisador mais lento;

iii) Inicia-se o registo dos dados à frequência utilizada durante o ensaio de emissões. Cada valor registado deve consistir numa única concentração atualizada medida pelo analisador; não são permitidas a interpolação ou a filtragem para alterar os valores registados;

iv) Comuta-se a válvula para dirigir o caudal da mistura de gases de regulação da sensibilidade para os analisadores. Regista-se este tempo como t_0;

v) Devem ter-se em conta o tempo de transporte e a resposta completa do analisador mais lento;

vi) Comuta-se o caudal para dirigir o gás de colocação a zero para o analisador. Regista-se este tempo como t_{100};

vii) Devem ter-se em conta o tempo de transporte e a resposta completa do analisador mais lento;

viii) Repetem-se os passos previstos na alínea c), subalíneas iv) a vii), do presente ponto de modo a registar 7 ciclos completos, terminando com o gás de colocação a zero a passar pelos analisadores;

ix) Para-se o registo.

8.1.5.5. Avaliação do desempenho

Utilizam-se os dados da alínea c) do ponto 8.1.5.4 para calcular o tempo de subida médio para cada um dos analisadores.

a) Se se optar por demonstrar a conformidade recorrendo à alínea b), subalínea i), do ponto 8.1.5.3, é aplicável o seguinte procedimento: multiplicam-se os tempos de subida (em s) pelas respetivas frequências de registo em Hertz (1/s). O valor de cada resultado deve ser, pelo menos, igual a 5. Se o valor for inferior a 5, a frequência de registo deve ser aumentada ou os caudais ajustados ou a conceção do sistema de recolha de amostras alterada para aumentar o tempo de subida tanto quanto necessário. Os filtros digitais também podem ser configurados para aumentar o tempo de subida;

b) Se se optar por demonstrar a conformidade recorrendo à alínea b), subalínea ii), do ponto 8.1.5.3, a demonstração da conformidade com os requisitos da alínea b), subalínea ii), do ponto 8.1.5.3 é suficiente.

8.1.6. Verificação do tempo de resposta dos analisadores do tipo compensação

8.1.6.1. Âmbito e frequência

Esta verificação deve ser efetuada para determinar a resposta de um analisador de gases contínuo, em que uma resposta do analisador é compensada por outra para quantificar uma emissão gasosa. Para esta verificação considera-se o vapor de água um constituinte gasoso. Esta verificação é necessária para os analisadores de gases contínuos utilizados nos ciclos de ensaio (NRTC eLSI-NRTC) ou RMC. Esta verificação não é necessária para os analisadores de gases por lotes ou para os analisadores de gases contínuos que sejam utilizados apenas para ensaios com um NRSC em modo discreto. Esta verificação não se aplica à correção da água retirada da amostra em pós-processamento. Esta verificação deve ser efetuada após a instalação inicial (isto é, a entrada em serviço do banco de ensaio). Após qualquer operação importante de manutenção, pode recorrer-se ao ponto 8.1.5 para verificar a resposta uniforme desde que os eventuais componentes substituídos tenham sido antes submetidos a uma verificação da resposta uniforme humedecida.

8.1.6.2. Princípios de medição

Este procedimento verifica o alinhamento temporal e a resposta uniforme das medições de gases combinadas em contínuo. Para este procedimento, é necessário assegurar que todos os algoritmos de compensação e as correções da humidade são ativados.

8.1.6.3. Requisitos do sistema

O requisito geral para o tempo de resposta e o tempo de subida constante da alínea a) do ponto 8.1.5.3 é igualmente válido para os analisadores do tipo compensação. Além disso, se a frequência de registo for diferente da frequência de atualização do sinal contínuo combinado/compensado, utiliza-se a menor destas duas frequências para a verificação exigida na alínea b), subalínea i), do ponto 8.1.5.3.

8.1.6.4. Procedimento

São utilizados todos os procedimentos indicados nas alíneas a) a c) do ponto 8.1.5.4. Além disso, deve medir-se o tempo de resposta e de subida do vapor de água se se utilizar um algoritmo de compensação com base no vapor de água medido. Neste caso, pelo menos um dos gases de calibração (mas não o NO_2) deve ser humedecido do seguinte modo:

Se o sistema não utilizar um secador de amostras para remover água da amostra de gases, o gás de regulação da sensibilidade deve ser humedecido fazendo passar a mistura de gases por um recipiente selado que a humedeça de forma a atingir o ponto de orvalho mais elevado das amostras estimado durante a recolha de amostras das emissões fazendo-a borbulhar através de água destilada. Se o sistema utilizar um secador de amostras durante o ensaio que tenha passado a verificação prevista para os secadores de amostras, a mistura de gases humedecida pode ser introduzida a jusante do secador de amostras, fazendo-a borbulhar através de água destilada num recipiente selado a 298 ± 10 K (25 ± 10 °C) ou a uma temperatura superior ao ponto de orvalho. Em todos os casos, a jusante do recipiente, os gases humedecidos devem ser mantidos a uma temperatura de, pelo menos, 5 K (5 °C) acima do ponto de orvalho local na conduta. Note-se que é possível omitir qualquer destes constituintes gasosos se não forem relevantes para os analisadores nesta verificação. Se algum dos constituintes gasosos não for suscetível à compensação da água, a verificação da resposta destes analisadores pode ser efetuada sem humidificação.

8.1.7. Medição dos parâmetros do motor e das condições ambientes

O fabricante do motor deve aplicar procedimentos internos de qualidade com base em normas nacionais ou internacionais reconhecidas. Se não for esse o caso, são aplicáveis os procedimentos que se seguem.

8.1.7.1. Calibração do binário

8.1.7.1.1. Âmbito e frequência

Todos os sistemas de medição do binário, incluindo os transdutores e sistemas de medição do dinamómetro para medir o binário, devem ser calibrados aquando da instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção, recorrendo, nomeadamente, à força de referência ou ao comprimento de braço da alavanca em combinação com um peso morto. Usam-se as boas práticas de engenharia para repetir a calibração. Devem seguir-se as instruções do fabricante do transdutor de binário para linearizar o sinal do sensor do binário. São permitidos outros métodos de calibração.

8.1.7.1.2. Calibração com carga permanente

Esta técnica aplica uma força conhecida suspendendo pesos conhecidos a uma distância conhecida ao longo de um braço de uma alavanca. Deve ser assegurado que o braço da alavanca com os pesos esteja perpendicular à gravidade (ou seja, horizontal) e perpendicular ao eixo de rotação do dinamómetro. Devem aplicar-se pelo menos seis combinações de pesos de calibração para cada gama de medição do binário aplicável, espaçando os pesos de forma aproximadamente igual ao longo da gama. Deve oscilar-se ou rodar-se o dinamómetro durante a calibração para reduzir a histerese estática de atrito. Determina-se a força de cada peso multiplicando a sua massa internacionalmente rastreável pela aceleração local da gravidade da Terra.

8.1.7.1.3. Calibração do extensómetro ou do anel dinamométrico

Aplica-se esta técnica quer suspendendo pesos num braço de uma alavanca (estes pesos e o comprimento do braço da alavanca não são utilizados para a determinação do binário de referência) ou fazendo funcionar o dinamómetro a diferentes binários. Devem aplicar-se pelo menos seis combinações de forças para cada gama de medição do binário aplicável, espaçando as forças de forma aproximadamente igual ao longo da gama. Deve oscilar-se ou rodar-se o dinamómetro durante a calibração para reduzir a histerese estática de atrito. Neste caso, o binário de referência é determinado multiplicando a força indicada pelo instrumento de medição de referência (como um extensómetro ou um anel dinamométrico) pelo comprimento efetivo do respetivo braço de alavanca, medido desde o ponto de medição da força até ao eixo de rotação do dinamómetro. Deve ser assegurado que este comprimento é medido perpendicularmente ao eixo do instrumento de medição de referência e perpendicular ao eixo de rotação do dinamómetro.

8.1.7.2. Calibração da pressão, da temperatura e do ponto de orvalho

Os instrumentos devem ser calibrados para medir a pressão, a temperatura e o ponto de orvalho aquando da instalação inicial. Devem seguir-se as instruções do fabricante do instrumento e usar-se as boas práticas de engenharia para repetir a calibração.

Nos sistemas de medição da temperatura com sensores do tipo termopar, termorresistência ou termístor, a calibração do sistema deve ser efetuada como descrito no ponto 8.1.4.4 para verificação da linearidade.

8.1.8. Medições relativas aos caudais

8.1.8.1. Calibração do caudal de combustível

Os medidores de caudais para o combustível devem ser calibrados aquando da instalação inicial. Devem seguir-se as instruções do fabricante do instrumento e usar-se as boas práticas de engenharia para repetir a calibração.

8.1.8.2. Calibração do caudal de ar de admissão

Os medidores de caudais para o ar de admissão devem ser calibrados aquando da instalação inicial. Devem seguir-se as instruções do fabricante do instrumento e usar-se as boas práticas de engenharia para repetir a calibração.

8.1.8.3. Calibração do caudal dos gases de escape

Os medidores de caudais para os gases de escape devem ser calibrados aquando da instalação inicial. Devem seguir-se as instruções do fabricante do instrumento e usar-se as boas práticas de engenharia para repetir a calibração.

8.1.8.4. Calibração do caudal dos gases de escape diluídos (CVS)

8.1.8.4.1. Descrição geral

a) O presente ponto descreve a forma de calibrar os medidores de caudais para os sistemas de recolha de amostras de gases de escape diluídos a volume constante (CVS);

b) Esta calibração deve ser realizada enquanto o medidor de caudais é instalado na sua posição permanente. Deve realizar-se esta calibração após ter sido alterada qualquer parte da configuração do caudal a montante ou a jusante do medidor de caudais que possa afetar a calibração do medidor de caudais. Esta calibração deve ser efetuada aquando da instalação inicial do CVS e sempre que as medidas corretivas não resolvam o incumprimento da verificação do caudal dos gases de escape diluídos (ou seja, verificação com propano) prevista no ponto 8.1.8.5;

c) Deve calibrar-se um medidor de caudais para um CVS usando um medidor de caudais de referência como um venturímetro subsónico, uma tubeira de raio longo, um orifício de concordância suave, um elemento de fluxo laminar, um conjunto de venturis de escoamento crítico ou um medidor de caudais ultrassónico. Deve usar-se um medidor de caudais de referência que indique quantidades internacionalmente rastreáveis com uma margem de incerteza de ± 1 %. A resposta deste medidor de caudais de referência deve ser utilizada como valor de referência para a calibração do medidor de caudais do CSV;

d) Não é permitido utilizar a montante uma barreira ou outra restrição de pressão que possa afetar o caudal antes de este atingir o medidor de caudais de referência, exceto se o medidor de caudais tiver sido calibrado com uma tal restrição de pressão;

e) A sequência de calibração descrita no presente ponto 8.1.8.4 refere-se à abordagem molar. Para a sequência correspondente utilizada na abordagem mássica, ver ponto 2.5 do anexo VII.

f) Ao critério do fabricante, o CFV ou SSV pode, em alternativa, ser removido da sua posição permanente para efeitos de calibração, desde que sejam cumpridos os seguintes requisitos aquando da instalação no CVS:

   1) Após a instalação do CFV ou SSV no CVS, aplicam-se as boas práticas de engenharia para verificar que não se introduziram fugas entre a admissão do CVS e o venturi.

   2) Após a calibração do venturi *ex situ*, todas as combinações do caudal do venturi devem ser verificadas para os CFV ou, no mínimo, 10 pontos do caudal para um SSV utilizando a verificação com propano descrita no ponto 8.1.8.5. O resultado da verificação com propano para cada ponto do caudal do venturi não pode exceder a tolerância do ponto 8.1.8.5.6.

   3) Para verificar a calibração ex situ de um CVS com mais de uma CFV, procede-se do seguinte modo:

      i) Utiliza-se um dispositivo de caudal constante para fornecer um caudal constante de propano ao túnel de diluição.

      ii) As concentrações de hidrocarboneto são medidas num mínimo de 10 caudais distintos para um medidor de caudais SSV, ou em todas as combinações de caudais possíveis para um medidor de caudais CFV, mantendo o caudal de propano constante.

      iii) A concentração de hidrocarbonetos de fundo no ar de diluição é medida no início e no final do ensaio. A concentração média de fundo de cada medição em cada ponto do caudal deve ser subtraída antes da realização da análise de regressão da subalínea iv).

      iv) Deve realizar-se uma regressão da potência utilizando todos os pares de valores do caudal e a concentração corrigida para obter uma relação sob a forma de $y = a \times x^b$, utilizando a concentração como variável independente e o caudal como variável dependente. Para cada ponto de dados, é necessário o cálculo da diferença entre o caudal medido e o valor representado por ajustamento da curva. A diferença em cada ponto deve ser inferior a ± 1 % do valor de regressão adequado. O valor de b deve situar-se num intervalo de − 1,005 a − 0,995. Se os resultados não cumprirem estes limites, é necessário tomar medidas corretivas de acordo com o ponto 8.1.8.5.1, alínea a).

8.1.8.4.2. Calibração da PDP

Uma bomba volumétrica (PDP) deve ser calibrada de forma a determinar a equação caudal/velocidade da PDP que represente as fugas do caudal através da superfície de estanquidade da PDP em função da pressão de entrada da PDP. Devem ser determinados coeficientes únicos a usar na equação para cada velocidade a que se fizer funcionar a PDP. Calibra-se um medidor de caudais da PDP do seguinte modo:

a) Liga-se o sistema da forma representada na figura 6.5;

b) As fugas entre o medidor de caudais de calibração e a PDP devem ser inferiores a 0,3 % do caudal total no ponto mais baixo do caudal calibrado; por exemplo, com a restrição de pressão mais elevada e o ponto mais baixo da velocidade da PDP;

c) Durante o funcionamento da PDP deve ser mantida na entrada da PDP uma temperatura constante a ± 2 % do valor médio absoluto da temperatura de entrada, T_{in};

d) Regula-se a velocidade da PDP no primeiro ponto de velocidade previsto para a sua calibração;

e) Abre-se completamente a válvula de regulação do caudal;

f) Faz-se funcionar a PDP durante, pelo menos, 3 minutos para estabilizar o sistema. Em seguida, com a PDP a funcionar em contínuo, registam-se os valores médios de, pelo menos, 30 s de dados recolhidos de cada uma das seguintes quantidades:

i) Caudal médio do medidor de caudais de referência, $\overline{q}_{Vref}$;

ii) A temperatura média à entrada da PDP, $T_{in;}$

iii) A pressão absoluta estática média à entrada da PDP, $p_{in;}$

iv) A pressão absoluta estática média à saída da PDP, $p_{out;}$

v) A velocidade média da PDP, n_{PDP};

g) Fecha-se progressivamente a válvula de regulação do caudal para diminuir a pressão absoluta à entrada da PDP, p_{in};

h) Repetem-se os passos das alíneas f) e g) do ponto 8.1.8.4.2 para registar os dados de pelo menos seis posições da válvula que reflitam a gama completa das pressões possíveis em funcionamento à entrada da PDP;

i) Calibra-se a PDP utilizando os dados recolhidos e as equações estabelecidas no anexo VII;

j) Repetem-se os passos das alíneas f) a i) do presente ponto para cada velocidade a que se faça funcionar a PDP;

k) Utilizam-se as equações do ponto 3 do anexo VII (abordagem molar) ou do ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) para determinar a equação do caudal da PDP para os ensaios de emissões;

l) Deve verificar-se a calibração executando uma verificação do CVS (ou seja, uma verificação com propano) da forma descrita no ponto 8.1.8.5;

m) Não é permitido utilizar a PDP com uma pressão de entrada inferior à pressão ensaiada durante a calibração.

8.1.8.4.3. Calibração do CFV

Um venturi de escoamento crítico (CFV) deve ser calibrado para verificar o seu coeficiente de descarga, C_d, ao mais baixo diferencial de pressão estática esperado entre a entrada e a saída do CFV. Calibra-se um medidor de caudais do CFV do seguinte modo:

a) Liga-se o sistema da forma representada na figura 6.5;

b) Faz-se arrancar o insuflador a jusante do CFV;

c) Durante o funcionamento do CFV deve ser mantida na entrada do CFV uma temperatura constante a ± 2 % do valor médio absoluto da temperatura de entrada, T_{in};

d) As fugas entre o medidor de caudais de calibração e o CFV devem ser inferiores a 0,3 % do caudal total com a restrição de pressão mais elevada;

e) Abre-se completamente a válvula de regulação do caudal. Em vez de uma válvula de regulação, pode-se fazer variar a pressão a jusante do CFV fazendo variar a velocidade do insuflador ou introduzindo uma fuga controlada. É de notar que alguns insufladores têm limitações em condições de ausência de carga;

f) Faz-se funcionar o CFV durante, pelo menos, 3 minutos para estabilizar o sistema. O CFV deve continuar a funcionar, registando-se os valores médios de, pelo menos, 30 s de dados recolhidos de cada uma das seguintes quantidades:

i) Caudal médio do medidor de caudais de referência, $\overline{q}_{Vref}$;

ii) Facultativamente, o ponto de orvalho médio do ar de calibração, T_{dew}. Ver anexo VII para os pressupostos admissíveis durante a medição das emissões;

iii) A temperatura média à entrada do venturi, T_{in};

iv) A pressão absoluta estática média à entrada do venturi, p_{in};

v) O diferencial médio de pressão estática entre a entrada e a saída do CFV, Δp_{CFV};

g) Fecha-se progressivamente a válvula de regulação do caudal para diminuir a pressão absoluta à entrada do CFV, p_{in};

h) Repetem-se os passos das alíneas f) e g) do presente ponto para registar os dados médios de pelo menos dez posições da válvula, de modo a ensaiar a maior gama prática da Δp_{CFV} prevista durante os ensaios. Não é necessário remover componentes de calibração ou do CVS para calibrar com as menores restrições de pressão possíveis;

i) C_d e a maior razão de pressão admissível *r* determinam-se da forma descrita no anexo VII;

j) Utiliza-se C_d para determinar o caudal do CFV durante um ensaio de emissões. O CFV não pode ser utilizado acima da maior *r* admissível, conforme determinado no anexo VII;

k) Deve verificar-se a calibração executando uma verificação do CVS (ou seja, uma verificação com propano) da forma descrita no ponto 8.1.8.5;

l) Se o CVS estiver configurado para funcionar com mais do que um CFV de cada vez em paralelo, o CVS deve ser calibrado de um dos seguintes modos:

i) Calibra-se cada combinação de CFV de acordo com o presente ponto e o anexo VII. Ver anexo VII para as instruções sobre a forma de calcular os caudais para esta opção;

ii) Calibra-se cada CFV de acordo com o presente ponto e o anexo VII. Ver anexo VII para as instruções sobre a forma de calcular os caudais para esta opção.

8.1.8.4.4. Calibração do SSV

Calibra-se um venturi subsónico (SSV) para determinar o seu coeficiente de calibração, C_d, para a gama esperada de pressões de entrada. Calibra-se um medidor de caudais SSV do seguinte modo:

a) Liga-se o sistema da forma representada na figura 6.5;

b) Faz-se arrancar o insuflador a jusante do SSV;

c) As fugas entre o medidor de caudais de calibração e o SSV devem ser inferiores a 0,3 % do caudal total com a restrição mais elevada;

d) Durante o funcionamento do SSV deve ser mantida na entrada do SSV uma temperatura constante a ± 2 % do valor médio absoluto da temperatura de entrada, T_{in};

e) A válvula de regulação ou o insuflador de velocidade variável deve ser regulado para um caudal superior ao maior caudal previsto durante o ensaio. Os caudais não podem ser extrapolados para além dos valores calibrados, pelo que se recomenda que se verifique que um número de Reynolds, *Re*, na garganta do SSV ao maior caudal calibrado é superior ao máximo *Re* previsto durante o ensaio;

f) Faz-se funcionar o SSV durante, pelo menos, 3 minutos para estabilizar o sistema. O SSV deve continuar a funcionar, registando-se os valores médios de, pelo menos, 30 s de dados recolhidos de cada uma das seguintes quantidades:

   i) Caudal médio do medidor de caudais de referência, $\overline{q}_{Vref}$;

   ii) Facultativamente, o ponto de orvalho médio do ar de calibração, T_{dew}. Ver Anexo VII para os pressupostos admissíveis;

   iii) A temperatura média à entrada do venturi, T_{in};

   iv) A pressão absoluta estática média à entrada do venturi, p_{in};

   v) O diferencial de pressão entre a pressão estática à entrada do venturi e a pressão estática na garganta do venturi, Δp_{SSV};

g) Fecha-se progressivamente a válvula de regulação do caudal ou diminui-se progressivamente a velocidade do insuflador para diminuir o caudal;

h) Repetem-se os passos das alíneas f) e g) do presente ponto para registar os dados para pelo menos 10 caudais;

i) Determina-se uma forma funcional de C_d em função de *Re* utilizando os dados recolhidos e as equações do anexo VII;

j) Deve verificar-se a calibração executando uma verificação do CVS (ou seja, uma verificação com propano) da forma descrita no ponto 8.1.8.5, utilizando a nova equação C_d em função de *Re*;

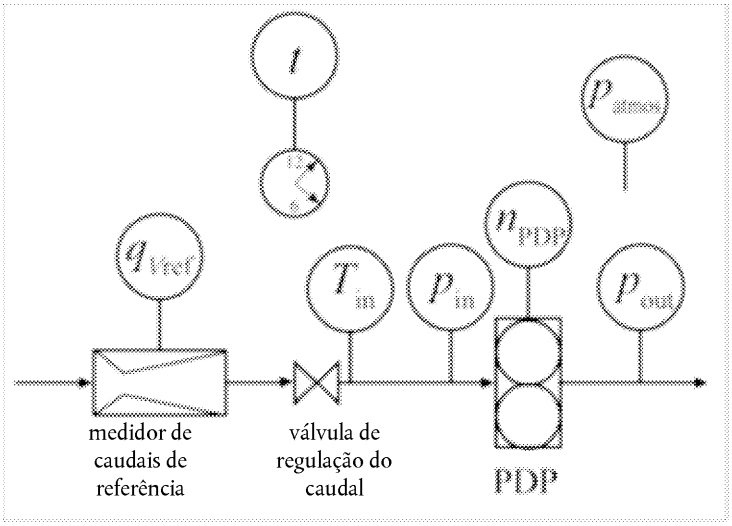
k) O SSV só pode ser utilizado entre os caudais mínimo e máximo calibrados;

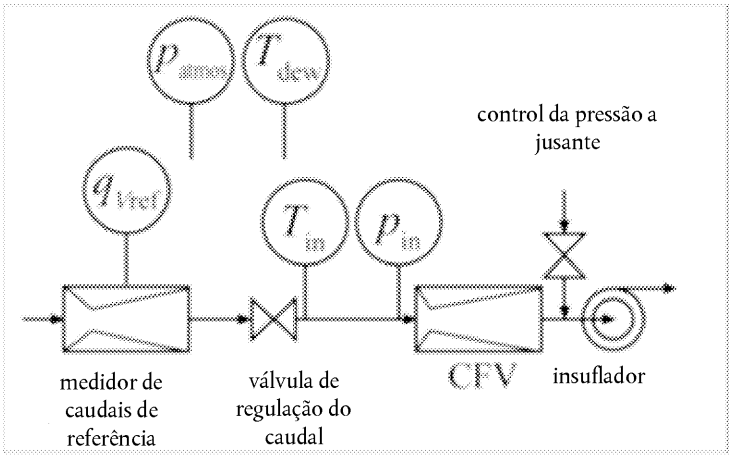
l) Utilizam-se as equações do ponto 3 do anexo VII (abordagem molar) ou do ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) para determinar o caudal do SSV durante um ensaio.

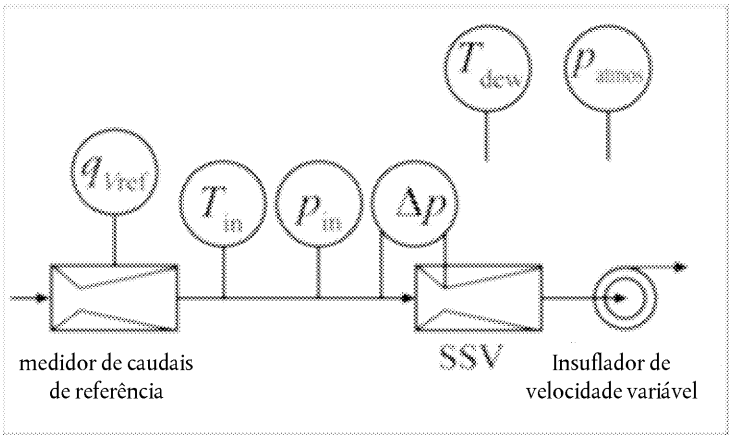
8.1.8.4.5. Calibração ultrassónica (reservado)

Figura 6.5

Diagramas esquemáticos da calibração do CVS para o caudal dos gases de escape diluídos







8.1.8.5. Verificação de CVS e do amostrador por lotes (verificação com propano)

8.1.8.5.1. Introdução

a) Uma verificação com propano serve de verificação do CVS para determinar se existe uma discrepância nos valores medidos do caudal dos gases de escape diluídos. Uma verificação com propano serve também de verificação do amostrador por lotes para determinar se existe uma discrepância num sistema de recolha de amostras por lote que extrai uma amostra de um CVS, conforme descrito na alínea f) do presente ponto. Usando as boas práticas de engenharia e de segurança, esta verificação pode ser efetuada com recurso a um gás diferente do propano, como o CO_2 ou o CO. Uma verificação com propano mal sucedida pode indicar um ou mais problemas que poderão requerer medidas corretivas, nomeadamente:

   i) Calibração incorreta do analisador. O analisador FID deve ser recalibrado, reparado ou substituído;

   ii) Devem efetuar-se verificações de estanquidade no túnel, nas ligações e nos elementos de fixação do CVS e no sistema de recolha de amostras de HC em conformidade com o ponto 8.1.8.7;

   iii) Deve efetuar-se a verificação da qualidade da mistura em conformidade com o ponto 9.2.2;

   iv) Deve efetuar-se a verificação da contaminação por hidrocarbonetos no sistema de amostras como descrito no ponto 7.3.1.2;

   v) Alteração da calibração do CVS. Efetua-se uma calibração *in situ* do medidor de caudais CVS como descrito no ponto 8.1.8.4;

   vi) Outros problemas com o *hardware* ou o *software* de verificação do CVS ou da recolha de amostras. O sistema CVS, o *hardware* e o *software* de verificação do CVS devem ser inspecionados para identificar eventuais discrepâncias;

b) Numa verificação com propano utiliza-se quer uma massa de referência ou um caudal de referência de C_3H_8 como gás marcador num CVS. Se for utilizado um caudal de referência, deve ser tido em conta qualquer comportamento não perfeito do C_3H_8 no medidor de caudais de referência. Ver ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) ou ponto 3 do anexo VII (abordagem molar), que descrevem como calibrar e utilizar certos medidores de caudais. Não é permitido presumir gases perfeitos no ponto 8.1.8.5 e no anexo VII. A verificação com propano compara com o valor de referência a massa calculada de C_3H_8 injetado utilizando medições dos HC e do caudal do CVS.

8.1.8.5.2. Método para introduzir uma quantidade conhecida de propano no sistema CVS

Determina-se a exatidão global do sistema de recolha CVS e do sistema de análise pela introdução de uma massa conhecida de gás poluente no sistema com este a funcionar normalmente. Analisa-se o poluente e calcula-se a massa em conformidade com o anexo VII. Utiliza-se uma das duas técnicas a seguir descritas:

a) A medição por meio de uma técnica gravimétrica deve ser feita do seguinte modo: determina-se a massa de uma pequena garrafa cheia de monóxido de carbono ou propano com uma precisão de ± 0,01 g. Faz-se funcionar o sistema CVS durante cerca de 5 a 10 minutos como num ensaio de emissões de escape normal, enquanto é injetado monóxido de carbono ou propano no sistema. Determina-se a quantidade de gás puro introduzido no sistema por pesagem diferencial. Analisa-se uma amostra de gás com o equipamento habitual (saco de recolha de amostras ou método de integração) e calcula-se a massa do gás;

b) A medição com um orifício de escoamento crítico deve ser feita do seguinte modo: Introduz-se uma quantidade conhecida de gás puro (monóxido de carbono ou propano) no sistema CVS através de um orifício de escoamento crítico calibrado. Se a pressão à entrada for suficientemente elevada, o caudal, que é ajustado através do orifício de escoamento crítico, é independente da pressão à saída do orifício (escoamento crítico). Faz-se funcionar o sistema CVS como para um ensaio normal de emissões de escape durante cerca de 5 a 10 minutos. Analisa-se uma amostra de gás com o equipamento habitual (saco de recolha de amostras ou método de integração) e calcula-se a massa do gás.

8.1.8.5.3. Preparação da verificação com propano

Prepara-se a verificação com propano do seguinte modo:

a) Se for utilizada uma massa de referência de C_3H_8 em vez de um caudal de referência, utiliza-se uma garrafa cheia de C_3H_8. A massa da garrafa de referência de C_3H_8 deve ser determinada com uma tolerância de ± 0,5 % da quantidade de C_3H_8 que estiver previsto utilizar;

b) Devem selecionar-se caudais adequados para o CVS e o C_3H_8;

c) Seleciona-se no CSV uma porta para a injeção de C_3H_8. A localização da porta deve ser tão próxima quanto possível do local em que o sistema de escape do motor é introduzidos no CVS. Liga-se a garrafa de C_3H_8 ao sistema de injeção;

d) Põe-se em funcionamento e estabiliza-se o CVS;

e) Eventuais permutadores de calor no sistema de recolha de amostras devem ser pré-aquecidos ou pré--arrefecidos;

f) Os componentes aquecidos e arrefecidos, tais como condutas de recolha de amostras, filtros, refrigeradores e bombas, devem poder ser estabilizados à temperatura de funcionamento;

g) Se for caso disso, efetua-se uma verificação da estanquidade do lado do vácuo do sistema de recolha de amostras de HC conforme descrito no ponto 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Preparação do sistema de recolha de amostras de HC para a verificação com propano

A verificação da estanquidade do lado do vácuo do sistema de recolha de amostras de HC pode ser efetuada em conformidade com o disposto na alínea g) do presente ponto. Se for utilizado este procedimento, pode recorrer-se ao procedimento de contaminação por HC descrito no ponto 7.3.1.2. Se não for efetuada a verificação da estanquidade do lado do vácuo em conformidade com a alínea g), o sistema de recolha de amostras de HC deve ser colocado a zero, calibrado e a sua contaminação verificada, como se segue:

a) Seleciona-se a gama mais baixa do analisador de HC que possa medir a concentração de C_3H_8 prevista para o CVS e selecionam-se os caudais de C_3H_8;

b) O analisador de HC deve ser colocado a zero através da introdução de ar de colocação a zero na entrada do analisador;

c) Regula-se a sensibilidade do analisador de HC com a introdução de gás de regulação da sensibilidade ao C_3H_8 na entrada do analisador;

d) O ar de colocação a zero deve ser descarregado na sonda de HC ou numa instalação entre a sonda de HC e a conduta de transferência;

e) A concentração estável de HC do sistema de recolha de amostras de HC deve ser medida durante um escoamento de ar de colocação a zero em excesso. No caso da medição dos HC por lote, enche-se o recipiente do lote (por exemplo, um saco) e mede-se a concentração dos HC em excesso;

f) Se a concentração de HC em excesso for superior a 2 µmol/mol, o procedimento não pode avançar enquanto a contaminação não tiver sido eliminada. Determina-se a fonte da contaminação e tomam-se medidas corretivas, tais como limpar o sistema ou substituir as partes contaminadas;

g) Se a concentração de HC em excesso não for superior a 2 µmol/mol, este valor deve ser registado como x_{HCinit} e utilizado para corrigir a contaminação por HC da forma descrita no ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) ou no ponto 3 do anexo VII (abordagem molar).

8.1.8.5.5. Realização da verificação com propano

a) Realiza-se a verificação com propano do seguinte modo:

i) Para a recolha de amostras por lote de HC, devem ser ligados ao sistema de recolha de amostras meios de armazenamento limpos, tais como sacos sem ar;

ii) Os instrumentos de medição de HC devem ser postos a funcionar de acordo com as instruções do fabricante;

iii) Se estiver prevista correção para as concentrações de fundo de HC no ar de diluição, medem-se e registam-se os HC no ar de diluição;

iv) Eventuais dispositivos de integração devem ser colocados a zero;

v) Dá-se início à recolha de amostras e põem-se em funcionamento eventuais integradores de caudais;

vi) Abre-se o caudal de C_3H_8 à velocidade selecionada. Se for usado um caudal de referência de C_3H_8, inicia-se a integração deste caudal;

vii) Continua a libertar-se C_3H_8 até que a quantidade de C_3H_8 seja, pelo menos, suficiente para assegurar uma quantificação precisa do C_3H_8 de referência e do C_3H_8 medido;

viii) Fecha-se a garrafa de C_3H_8 e continua-se com a recolha de amostras de forma a ter em conta os atrasos devidos ao transporte das amostras e à resposta do analisador;

ix) Interrompe-se a recolha de amostras e param-se os integradores;

b) Caso se efetue a medição com um orifício de escoamento crítico, pode utilizar-se o procedimento que se segue para a verificação com propano enquanto método alternativo ao da alínea a) do ponto 8.1.8.5.5;

i) Para a recolha de amostras por lote de HC, devem ser ligados ao sistema de recolha de amostras meios de armazenamento limpos, tais como sacos sem ar;

ii) Os instrumentos de medição de HC devem ser postos a funcionar de acordo com as instruções do fabricante;

iii) Se estiver prevista correção para as concentrações de fundo de HC no ar de diluição, medem-se e registam-se os HC no ar de diluição;

iv) Eventuais dispositivos de integração devem ser colocados a zero;

v) Liberta-se o conteúdo da garrafa de referência de C_3H_8 ao caudal selecionado;

vi) Dá-se início à recolha de amostras e põem-se em funcionamento eventuais integradores de caudais após se confirmar que a concentração de HC é estável;

vii) Continua a libertar-se o conteúdo da garrafa até que a quantidade de C_3H_8 libertado seja, pelo menos, suficiente para assegurar uma quantificação precisa do C_3H_8 de referência e do C_3H_8 medido;

viii) Interrompe-se o funcionamento de eventuais integradores;

ix) Fecha-se a garrafa de referência de C_3H_8.

8.1.8.5.6. Avaliação da verificação com propano

Deve seguir-se o seguinte procedimento pós-ensaio:

a) Se se tiver feito uma recolha de amostras por lote as amostras devem ser analisadas logo que possível;

b) Após a análise dos HC, corrige-se a contaminação e a concentração de fundo;

c) Calcula-se a massa total de C_3H_8 com base nos dados do CVS, devendo os dados dos HC ser calculados da forma descrita no anexo VII, usando a massa molar de C_3H_8, M_{C3H8}, em vez da massa molar efetiva dos HC, M_{HC};

d) Se for usada uma massa de referência (método gravimétrico), determina-se a massa do propano da garrafa com uma tolerância de ± 0,5 % e a massa de referência do C_3H_8 deve ser determinada subtraindo a massa da garrafa de propano vazia à massa da garrafa de propano cheia. Se for usado um orifício de escoamento crítico (medição com um orifício de escoamento crítico), a massa do propano deve ser determinada multiplicando o caudal pelo tempo de ensaio;

e) Subtrai-se a massa de referência do C_3H_8 ao valor calculado da massa. Se a diferença estiver dentro da tolerância de ± 3,0 % da massa de referência, o CVS passa esta verificação.

8.1.8.5.7. Verificação do sistema de diluição secundária das partículas

Aquando da repetição da verificação com propano para verificar o sistema de diluição secundária das partículas, utiliza-se o procedimento que se segue das alíneas a) a d) para esta verificação:

a) O sistema de recolha de amostras de HC deve ser configurado de forma a recolher uma amostra próximo da localização do meio de armazenamento do amostrador por lotes (p. ex., um filtro de partículas). Se a pressão absoluta neste local for demasiado baixa para extrair uma amostra de HC, os HC podem ser colhidos dos gases de escape da bomba de recolha do amostrador por lotes. É necessária prudência na recolha de gases de escape da bomba de recolha porque uma eventual fuga da bomba que, noutras condições, seria aceitável a jusante de um medidor de caudais do amostrador por lotes provocará uma falsa anomalia da verificação com propano;

b) Repete-se a verificação com propano da forma descrita no presente ponto, mas os HC devem ser colhidos no amostrador por lotes;

c) Calcula-se a massa do C_3H_8, tendo em conta qualquer diluição secundária do amostrador por lotes;

d) Subtrai-se a massa de referência do C_3H_8 ao valor calculado da massa. Se a diferença estiver dentro da tolerância de ± 5 % da massa de referência, o amostrador por lotes passa esta verificação. Caso contrário, devem tomar-se medidas corretivas.

8.1.8.5.8. Verificação do secador de amostras

Se for usado um sensor de humidade para a monitorização contínua do ponto de orvalho à saída do secador de amostras, esta verificação não se aplica, desde que se assegure que a humidade à saída do secador é inferior aos valores mínimos utilizados para as verificações do efeito de atenuação, da interferência e da compensação.

a) Se for usado um secador de amostras conforme permitido no ponto 9.3.2.3.1 para remover a água da amostra de gases, verifica-se o desempenho do refrigerador após a instalação e após operações importantes de manutenção. Para secadores de membrana osmótica, o desempenho deve ser verificado após a instalação, após operações importantes de manutenção e no prazo de 35 dias a contar do ensaio;

b) A água pode inibir a capacidade de um analisador medir corretamente o componente dos gases de escape que interessa e, por conseguinte, é, por vezes, eliminada antes de os gases atingirem o analisador. Por exemplo, a água pode interferir negativamente com a resposta de um CLD aos NO_x devido à atenuação por colisão e pode interferir positivamente com um analisador NDIR, ao causar uma resposta semelhante à do CO;

c) O secador de amostras deve cumprir as especificações, tal como determinado no ponto 9.3.2.3.1 para o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, a jusante do secador de membrana osmótica ou do refrigerador;

d) Usa-se o método seguinte de verificação do secador de amostras para determinar o desempenho do secador de amostras ou usam-se as boas práticas de engenharia para desenvolver um protocolo diferente:

   i) Devem usar-se tubagens em aço inoxidável ou politetrafluoroetileno (PTFE) para fazer as necessárias ligações;

   ii) Humedece-se o N_2 ou o ar purificado fazendo-o borbulhar através de água destilada num recipiente selado que humedeça o gás de forma a atingir o ponto de orvalho mais elevado das amostras estimado durante a recolha de amostras das emissões;

   iii) Introduz-se o gás humedecido a montante do secador de amostras;

   iv) Deve manter-se a temperatura do gás humedecido a jusante do recipiente pelo menos 5 °C acima do seu ponto de orvalho;

   v) Mede-se o ponto de orvalho do gás humedecido, T_{dew}, e a pressão, p_{total}, tão próximo quanto possível da entrada do secador de amostras, a fim de verificar que o ponto de orvalho é o mais elevado que foi estimado durante a recolha de amostras de emissões;

   vi) Mede-se o ponto de orvalho do gás humedecido, T_{dew}, e a pressão, p_{total}, tão próximo quanto possível da saída do secador de amostras;

vii) O secador de amostras passa a verificação se o resultado da alínea d), subalínea vi), do presente ponto for inferior ao ponto de orvalho correspondente às especificações do secador de amostras, conforme determinado no ponto 9.3.2.3.1, mais 2 °C ou se a fração molar da alínea d), subalínea vi), for inferior às especificações correspondentes do secador de amostras mais 0,002 mol/ /mol ou 0,2 % vol. Note-se que, para esta verificação, o ponto de orvalho é expresso em temperatura absoluta (Kelvin).

8.1.8.6. Calibração periódica do caudal parcial de partículas e sistemas associados de medição dos gases de escape brutos

8.1.8.6.1. Especificações para a medição diferencial do caudal

No que diz respeito aos sistemas de diluição do caudal parcial para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos, a exatidão do q_{mp} do caudal da amostra reveste especial importância se a medição não for efetuada diretamente, mas determinada por medição diferencial do caudal, tal como estabelecido na equação (6-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \qquad (6\text{-}20)$$

Em que:

q_{mp} é o caudal mássico da amostra de gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial

q_{mdw} é o caudal mássico do ar de diluição (em base húmida)

q_{mdew} é o caudal mássico dos gases de escape diluídos em base húmida

Neste caso, o erro máximo da diferença deve ser tal que a exatidão de q_{mp} seja de ± 5 % quando a razão de diluição for inferior a 15. O cálculo pode ser feito extraindo a raiz quadrada da média dos quadrados dos erros de cada instrumento.

Podem ser obtidas exatidões aceitáveis para q_{mp} através de um dos seguintes métodos:

a) As exatidões absolutas de q_{mdew} e q_{mdw} são ± 0,2 %, o que garante uma exatidão de q_{mp} de ≤ 5 % com uma razão de diluição de 15. Todavia, ocorrerão erros maiores com razões de diluição mais elevadas;

b) A calibração de q_{mdw} relativamente a q_{mdew} é efetuada de modo a obter as mesmas exatidões para q_{mp} que as obtidas na alínea a). Para mais pormenores, ver ponto 8.1.8.6.2;

c) Determina-se indiretamente a exatidão de q_{mp} a partir da exatidão da razão de diluição, conforme determinado por um gás marcador, p. ex., o CO_2. São necessárias exatidões para o q_{mp} equivalentes às obtidas pelo método da alínea a);

d) A exatidão absoluta de q_{mdew} e q_{mdw} situa-se a ± 2 % da escala completa, o erro máximo da diferença entre q_{mdew} e q_{mdw} situa-se a ± 0,2 %, e o erro de linearidade está a ± 0,2 % do valor mais elevado de q_{mdew} observado durante o ensaio.

8.1.8.6.2. Calibração da medição diferencial do caudal

Calibra-se periodicamente o sistema de diluição do caudal parcial para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos com um medidor de caudais exato em conformidade com normas internacionais e/ou nacionais. Calibra-se o medidor de caudais ou os aparelhos de medição de caudais de acordo com um dos seguintes procedimentos, de modo que o caudal da sonda q_{mp} para o túnel obedeça aos requisitos de exatidão do ponto 8.1.8.6.1.

a) O medidor de caudais para q_{mdw} deve estar ligado em série ao medidor de caudais para q_{mdew}, sendo a diferença entre os dois medidores calibrada em, pelo menos, 5 pontos de regulação com valores de caudal igualmente espaçados entre o valor mais baixo de q_{mdw} utilizado durante o ensaio e o valor de q_{mdew} utilizado durante o ensaio. O túnel de diluição pode ser posto em derivação;

b) Liga-se em série um medidor de caudais calibrado ao medidor de caudais para q_{mdew} e verifica-se a exatidão em relação ao valor utilizado para o ensaio. Liga-se em série o medidor de caudais calibrado ao medidor de caudais para q_{mdw} e verifica-se a exatidão em, pelo menos, 5 pontos correspondentes a uma razão de diluição compreendida entre 3 e 15 relativamente ao valor de q_{mdew} utilizado durante o ensaio;

c) Desliga-se a conduta de transferência TL (ver figura 6.7) do sistema de escape e liga-se à conduta de transferência um dispositivo de medição de caudais calibrado com uma gama adequada à medição de q_{mp}. Regula-se q_{mdew} para o valor utilizado no ensaio e q_{mdw} deve ser regulado sequencialmente para, pelo menos, 5 valores correspondentes a razões de diluição entre 3 e 15. Em alternativa, pode existir um percurso de calibração especial do caudal em que o túnel seja colocado em derivação, mas o caudal do ar total e de diluição através dos aparelhos de medição correspondentes é o mesmo que no ensaio real;

d) Introduz-se um gás marcador na conduta de transferência do sistema de escape TL. Esse gás marcador pode ser um componente dos gases de escape, como o CO_2 ou o NO_x. Após diluição no túnel, mede-se a quantidade do gás marcador. Tal deve ser realizado em relação a cinco razões de diluição compreendidas entre 3 e 15. Determina-se a exatidão do caudal da amostra a partir da razão de diluição r_d por meio da equação (6-21):

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \qquad (6\text{-}21)$$

Devem ter-se em consideração as exatidões dos analisadores de gases para garantir a exatidão de q_{mp}.

8.1.8.6.3. Requisitos especiais para a medição diferencial do caudal

Recomenda-se vivamente uma verificação do caudal de carbono que utilize os gases de escape reais para detetar problemas de medição e de controlo e verificar o funcionamento correto do sistema de caudal parcial. A verificação do caudal de carbono deve ser efetuada, pelo menos, quando se instala um novo motor ou quando se muda algum elemento significativo na configuração do banco de ensaio.

Deve fazer-se funcionar o motor à carga e à velocidade de binário máximo ou em qualquer outro modo em estado estacionário que produza 5 % ou mais de CO_2. O sistema de recolha de amostras do caudal parcial deve funcionar com um fator de diluição de cerca de 15 para 1.

Se for efetuada uma verificação do caudal de carbono, aplica-se o apêndice 2 do anexo VII. Calculam-se os caudais de carbono de acordo com as equações do apêndice 2 do anexo VII. Todos os caudais de carbono devem concordar a 5 %.

8.1.8.6.3.1. Verificação prévia ao ensaio

Duas horas antes da realização do ensaio efetua-se uma verificação prévia ao ensaio, do seguinte modo:

Verifica-se a exatidão dos medidores de caudais pelo mesmo método que o utilizado para a calibração (ver ponto 8.1.8.6.2) para, pelo menos, dois pontos, incluindo valores do caudal de q_{mdw} que correspondam a razões de diluição compreendidas entre 5 e 15 para o valor de q_{mdew} utilizado durante o ensaio.

Caso se possa demonstrar, através de registos do método de calibração descrito no ponto 8.1.8.6.2, que a calibração dos medidores de caudais é estável durante um período de tempo maior, a verificação prévia ao ensaio pode ser omitida.

8.1.8.6.3.2. Determinação do tempo de transformação

As regulações do sistema para a avaliação do tempo de transformação são as mesmas que durante a medição do ensaio. Determina-se o tempo de transformação, definido no ponto 2.4 do apêndice 5 do presente anexo e na figura 6-11, através do seguinte método:

Instala-se em série com a sonda e, estreitamente ligado a esta, um medidor de caudais de referência independente e com uma gama de medição adequada ao caudal da sonda. Este medidor de caudais deve ter um tempo de transformação inferior a 100 ms para a dimensão do patamar do caudal utilizado na medição do tempo de resposta, com uma restrição de pressão do caudal suficientemente baixa para não afetar o rendimento dinâmico do sistema de diluição do caudal parcial, de acordo com as boas práticas de engenharia. Introduz-se uma mudança de patamar no escoamento dos gases de escape (ou o escoamento de ar, se o dos gases de escape estiver a ser calculado) do sistema de diluição do escoamento parcial desde um valor baixo até pelo menos 90 % da escala completa. O iniciador para a variação de patamar deve ser o mesmo que o utilizado para dar início ao controlo antecipado no ensaio real. Registam-se o estímulo do patamar do caudal dos gases de escape e a resposta do medidor de caudais a uma frequência de amostragem de, pelo menos, 10 Hz.

A partir desses dados, determina-se o tempo de transformação para o sistema de diluição do caudal parcial, isto é, o tempo que decorre desde o início do estímulo do patamar até ao ponto correspondente a 50 % da resposta do medidor de caudais. Do mesmo modo, devem ser determinados os tempos de transformação do sinal de q_{mp} (ou seja, o caudal da amostra dos gases de escape para o sistema de diluição do caudal parcial) e do sinal de $q_{mew,i}$ (ou seja, o caudal mássico dos gases de escape em base húmida fornecido pelo medidor de caudais dos gases de escape). Esses sinais são utilizados em verificações de regressão realizadas após cada ensaio (ver ponto 8.2.1.2).

Repete-se o cálculo, pelo menos, durante 5 estímulos de subida e de descida, procedendo-se depois ao cálculo da média dos resultados. O tempo de transformação interna (< 100 ms) do medidor de caudais de referência deve ser subtraído deste valor. Sempre que seja necessário controlo antecipado, o valor antecipado do sistema de diluição do caudal parcial deve ser aplicado de acordo com o ponto 8.2.1.2.

8.1.8.7. Verificação da estanquidade do lado do vácuo

8.1.8.7.1. Âmbito e frequência

Aquando da instalação inicial do sistema de recolha de amostras, após operações importantes de manutenção, como mudanças do pré-filtro, e no prazo de 8 horas antes de cada sequência do ciclo de utilização, deve verificar-se que não existem fugas significativas do lado do vácuo utilizando um dos ensaios de estanquidade descritos no presente ponto. Esta verificação não é aplicável a qualquer porção do caudal total de um sistema de diluição CVS.

8.1.8.7.2. Princípios de medição

Pode detetar-se uma fuga quer através da medição de uma pequena quantidade de caudal quando o caudal deve ser nulo, através da deteção da diluição de uma concentração conhecida de gás de regulação da sensibilidade quando atravessa o lado do vácuo de um sistema de recolha de amostras ou por medição do aumento da pressão de um sistema esvaziado.

8.1.8.7.3. Ensaio de estanquidade a baixo caudal

Ensaia-se um sistema de recolha de amostras para verificar a estanquidade com um caudal baixo do seguinte modo:

a) Sela-se a extremidade da sonda do sistema realizando umas das seguintes operações:

   i) Sela-se ou obtura-se a extremidade da sonda;

   ii) Desliga-se a conduta de transferência da sonda e obtura-se ou sela-se a conduta de transferência;

   iii) Fecha-se a válvula estanque entre a sonda e a conduta de transferência;

b) Fazem-se funcionar todas as bombas de vácuo. Após estabilização, verifica-se se o caudal pelo lado do vácuo do sistema de recolha de amostras é inferior a 0,5 % do caudal durante a utilização normal do sistema. Os caudais do analisador e do sistema de derivação podem estimar-se como uma aproximação do caudal normal do sistema em utilização.

8.1.8.7.4. Ensaio de estanquidade da diluição do gás de regulação da sensibilidade

Pode usar-se um qualquer analisador de gases para este ensaio. Se for utilizado um analisador FID para este ensaio, qualquer contaminação por HC no sistema de recolha de amostras deve ser corrigida em conformidade com o disposto nos pontos 2 ou 3 do anexo VII no tocante à determinação dos HC. Evitam-se resultados enganosos utilizando apenas analisadores que tenham uma repetibilidade de 0,5 % ou melhor com a concentração de gás de regulação da sensibilidade utilizada para este ensaio. Realiza-se a verificação da estanquidade do lado do vácuo do seguinte modo:

a) Prepara-se um analisador de gases tal como seria preparado para ensaios de emissões;

b) Introduz-se gás de regulação da sensibilidade na entrada do analisador e verifica-se que a concentração de gás de regulação da sensibilidade é medida com a exatidão de medição e de repetibilidade esperada;

c) O excesso de gás de regulação da sensibilidade deve ser encaminhado para um dos seguintes locais no sistema de recolha de amostras:

   i) A extremidade da sonda de recolha de amostras;

ii) Desliga-se a conduta de transferência na ligação à sonda, e descarrega-se o gás de regulação da sensibilidade pela extremidade aberta da conduta de transferência;

iii) Instala-se uma válvula de três vias em série entre a sonda e a respetiva conduta de transferência;

d) Verifica-se que a concentração do excesso de gás de regulação da sensibilidade medida se situa dentro do intervalo de ± 0,5 % da concentração do gás de regulação da sensibilidade. Um valor medido inferior ao esperado indica uma fuga, mas um valor superior ao esperado pode indicar um problema com o gás de regulação da sensibilidade ou com o analisador. Um valor medido superior ao esperado não indica uma fuga.

8.1.8.7.5. Ensaio de estanquidade do vácuo

Para realizar este ensaio, aplica-se um vácuo ao volume do lado do vácuo do sistema de recolha de amostras e observa-se a taxa de fugas do sistema enquanto diminuição do vácuo aplicado. Para realizar este ensaio, o volume do lado do vácuo do sistema de recolha de amostras deve ser conhecido com uma aproximação de ± 10 % do seu volume efetivo. Para este ensaio utilizam-se igualmente instrumentos de medição que cumpram as especificações dos pontos 8.1 e 9.4.

Um ensaio de estanquidade do vácuo realiza-se do seguinte modo:

a) Sela-se a extremidade da sonda do sistema tão próximo da abertura da sonda quanto possível realizando uma das seguintes operações:

i) Sela-se ou obtura-se a extremidade da sonda;

ii) Desliga-se a conduta de transferência da sonda e obtura-se ou sela-se a conduta de transferência;

iii) Fecha-se a válvula estanque entre a sonda e a conduta de transferência;

b) Fazem-se funcionar todas as bombas de vácuo. Cria-se um vácuo que seja representativo das condições normais de funcionamento. No caso de sacos de amostras, recomenda-se que o procedimento normal de esvaziamento do saco de recolha de amostras seja repetido duas vezes, a fim de minimizar eventuais volumes aprisionados;

c) As bombas de recolha de amostras devem ser desligadas e o sistema selado. Mede-se e regista-se a pressão absoluta do gás aprisionado e, facultativamente, a temperatura absoluta do sistema. Deve dar-se tempo suficiente para que eventuais fenómenos transitórios se dissipem e para que uma fuga a 0,5 % possa causar uma variação da pressão de pelo menos 10 vezes a resolução do transdutor de pressão. Regista-se novamente a pressão e, facultativamente, a temperatura;

d) Calcula-se o caudal das fugas com base num valor pressuposto de zero para os volumes esvaziados dos sacos e com base em valores conhecidos para o volume do sistema de recolha de amostras, as pressões iniciais e finais, temperaturas facultativas e tempo decorrido. Deve verificar-se que o caudal da diminuição do vácuo é inferior a 0,5 % do caudal do sistema durante a utilização normal por meio da equação (6-22):

$$q_{Vleak} = \frac{V_{vac}}{R} \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{(t_2 - t_1)} \qquad (6\text{-}22)$$

Em que:

q_{Vleak} é o caudal da diminuição do vácuo, mol/s

V_{vac} é o volume geométrico do lado do vácuo do sistema de recolha de amostras, m^3

R é a constante molar do gás, J/(mol · K)

p_2 é a pressão absoluta do lado do vácuo no momento t_2, Pa

T_2 é a temperatura absoluta do lado do vácuo no momento t_2, K

p_1 é a pressão absoluta do lado do vácuo no momento t_1, Pa

T_1 é a temperatura absoluta do lado do vácuo no momento t_1, K

t_2 é o tempo aquando da conclusão do ensaio de verificação da estanquidade do lado do vácuo, s

t_1 é o tempo aquando do início do ensaio de verificação da estanquidade do lado do vácuo, s

8.1.9. Medições do CO e do CO_2

8.1.9.1. Verificação da interferência da H_2O nos analisadores NDIR do CO_2

8.1.9.1.1. Âmbito e frequência

Se o CO_2 for medido com um analisador NDIR, deve verificar-se a magnitude da interferência da H_2O após a primeira instalação do analisador e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.9.1.2. Princípios de medição

A H_2O pode interferir com a resposta de um analisador NDIR ao CO_2. Se o analisador NDIR usar algoritmos de compensação que utilizem medições de outros gases para efetuar a verificação desta interferência, tais medições devem ser efetuadas simultaneamente para controlar os algoritmos durante a verificação da interferência no analisador.

8.1.9.1.3. Requisitos do sistema

A interferência da H_2O num analisador NDIR de CO_2 deve situar-se a (0,0 ± 0,4) mmol/mol (da concentração média esperada de CO_2).

8.1.9.1.4. Procedimento

A verificação da interferência deve realizar-se do seguinte modo:

a) O analisador NDIR de CO_2 deve ser posto a funcionar, operado, colocado a zero e calibrado como o seria antes de um ensaio de emissões;

b) Cria-se gás de ensaio humedecido fazendo borbulhar ar de colocação a zero que satisfaça as especificações do ponto 9.5.1 através de água destilada num recipiente selado. Se a amostra não for passada através de um secador, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o máximo previsto durante o ensaio. Se a amostra for passada através de um secador durante o ensaio, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o exigido no ponto 9.3.2.3.1;

c) A temperatura do gás de ensaio humedecido deve ser mantida, pelo menos, 5 K acima do seu ponto de orvalho a jusante do recipiente;

d) Introduz-se o gás de ensaio humedecido no sistema de recolha de amostras. O gás de ensaio humedecido pode ser introduzido a jusante de um eventual secador de amostras, caso seja utilizado um durante o ensaio;

e) A fração molar da água, x_{H2O}, do gás de ensaio humedecido deve ser medida tão próximo quanto possível da entrada do analisador. Por exemplo, o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, devem ser medidos para calcular x_{H2O};

f) Deve recorrer-se às boas práticas de engenharia para evitar a condensação nas condutas de transferência, nos elementos de ligação ou nas válvulas desde o ponto em que a x_{H2O} é medida até ao analisador;

g) Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize. O tempo de estabilização inclui o tempo para purgar a conduta de transferência e o tempo de resposta do analisador;

h) Enquanto o analisador mede a concentração da amostra, registam-se 30 s de dados. Calcula-se a média aritmética destes dados. O analisador cumpre a verificação da interferência se este valor for (0,0 ± 0,4) mmol/mol.

8.1.9.2. Verificação da interferência da H_2O e do CO_2 nos analisadores NDIR do CO

8.1.9.2.1. Âmbito e frequência

Se o CO for medido com um analisador NDIR, deve verificar-se a magnitude da interferência da H_2O e do CO_2 após a primeira instalação do analisador e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.9.2.2. Princípios de medição

A H_2O e o CO_2 podem interferir positivamente com um analisador NDIR ao causar uma resposta semelhante ao CO. Se o analisador NDIR usar algoritmos de compensação que utilizem medições de outros gases para efetuar a verificação desta interferência, tais medições devem ser efetuadas simultaneamente para controlar os algoritmos de compensação durante a verificação da interferência no analisador.

8.1.9.2.3. Requisitos do sistema

A interferência combinada da H_2O e do CO_2 num analisador NDIR de CO deve situar-se no intervalo de ± 2 % da concentração média esperada de CO.

8.1.9.2.4. Procedimento

A verificação da interferência deve realizar-se do seguinte modo:

a) O analisador NDIR de CO deve ser posto a funcionar, operado, colocado a zero e calibrado como o seria antes de um ensaio de emissões;

b) Cria-se gás de ensaio do CO_2 humedecido fazendo borbulhar ar de regulação da sensibilidade ao CO_2 através de água destilada num recipiente selado. Se a amostra não for passada através de um secador, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o máximo previsto durante o ensaio. Se a amostra for passada através de um secador durante o ensaio, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o exigido no ponto 9.3.2.3.1.1. Deve utilizar-se uma concentração do gás de regulação da sensibilidade ao CO_2 pelo menos tão elevada como o nível máximo previsto durante o ensaio;

c) Introduz-se o gás de ensaio do CO_2 humedecido no sistema de recolha de amostras. O gás de ensaio humedecido do CO_2 pode ser introduzido a jusante de um eventual secador de amostras, caso seja utilizado um durante o ensaio;

d) A fração molar da água, x_{H2O}, do gás de ensaio humedecido deve ser medida tão próximo quanto possível da entrada do analisador. Por exemplo, o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, devem ser medidos para calcular x_{H2O};

e) Deve recorrer-se às boas práticas de engenharia para evitar a condensação nas condutas de transferência, nos elementos de ligação ou nas válvulas desde o ponto em que a x_{H2O} é medida até ao analisador;

f) Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize;

g) Enquanto o analisador mede a concentração da amostra, registam-se as medições durante 30 s e calcula-se a média aritmética dos dados obtidos;

h) O analisador cumpre a verificação da interferência se o valor da alínea g) do presente ponto respeitar a tolerância prevista no ponto 8.1.9.2.3;

i) Os procedimentos de verificação da interferência do CO_2 e da H_2O também podem ser executados separadamente. Se os níveis de CO_2 e de H_2O utilizados forem superiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, cada valor de interferência observado deve ser reduzido proporcionalmente multiplicando a interferência observada pela razão entre o valor máximo da concentração prevista e o valor real utilizado durante este procedimento. Podem ser executados procedimentos de interferência separados de concentrações de H_2O (até um teor de 0,025 mol/mol de H_2O) que sejam inferiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, mas o valor da interferência da H_2O observado deve ser corrigido em alta, mediante a multiplicação da interferência observada pela razão entre o valor da concentração de H_2O máxima prevista e o valor real utilizado durante este procedimento. A soma destes dois valores de interferência assim corrigidos deve respeitar a tolerância prevista no ponto 8.1.9.2.3.

8.1.10. Medições dos hidrocarbonetos

8.1.10.1. Otimização e verificação do FID

8.1.10.1.1. Âmbito e frequência

Em todos os analisadores FID, o FID deve ser calibrado aquando da instalação inicial. A calibração deve ser repetida, na medida do necessário, de acordo com as boas práticas de engenharia. Devem seguir-se os seguintes passos no caso de um FID que mede os HC:

a) Otimiza-se a resposta do FID a vários hidrocarbonetos após a instalação inicial do analisador e após qualquer operação importante de manutenção. A resposta do FID ao propileno e ao tolueno deve estar compreendida entre 0,9 e 1,1 em relação ao propano;

b) Determina-se o fator de resposta de um FID ao metano (CH_4) após a instalação inicial do analisador e após qualquer operação importante de manutenção tal como se descreve no ponto 8.1.10.1.4;

c) A resposta ao metano (CH_4) deve ser verificada no prazo de 185 dias antes do ensaio.

8.1.10.1.2. Calibração

Devem usar-se boas práticas de engenharia para desenvolver um procedimento de calibração, nomeadamente um procedimento baseado nas instruções do fabricante do analisador FID e na frequência recomendada para a calibração do FID. O FID deve ser calibrado utilizando gases de calibração do C_3H_8 que cumpram as especificações do ponto 9.5.1. A calibração deve ser efetuada numa base de carbono 1 (C_1).

8.1.10.1.3. Otimização da resposta do FID aos HC

Este procedimento é aplicável exclusivamente aos analisadores FID que medem os HC.

a) Usam-se os requisitos do fabricante do instrumento e as boas práticas de engenharia para o arranque inicial do instrumento e a regulação operacional de base recorrendo ao combustível do FID e a ar de colocação a zero. Os FID aquecidos devem encontrar-se dentro das gamas de temperatura previstas para o seu funcionamento. A resposta do FID deve ser otimizada para cumprir o requisito dos fatores de resposta aos hidrocarbonetos e a verificação da interferência do oxigénio em conformidade com a alínea a) do ponto 8.1.10.1.1 e o ponto 8.1.10.2 na gama do analisador mais corrente prevista durante o ensaio das emissões. Pode usar-se uma gama mais alta do analisador em conformidade com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia para otimizar o FID com precisão se a gama comum do analisador for inferior à gama mínima para a otimização especificada pelo fabricante do instrumento;

b) Os FID aquecidos devem encontrar-se dentro das gamas de temperatura previstas para o seu funcionamento. A resposta do FID deve ser otimizada na gama do analisador mais corrente prevista durante o ensaio das emissões. Com os caudais de combustível e de ar regulados de acordo com as recomendações do fabricante, introduz-se no analisador um gás de regulação da sensibilidade;

c) Seguem-se os passos seguintes de i) a iv) ou o procedimento recomendado pelo fabricante do instrumento para a otimização. Os procedimentos descritos no documento SAE n.º 770141 podem usar-se facultativamente para a otimização;

i) Determina-se a resposta a um dado caudal de combustível a partir da diferença entre a resposta com um gás de regulação da sensibilidade e a resposta com um gás de colocação a zero;

ii) O caudal de combustível deve ser aumentado e reduzido progressivamente em relação à especificação do fabricante. Registam-se as respostas com o gás de regulação da sensibilidade e o gás de colocação a zero a esses caudais de combustíveis;

iii) Traça-se a curva da diferença entre as duas respostas e ajusta-se o caudal de combustível em função da parte rica da curva. Esta é a regulação inicial do caudal, que poderá necessitar de uma maior otimização consoante os resultados dos fatores de resposta aos hidrocarbonetos e da verificação da interferência do oxigénio de acordo com os pontos 8.1.10.1.1, alínea a), e 8.1.10.2;

iv) Se a interferência do oxigénio ou os fatores de resposta aos hidrocarbonetos não satisfizerem as especificações a seguir indicadas, o caudal de ar será progressivamente aumentado e reduzido relativamente às especificações do fabricante e os pontos 8.1.10.1.1, alínea a), e 8.1.10.2 devem ser repetidos para cada caudal;

d) Determinam-se os caudais e/ou pressões ótimos para o combustível do FID e o ar do queimador, recolhendo-se amostras e efetuando o registo para efeitos de referência futura.

8.1.10.1.4. Determinação do fator de resposta ao CH_4 do FID dos HC

Uma vez que os analisadores FID têm geralmente uma reação diferente ao CH_4 e ao C_3H_8, determina-se cada fator de resposta ao CH_4 do analisador FID dos HC, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$, após a otimização do FID. Usa-se o $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ mais recente, medido em conformidade com o presente ponto, para os cálculos da determinação dos hidrocarbonetos descritos no ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) ou no ponto 3 do anexo VII (abordagem molar), a fim de compensar a resposta ao CH_4. Determina-se $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ do seguinte modo:

a) Seleciona-se uma concentração do gás de regulação da sensibilidade ao C_3H_8 para regular a sensibilidade do analisador antes dos ensaios das emissões. Apenas devem ser selecionados gases de regulação da sensibilidade que cumpram as especificações do ponto 9.5.1, registando-se a concentração de C_3H_8;

b) Seleciona-se um gás de regulação da sensibilidade ao CH_4 que cumpra as especificações do ponto 9.5.1, registando-se a concentração de CH_4;

c) O analisador FID deve ser posto a funcionar de acordo com as instruções do fabricante;

d) Confirma-se que o analisador FID foi calibrado utilizando C_3H_8. A calibração deve ser efetuada numa base de carbono 1 (C_1);

e) O FID deve ser colocado a zero com o gás de colocação a zero utilizado para os ensaios das emissões;

f) Calibra-se o FID com o gás de regulação da sensibilidade ao C_3H_8 selecionado;

g) O gás de regulação da sensibilidade ao CH_4 selecionado em conformidade com a alínea b) é introduzido na entrada de amostras do analisador FID;

h) Estabiliza-se a resposta do analisador. O tempo de estabilização pode incluir o tempo para purgar o analisador e o respetivo tempo de resposta;

i) Enquanto o analisador mede a concentração de CH_4, registam-se 30 s de dados e calcula-se a média aritmética destes valores;

j) A concentração média medida deve ser dividida pela concentração registada do gás de regulação da sensibilidade ao CH_4. O resultado é o fator de resposta do analisador FID ao CH_4, $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$.

8.1.10.1.5. Verificação da resposta do FID dos HC ao metano (CH_4)

Se o valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ obtido em conformidade com o ponto 8.1.10.1.4 estiver dentro da tolerância de ± 5,0 % do seu valor mais recente determinado previamente, o FID dos HC passa na verificação da resposta ao metano.

a) Verifica-se, em primeiro lugar, que os valores das pressões e/ou dos caudais do combustível e do ar do queimador do FID ou da amostra estão dentro da tolerância de ± 0,5 % dos seus mais recentes valores registados previamente, tal como descrito no ponto 8.1.10.1.3. Se estes caudais tiverem de ser ajustados, determina-se um novo $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ conforme descrito no ponto 8 1.10.1.4. Verifica-se se o valor determinado para $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ se encontra dentro dos limites de tolerância especificados no presente ponto 8.1.10.1.5;

b) Se $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ não estiver dentro dos limites de tolerância especificados no presente ponto 8.1.10.1.5, a resposta do FID deve ser reotimizada como descrito no ponto 8.1.10.1.3;

c) Determina-se um novo $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ conforme descrito no ponto 8.1.10.1.4. Usa-se o novo valor de $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ nos cálculos para a determinação dos hidrocarbonetos, tal como descrito no ponto 2 do anexo VII (abordagem mássica) ou no ponto 3 do anexo VII (abordagem molar).

8.1.10.2. Verificação não estequiométrica da interferência do O_2 na medição dos gases de escape brutos com o FID

8.1.10.2.1. Âmbito e frequência

Se forem utilizados analisadores FID para as medições dos gases de escape brutos, verifica-se a magnitude da interferência do O_2 na resposta do FID após a primeira instalação e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.10.2.2. Princípios de medição

As alterações da concentração de O_2 nos gases de escape brutos podem afetar a resposta do FID ao alterar a temperatura da chama do FID. Os caudais do ar do queimador e do combustível do FID e das amostras devem ser otimizados para cumprir esta verificação. Verifica-se o desempenho do FID aplicando os algoritmos de compensação para a interferência do O_2 no FID em funcionamento durante um ensaio de emissões.

8.1.10.2.3. Requisitos do sistema

Qualquer analisador FID utilizado durante o ensaio deve satisfazer a verificação da interferência do O_2 no FID de acordo com o procedimento previsto no presente ponto.

8.1.10.2.4. Procedimento

A interferência do O_2 no FID determina-se como se segue, sendo de assinalar que pode usar-se um ou mais misturadores-doseadores para criar concentrações gasosas de referência necessárias para efetuar esta verificação:

a) Três gases de regulação da sensibilidade de referência que cumpram as especificações estabelecidas no ponto 9.5.1 e contenham uma concentração de C_3H_8 são selecionados para a regulação da sensibilidade dos analisadores antes do ensaio das emissões. Os gases de regulação da sensibilidade ao CH_4 são selecionados para FID calibrados com o CH_4 com um separador de hidrocarbonetos não metânicos. As três concentrações de gases devem ser selecionadas de modo que as concentrações de O_2 e N_2 representem as concentrações mínima, máxima e intermédia de O_2 previstas durante o ensaio. A exigência de utilização de uma concentração média dos níveis de O_2 pode ser retirada se o FID for calibrado com gás de regulação da sensibilidade com a concentração de oxigénio média prevista;

b) Confirma-se que o analisador FID cumpre todas as especificações do ponto 8.1.10.1;

c) O analisador FID deve ser posto a funcionar e operado como o seria antes de um ensaio de emissões. Independentemente da fonte do ar para o queimador do FID durante o ensaio, utiliza-se ar de colocação a zero como fonte do ar para o queimador do FID nesta verificação;

d) Coloca-se o analisador no zero;

e) Regula-se a sensibilidade do analisador com um gás de regulação da sensibilidade utilizado durante os ensaios das emissões;

f) A resposta ao zero deve ser verificada com um gás de colocação a zero utilizado durante os ensaios das emissões. Prossegue-se para a etapa seguinte se a resposta média ao zero de 30 s de dados recolhidos se situar dentro da tolerância de ± 0,5 % do valor de referência da regulação da sensibilidade utilizado na alínea e) do presente ponto; caso contrário, recomeça-se o procedimento a partir da alínea d) do presente ponto;

g) A resposta do analisador deve ser verificada recorrendo a um gás de regulação da sensibilidade com a concentração mínima de O_2 prevista durante os ensaios. Regista-se a resposta média de 30 s de dados recolhidos estabilizados como $x_{O2minHC}$;

h) A resposta do analisador FID ao zero deve ser verificada com o gás de colocação a zero utilizado durante os ensaios das emissões. Prossegue-se para a etapa seguinte se a resposta média ao zero de 30 s de dados recolhidos estabilizados se situar dentro da tolerância de ± 0,5 % do valor de referência da regulação da sensibilidade utilizado na alínea e) do presente ponto; caso contrário, recomeça-se o procedimento a partir da alínea d) do presente ponto;

i) A resposta do analisador deve ser verificada recorrendo a um gás de regulação da sensibilidade com a concentração média de O_2 prevista durante os ensaios. Regista-se a resposta média de 30 s de dados recolhidos estabilizados como $x_{O2avgHC}$;

j) A resposta do analisador FID ao zero deve ser verificada com o gás de colocação a zero utilizado durante os ensaios das emissões. Prossegue-se para a etapa seguinte se a resposta média ao zero de 30 s de dados recolhidos estabilizados se situar dentro da tolerância de ± 0,5 % do valor de referência da regulação da sensibilidade utilizado na alínea e) do presente ponto; caso contrário, recomeça-se o procedimento a partir da alínea d) do presente ponto;

k) A resposta do analisador deve ser verificada recorrendo a um gás de regulação da sensibilidade com a concentração máxima de O_2 prevista durante os ensaios. Regista-se a resposta média de 30 s de dados recolhidos estabilizados como $x_{O2maxHC}$;

l) A resposta do analisador FID ao zero deve ser verificada com o gás de colocação a zero utilizado durante os ensaios das emissões. Prossegue-se para a etapa seguinte se a resposta média ao zero de 30 s de dados recolhidos estabilizados se situar dentro da tolerância de ± 0,5 % do valor de referência da regulação da sensibilidade utilizado na alínea e) do presente ponto; caso contrário, recomeça-se o procedimento a partir da alínea d) do presente ponto;

m) Calcula-se a diferença percentual entre $x_{O2maxHC}$ e a concentração do seu gás de referência. Calcula-se a diferença percentual entre $x_{O2avgHC}$ e a concentração do seu gás de referência. Calcula-se a diferença percentual entre $x_{O2minHC}$ e a concentração do seu gás de referência. Determina-se a diferença percentual máxima das três. Temos assim a interferência do O_2;

n) Se a interferência do O_2 se situar dentro da tolerância de ± 3 %, o FID passa a verificação da interferência do O_2; caso contrário, é necessário efetuar uma das seguintes ações para eliminar a deficiência:

   i) Repete-se a verificação para determinar se foi cometido algum erro durante o procedimento;

   ii) Selecionam-se gases de colocação a zero e de regulação da sensibilidade para os ensaios das emissões com concentrações mais ou menos elevadas de O_2 e repete-se a verificação;

   iii) Regulam-se os caudais do ar do queimador e do combustível do FID e das amostras. Note-se que, se estes caudais forem regulados num FID para os THC com vista a cumprir a verificação da interferência do O_2, o RF_{CH4} deve ser reinicializado para a verificação seguinte do RF_{CH4}. Repete-se a verificação da interferência do O_2 após a regulação e determina-se o RF_{CH4};

   iv) O FID deve ser reparado ou substituído e a verificação da interferência do O_2 repetida.

8.1.10.3. Frações de penetração do separador de hidrocarbonetos não metânicos (Reservado)

8.1.11. Medições dos NO_x

8.1.11.1. Verificação do efeito de atenuação do CO_2 e da H_2O no CLD

8.1.11.1.1. Âmbito e frequência

Se os NO_x forem medidos com um analisador CLD, deve verificar-se a magnitude da atenuação da H_2O e do CO_2 após a primeira instalação do analisador CLD e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.11.1.2. Princípios de medição

A H_2O e o CO_2 podem interferir negativamente com a resposta de um CLD aos NO_x devido à atenuação por colisão, a qual inibe a reação quimioluminescente que o CLD usa para detetar os NO_x. Este procedimento e os cálculos previstos no ponto 8.1.11.2.3 determinam o efeito de atenuação e adaptam os resultados da atenuação à fração molar máxima da H_2O e à concentração máxima de CO_2 previstas durante os ensaios das emissões. Se o analisador CLD usar algoritmos de compensação do efeito de atenuação que utilizem instrumentos de medição da H_2O e/ou do CO_2, avalia-se o efeito de atenuação com estes instrumentos em funcionamento e aplicando os algoritmos de compensação.

8.1.11.1.3. Requisitos do sistema

Numa medição em gases diluídos, um analisador CLD não deve exceder um efeito de atenuação combinado da H_2O e do CO_2 de ± 2 %. Numa medição em gases brutos, um analisador CLD não deve exceder um efeito de atenuação combinado da H_2O e do CO_2 de ± 2,5 %. O coeficiente de atenuação combinado é a soma do efeito de atenuação do CO_2, determinado conforme descrito no ponto 8.1.11.1.4, e do efeito de atenuação da H_2O, tal como determinado no ponto 8.1.11.1.5. Caso estes requisitos não estejam cumpridos, corrige-se o problema mediante reparação ou substituição do analisador. Antes da realização dos ensaios das emissões, deve verificar-se se as medidas corretivas restabeleceram o funcionamento correto do analisador.

8.1.11.1.4. Procedimento para a verificação do efeito de atenuação do CO_2

Pode usar-se o método seguinte ou o método previsto pelo fabricante do instrumento para determinar o efeito de atenuação do CO_2 com recurso a um misturador-doseador que mistura gases binários de regulação da sensibilidade com gás de colocação a zero enquanto gás diluente e cumpre as especificações do ponto 9.4.5.6, ou então usar as boas práticas de engenharia para desenvolver um protocolo diferente:

a) Devem usar-se tubagens em aço inoxidável ou PTFE para fazer as necessárias ligações;

b) Configura-se o misturador-doseador de forma a que sejam misturadas entre si quantidades praticamente iguais de gás de regulação da sensibilidade e de gás diluente;

c) Se o analisador CLD tiver um modo de funcionamento em que deteta apenas o NO, e não o total de NO_x, usa-se o analisador CLD apenas no modo de funcionamento NO;

d) Usa-se um gás de regulação da sensibilidade ao CO_2 que cumpra as especificações do ponto 9.5.1 e uma concentração que seja aproximadamente o dobro da concentração máxima de CO_2 prevista durante os ensaios das emissões;

e) Usa-se um gás de regulação da sensibilidade ao NO que cumpra as especificações do ponto 9.5.1 e uma concentração que seja aproximadamente o dobro da concentração máxima de NO prevista durante os ensaios das emissões. Pode usar-se uma concentração maior em conformidade com a recomendação do fabricante do instrumento e as boas práticas de engenharia para obter uma verificação exata se a concentração de NO prevista for inferior à gama mínima para a verificação especificada pelo fabricante do instrumento;

f) O analisador CLD deve ser colocado a zero e calibrado. Calibra-se o analisador CLD com um gás de regulação da sensibilidade ao NO tal como descrito na alínea e) do presente ponto através do misturador-doseador. Liga-se o gás de regulação da sensibilidade do NO ao orifício de regulação da sensibilidade do misturador-doseador; liga-se o gás de colocação a zero ao orifício do diluente do misturador-doseador; deve usar-se o mesmo valor nominal da razão de mistura selecionado na alínea b) do presente ponto; e usa-se a concentração de saída de NO do misturador-doseador para regular a sensibilidade do analisador CLD. Aplicam-se correções às propriedades dos gases conforme for necessário para garantir uma separação exata dos gases;

g) Liga-se o gás de regulação da sensibilidade ao CO_2 ao orifício de regulação da sensibilidade do misturador-doseador;

h) Liga-se o gás de regulação da sensibilidade ao NO ao orifício dos gases diluentes do misturador-doseador;

i) Estabiliza-se o caudal do misturador-doseador com os caudais de NO e CO_2 a circularem pelo aparelho. Determina-se a concentração de CO_2 à saída do misturador-doseador aplicando correções às propriedades dos gases conforme for necessário para garantir uma separação exata dos gases. Regista-se esta concentração, x_{CO2act}, a qual deve ser utilizada nos cálculos de verificação do efeito de atenuação do ponto 8.1.11.2.3. Em alternativa à utilização de um misturador-doseador, pode usar-se outro dispositivo simples de mistura de gases. Neste caso utiliza-se um analisador para determinar a concentração de CO_2. Se se utilizar um NDIR em conjunto com um dispositivo simples de mistura de gases, aquele deve cumprir os requisitos do presente ponto e deve ser calibrado com o gás de regulação da sensibilidade ao CO_2 previsto na alínea d) do presente ponto. Antes verifica-se a linearidade do analisador NDIR em toda a gama até ao dobro da concentração máxima de CO_2 prevista durante os ensaios;

j) Mede-se a concentração de NO a jusante do misturador-doseador com o analisador CLD. Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize. O tempo de estabilização pode incluir o tempo para purgar a conduta de transferência e o tempo de resposta do analisador. Enquanto o analisador mede a concentração da amostra, registam-se as medições do analisador durante 30 segundos. Calcula-se a média aritmética dos dados obtidos, x_{NOmeas}. Regista-se x_{NOmeas}, que será usada nos cálculos de verificação do efeito da atenuação previstos no ponto 8.1.11.2.3;

k) Calcula-se a concentração efetiva de NO, x_{NOact}, à saída do misturador-doseador, com base nas concentrações do gás de regulação da sensibilidade, e x_{CO2act} por meio da equação (6-24). O valor calculado é utilizado nos cálculos para a verificação do efeito de atenuação por meio da equação (6-23);

l) Usam-se os valores registados em conformidade com os pontos 8.1.11.1.4 e 8.1.11.1.5 para calcular o efeito de atenuação conforme descrito no ponto 8.1.11.2.3.

8.1.11.1.5. Procedimento para a verificação do efeito de atenuação da H_2O

Pode usar-se o método seguinte ou o método prescrito pelo fabricante do instrumento para determinar o efeito de atenuação da H_2O ou ainda recorrer às boas práticas de engenharia para desenvolver um protocolo diferente:

a) Devem usar-se tubagens em aço inoxidável ou PTFE para fazer as necessárias ligações;

b) Se o analisador CLD tiver um modo de funcionamento em que deteta apenas o NO, e não o total de NO_x, usa-se o analisador CLD apenas no modo de funcionamento NO;

c) Usa-se um gás de regulação da sensibilidade ao NO que cumpra as especificações do ponto 9.5.1 e uma concentração que seja aproximadamente a concentração máxima prevista durante os ensaios das emissões. Pode usar-se uma concentração maior em conformidade com a recomendação do fabricante do instrumento e as boas práticas de engenharia para obter uma verificação exata se a concentração de NO prevista for inferior à gama mínima para a verificação especificada pelo fabricante do instrumento;

d) O analisador CLD deve ser colocado a zero e calibrado. Calibra-se o analisador CLD com o gás de regulação da sensibilidade ao NO previsto na alínea c) do presente ponto, regista-se a concentração do gás de regulação da sensibilidade, x_{NOdry}, que é usada nos cálculos de verificação do efeito de atenuação previstos no ponto 8.1.11.2.3;

e) Humedece-se o gás de regulação da sensibilidade ao NO fazendo-o borbulhar através de água destilada num recipiente selado. Se a amostra do gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido não passar através de um secador de amostras para este ensaio de verificação, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O aproximadamente igual à fração molar máxima da H_2O prevista durante os ensaios das emissões. Se a amostra do gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido não for passada através de um secador de amostras, os cálculos de verificação do efeito de atenuação previstos no ponto 8.1.11.2.3 adaptam o efeito de atenuação da H_2O à fração molar máxima da H_2O prevista durante os ensaios das emissões. Se a amostra de gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido passar através de um secador durante o ensaio de verificação, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o exigido no ponto 9.3.2.3.1. Neste caso, os cálculos da verificação do efeito de atenuação estabelecidos no ponto 8.1.11.2.3 não são adaptados ao efeito de atenuação da H_2O medido;

f) Introduz-se o gás de ensaio do NO humedecido no sistema de recolha de amostras. Pode ser introduzido a montante ou a jusante de um secador de amostras utilizado durante o ensaio das emissões. Dependendo do ponto de introdução, seleciona-se o respetivo método de cálculo da alínea e) do presente ponto. Note-se que o secador de amostras deve passar a verificação prevista no ponto 8.1.8.5.8;

g) Mede-se a fração molecular da H_2O no gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido. Se for utilizado um secador de amostras, mede-se a fração molecular da H_2O no gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido a jusante do secador de amostras, $x_{H2Omeas}$. Recomenda-se que se meça $x_{H2Omeas}$ tão próximo quanto possível da entrada do analisador CLD. $x_{H2Omeas}$ pode calcular-se a partir das medições do ponto de orvalho, T_{dew}, e da pressão absoluta, p_{total};

h) Deve recorrer-se às boas práticas de engenharia para evitar a condensação nas condutas de transferência, nos elementos de ligação ou nas válvulas desde o ponto em que $x_{H2Omeas}$ é medida até ao analisador. Recomenda-se que o sistema seja concebido de modo a que as temperaturas das paredes das condutas de transferência, dos elementos de ligação e das válvulas do ponto em que $x_{H2Omeas}$ é medida até ao analisador, estejam pelo menos 5 K acima do ponto de orvalho da amostra de gás local;

i) Mede-se a concentração de gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido com o analisador CLD. Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize. O tempo de estabilização pode incluir o tempo para purgar a conduta de transferência e o tempo de resposta do analisador. Enquanto o analisador mede a concentração da amostra, registam-se as medições do analisador durante 30 segundos. Calcula-se a média aritmética destes dados, x_{NOwet}. Regista-se x_{NOwet}, que será usada nos cálculos de verificação do efeito da atenuação previstos no ponto 8.1.11.2.3.

8.1.11.2. Verificação dos cálculos do efeito de atenuação do CLD

Efetuam-se os cálculos do efeito de atenuação do CLD tal como descrito no presente ponto.

8.1.11.2.1. Quantidade de água prevista durante o ensaio

Estima-se a fração molar máxima da água prevista durante o ensaio de emissões, $x_{H2Oexp.}$ Efetua-se esta estimativa quando o gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido é introduzido em conformidade com a alínea f) do ponto 8.1.11.1.5. Ao estimar a fração molar máxima da água prevista, considera-se o teor de água máximo previsto no ar de combustão, no combustível, nos produtos da combustão e no ar de diluição (se aplicável). Se o gás de regulação da sensibilidade ao NO humedecido for introduzido no sistema de recolha de amostras a montante do secador de amostras durante o ensaio de verificação, não é necessário estimar a fração molar máxima da água prevista e x_{H2Oexp} é igual a $x_{H2Omeas}$.

8.1.11.2.2. Quantidade de CO_2 previsto durante o ensaio

Estima-se a concentração máxima de CO_2 prevista durante o ensaio de emissões, x_{CO2exp}. Efetua-se esta estimativa no local do sistema de recolha de amostras quando os gases de regulação da sensibilidade ao NO e ao CO_2 misturados são introduzidos em conformidade com a alínea j) do ponto 8.1.11.1.4. Ao estimar a concentração máxima de CO_2 prevista, considera-se o teor máximo de CO_2 previsto nos produtos da combustão e no ar de diluição.

8.1.11.2.3. Cálculos do efeito de atenuação combinado da H_2O e do CO_2

Calcula-se o efeito de atenuação combinado da H_2O e do CO_2 por meio da equação (6-23):

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{NOwet}}{1 - x_{H2Omeas}}}{x_{NOdry}} \right) \cdot \frac{x_{H2Oexp}}{x_{H2Omeas}} + \left(\frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\ \% \qquad (6\text{-}23)$$

Em que:

quench = grandeza do efeito de atenuação do CLD

x_{NOdry} é a concentração de NO medida a montante de um borbulhador, em conformidade com a alínea d) do ponto 8.1.11.1.5.

x_{NOwet} é a concentração de NO medida a jusante de um borbulhador, em conformidade com a alínea i) do ponto 8.1.11.1.5.

x_{H2Oexp} é a fração molar máxima da água prevista durante o ensaio de emissões, em conformidade com o ponto 8.1.11.2.1.

$x_{H2Omeas}$ é a fração molar da água medida durante a verificação do efeito de atenuação, em conformidade com a alínea g) do ponto 8.1.11.1.5.

x_{NOmeas} é a concentração de NO medida quando se mistura gás de regulação da sensibilidade ao NO com gás de regulação da sensibilidade ao CO_2, em conformidade com a alínea j) do ponto 8.1.11.1.4.

x_{NOact} é a concentração efetiva de NO quando se mistura gás de regulação da sensibilidade ao NO com gás de regulação da sensibilidade ao CO_2, em conformidade com a alínea k) do ponto 8.1.11.1.4 e calculada por meio da equação (6-24).

x_{CO2exp} é a concentração máxima de CO_2 prevista durante o ensaio de emissões, em conformidade com o ponto 8.1.11.2.2.

x_{CO2act} é a concentração efetiva de CO_2 quando se mistura gás de regulação da sensibilidade ao NO com gás de regulação da sensibilidade ao CO_2, em conformidade com a alínea i) do ponto 8.1.11.1.4.

$$x_{NOact} = \left(1 - \frac{x_{CO2act}}{x_{CO2span}}\right) \cdot x_{NOspan} \qquad (6\text{-}24)$$

Em que:

x_{NOspan} é a concentração do gás de regulação da sensibilidade ao NO injetado no misturador-doseador de gases, em conformidade com a alínea e) do ponto 8.1.11.1.4.

$x_{CO2span}$ é a concentração do gás de regulação da sensibilidade ao CO_2 injetado no misturador-doseador de gases, em conformidade com a alínea d) do ponto 8.1.11.1.4.

8.1.11.3. Verificação da interferência dos HC e da H_2O no analisador NDUV

8.1.11.3.1. Âmbito e frequência

Se o NO_x for medido com um analisador NDUV, deve verificar-se a magnitude da interferência da H_2O e dos hidrocarbonetos após a primeira instalação do analisador e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.11.3.2. Princípios de medição

Os hidrocarbonetos e a H_2O podem interferir positivamente com um analisador NDUV, ao causar uma resposta semelhante aos NO_x. Se o analisador NDUV usar algoritmos de compensação que utilizem medições de outros gases para efetuar esta verificação da interferência, tais medições devem ser efetuadas simultaneamente para testar os algoritmos durante a verificação da interferência pelo analisador.

8.1.11.3.3. Requisitos do sistema

A interferência combinada da H_2O e dos HC num analisador NDUV dos NO_x deve situar-se no intervalo de ± 2 % da concentração média dos NO_x.

8.1.11.3.4. Procedimento

A verificação da interferência deve realizar-se do seguinte modo:

a) O analisador NDUV dos NO_x deve ser posto a funcionar, operado, colocado a zero e calibrado de acordo com as instruções do seu fabricante;

b) Recomenda-se que se extraiam gases de escape do motor para efetuar esta verificação. Deve ser utilizado um CLD que satisfaça as especificações do ponto 9.4 para quantificar os NO_x nos gases de escape. A resposta do CLD deve ser utilizada como valor de referência. Medem-se igualmente os HC presentes nos gases de escape com um analisador FID que satisfaça as especificações do ponto 9.4. A resposta do FID deve ser utilizada como valor de referência para os hidrocarbonetos;

c) Os gases de escape do motor são introduzidos no analisador NDUV a montante do secador de amostras, caso seja utilizado um durante o ensaio;

d) Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize. O tempo de estabilização pode incluir o tempo para purgar a conduta de transferência e o tempo de resposta do analisador;

e) Enquanto todos os analisadores medem a concentração da amostra, devem ser registados 30 segundos de dados recolhidos e ser calculadas as médias aritméticas relativas aos três analisadores;

f) O valor médio do CLD deve ser subtraído do valor médio do NDUV;

g) Esta diferença deve ser multiplicada pelo quociente da concentração média de HC prevista pela concentração de HC medida durante a verificação. O analisador cumpre a verificação da interferência do presente ponto se tal resultado se situar dentro de uma margem de ± 2 % da concentração de NO_x prevista na norma, tal como estabelecido na equação (6-25):

$$\left|\overline{x}_{NOx,CLD,meas} - \overline{x}_{NOx,NDUV,meas}\right| \cdot \left(\frac{\overline{X}_{HC,exp}}{\overline{X}_{HC,meas}}\right) \leq 2\,\% \cdot \left(\overline{x}_{NOx,exp}\right) \qquad (6\text{-}25)$$

em que:

$\overline{x}_{NOx,CLD,meas}$ é a concentração média de NO_x medida pelo CLD [µmol/mol] ou [ppm]

$\overline{x}_{NOx,NDUV,meas}$ é a concentração média de NO_x medida pelo NDUV [µmol/mol] ou [ppm]

$\overline{x}_{HC,meas}$ é a concentração média de HC medida [µmol/mol] ou [ppm]

$\overline{x}_{HC,exp}$ é a concentração média de HC prevista na norma [µmol/mol] ou [ppm]

$\overline{x}_{NOx,exp}$ é a concentração média de NO_x prevista na norma [µmol/mol] ou [ppm]

8.1.11.4 Penetração de NO_2 no secador de amostras

8.1.11.4.1. Âmbito e frequência

Se for usado um secador de amostras para secar uma amostra a montante de um instrumento de medição dos NO_x, mas não for usado um conversor NO_2-NO a montante do secador de amostras, deve efetuar-se essa verificação para a penetração de NO_2 no secador de amostras. Esta verificação deve ser efetuada após a instalação inicial e após qualquer operação importante de manutenção.

8.1.11.4.2. Princípios de medição

Um secador de amostras remove a água, que, de outro modo, poderia interferir com a medição dos NO_x. No entanto, a água no estado líquido remanescente num banho de arrefecimento mal concebido pode eliminar NO_2 da amostra. Se for usado um secador de amostras sem um conversor NO_2-NO a montante, este poderia eliminar NO_2 da amostra antes da medição dos NO_x.

8.1.11.4.3. Requisitos do sistema

O secador de amostras deve permitir a medição de, pelo menos, 95 % do NO_2 total na concentração máxima prevista de NO_2.

8.1.11.4.4. Procedimento

Segue-se o seguinte procedimento para verificar o desempenho do secador de amostras:

a) Configuração do instrumento. Devem observar-se as instruções do fabricante do secador de amostras e do analisador para o arranque e o funcionamento. Regula-se o analisador e o secador de amostras na medida do necessário para otimizar o desempenho;

b) Configuração do equipamento e recolha de dados.

i) O(s) analisador(es) dos NO_x totais deve(m) ser colocado(s) a zero e calibrado(s) como o seria(m) durante os ensaios de emissões;

ii) Seleciona-se o gás de calibração do NO_2 (saldo de gás ar seco) que tenha uma concentração de NO_2 próxima da máxima prevista durante o ensaio. Pode usar-se uma concentração maior em conformidade com a recomendação do fabricante do instrumento e as boas práticas de engenharia para obter uma verificação exata se a concentração de NO_2 prevista for inferior à gama mínima para a verificação especificada pelo fabricante do instrumento;

iii) Este gás de calibração deve ser descarregado na sonda de recolha de amostras de gás ou numa ligação de descarga. Deve dar-se tempo para a estabilização da resposta aos NO_x totais, tendo em conta apenas o tempo de transporte e de resposta do instrumento;

iv) Calcula-se a resposta média de 30 s de dados dos NO_x totais e regista-se este valor como x_{NOxref};

v) Interrompe-se o caudal do gás de calibração do NO_2;

vi) Satura-se, em seguida, o sistema de recolha de amostras, descarregando a saída de um gerador do ponto de orvalho, regulado para um ponto de orvalho de 323 K (50 °C), na sonda do sistema de recolha de amostras de gases ou na ligação de descarga. Faz-se passar a produção do gerador do ponto de orvalho através do sistema de recolha de amostras e do secador de amostras durante pelo menos 10 minutos até ao momento em que se preveja que o secador de amostras elimine água a uma taxa constante;

vii) Comuta-se imediatamente de novo para a descarga no gás de calibração do NO_2 utilizado para determinar x_{NOxref}. Deve dar-se tempo para a estabilização da resposta aos NO_x totais, tendo em conta apenas o tempo de transporte e de resposta do instrumento. Calcula-se a resposta média de 30 s de dados dos NO_x totais e regista-se este valor como $x_{NOxmeas}$;

viii) Corrige-se $x_{NOxmeas}$ para x_{NOxdry} com base no vapor de água residual que passou através do secador de amostras à temperatura e pressão à saída do secador de amostras;

c) Avaliação do desempenho. Se x_{NOxdry} for menor do que 95 % de x_{NOxref}, repara-se ou substitui-se o secador de amostras.

8.1.11.5. Verificação da conversão efetuada pelo conversor NO_2-NO

8.1.11.5.1. Âmbito e frequência

Se for usado um analisador que meça apenas o NO para determinar os NO_x, deve usar-se um conversor NO_2-NO a montante do analisador. Esta verificação deve ser efetuada após a instalação inicial do conversor, após qualquer operação importante de manutenção e no prazo de 35 dias antes de um ensaio de emissões. Repete-se esta verificação com esta frequência, a fim de verificar se a atividade catalítica do conversor NO_2--NO não se deteriorou.

8.1.11.5.2. Princípios de medição

Um conversor NO_2-NO permite a um analisador que meça apenas o NO determinar os NO_x totais mediante conversão dos NO_2 nos gases de escape para NO.

8.1.11.5.3. Requisitos do sistema

Um conversor NO_2-NO deve permitir a medição de, pelo menos, 95 % do NO_2 total na concentração máxima prevista de NO_2.

8.1.11.5.4 Procedimento

Deve utilizar-se o seguinte procedimento para verificar o desempenho de um conversor NO_2-NO:

a) Para configurar o instrumento, devem observar-se as instruções de arranque e de funcionamento dos fabricantes do analisador e do conversor NO_2-NO. Regula-se o analisador e o conversor na medida do necessário para otimizar o desempenho;

b) Liga-se uma entrada do ozonizador a uma fonte de ar de colocação a zero ou de oxigénio e a saída a uma entrada de um T. Liga-se um gás de regulação da sensibilidade ao NO a outra entrada e liga-se a entrada do conversor NO_2-NO à última entrada;

c) Devem ser tomadas as seguintes medidas ao efetuar esta verificação:

i) Desliga-se o ar e a energia do ozonizador e regula-se o conversor NO_2-NO para o modo de derivação (ou seja, modo NO). É permitida a estabilização para ter em conta apenas o tempo de transporte e a resposta do instrumento;

ii) Regulam-se os caudais de NO e de gás de colocação a zero por forma a que a concentração de NO no analisador esteja próxima da concentração máxima dos NO_x totais prevista durante o ensaio. O teor de NO_2 na mistura de gases deve ser inferior a 5 % da concentração de NO. Regista-se a concentração de NO calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como x_{NOref}. Pode usar-se uma concentração maior em conformidade com a recomendação do fabricante do instrumento e as boas práticas de engenharia para obter uma verificação exata se a concentração de NO prevista for inferior à gama mínima para a verificação especificada pelo fabricante do instrumento;

iii) Abre-se o débito de O_2 do ozonizador e regula-se o caudal de modo a que o valor indicado pelo analisador para o NO seja inferior a x_{NOref} em cerca de 10 %. Regista-se a concentração de NO calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como $x_{NO+O2mix}$;

iv) Liga-se o ozonizador e regula-se a geração de ozono de modo a que o valor do NO medido pelo analisador seja aproximadamente 20 % de x_{NOref}, mantendo, pelo menos, 10 % de NO que não tenha reagido. Regista-se a concentração de NO calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como x_{NOmeas};

v) Liga-se o analisador de NO_x no modo NO_x e medem-se os NO_x totais. Regista-se a concentração de NO_x calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como $x_{NOxmeas}$;

vi) Desliga-se o ozonizador mas mantém-se o caudal de gás através do sistema. O analisador do NO_x vai indicar os NO_x na mistura de NO + O_2. Regista-se a concentração de NO_x calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como $x_{NOx+O2mix}$;

vii) Fecha-se o débito de O_2. O analisador do NO_x vai indicar os NO_x na mistura original de NO no N_2. Regista-se a concentração de NO_x calculando a resposta média de 30 segundos de dados recolhidos a partir do analisador e regista-se este valor como x_{NOxref}. Este valor não deve ser superior em mais de 5 % ao valor de x_{NOref};

d) Avaliação do desempenho. Calcula-se a eficiência do conversor de NO_x substituindo as concentrações obtidas na equação (6-26):

$$Efficiency\,[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \times 100 \qquad (6\text{-}26)$$

e) Se o resultado for menor do que 95 %, repara-se ou substitui-se o conversor NO_2-NO.

8.1.12. Medições das partículas

8.1.12.1. Verificações da balança de pesagem das partículas e do processo de pesagem

8.1.12.1.1. Âmbito e frequência

O presente ponto descreve três verificações.

a) Verificação independente do desempenho da balança de pesagem das partículas no prazo de 370 dias antes da pesagem de qualquer filtro;

b) Colocação a zero e regulação da sensibilidade da balança no prazo de 12 horas antes da pesagem de qualquer filtro;

c) Verificação de que a determinação da massa dos filtros de referência antes e depois de uma sessão de pesagem dos filtros é inferior à tolerância especificada.

8.1.12.1.2. Verificação independente

O fabricante da balança (ou um representante aprovado pelo fabricante da balança) deve verificar o desempenho da balança no prazo de 370 dias a contar dos ensaios em conformidade com procedimentos de auditoria interna.

8.1.12.1.3. Colocação a zero e regulação da sensibilidade

Verifica-se o desempenho da balança colocando-a a zero e regulando-lhe a sensibilidade com pelo menos um peso de calibração, sendo que os pesos que sejam utilizados devem cumprir as especificações constantes do ponto 9.5.2 para efeitos desta verificação. Pode usar-se um procedimento manual ou automatizado:

a) Um procedimento manual exige que se coloque a zero e regule a sensibilidade da balança utilizada com pelo menos um peso de calibração. Se normalmente se obtiverem valores médios mediante a repetição do processo de pesagem para melhorar a exatidão e a precisão das medições das partículas, usa-se o mesmo processo para verificar o desempenho da balança;

b) O procedimento automatizado é efetuado com pesos de calibração internos, que são utilizados automaticamente para verificar o desempenho da balança. Estes pesos de calibração internos devem cumprir as especificações do ponto 9.5.2 para efeitos desta verificação.

8.1.12.1.4. Pesagem da amostra de referência

Verificam-se todas os valores da massa durante uma sessão de pesagem pesando os suportes de referência (p. ex. filtros) para recolha de amostras de partículas antes e depois de uma sessão de pesagem. Uma sessão de pesagem pode ser tão curta quanto se queira, mas não deve durar mais de 80 horas, e pode incluir pesagens de massas antes e após o ensaio. As sucessivas determinações da massa de cada suporte de referência para a recolha amostras de partículas devem chegar ao mesmo valor com uma tolerância de ± 10 µg ou ± 10 % da massa total de partículas, consoante o que for mais elevado. Se sucessivas pesagens do filtro de recolha de amostras de partículas não cumprirem este critério, todos os outros valores da massa do filtro de ensaio obtidos entre as sucessivas determinações da massa do filtro de referência são consideradas inválidas. Estes filtros podem ser pesados de novo noutra sessão de pesagem. Se um filtro for invalidado após o ensaio, o intervalo de ensaio é considerado nulo. Esta verificação realiza-se do seguinte modo:

a) Mantêm-se pelo menos duas amostras não usadas de suportes para recolha de amostras de partículas no ambiente de estabilização das partículas. Usam-se como referências. Selecionam-se filtros não utilizados do mesmo material e tamanho para utilizar como referências;

b) Estabilizam-se as referências no ambiente de estabilização das partículas. Considera-se que as referências estão estabilizadas se tiverem permanecido no ambiente de estabilização das partículas durante um período mínimo de 30 minutos, e o ambiente de estabilização das partículas tiver cumprido as especificações do ponto 9.3.4.4 durante, pelo menos, os 60 minutos anteriores;

c) Deve exercitar-se a balança várias vezes com uma amostra de referência sem registar os valores;

d) A balança deve ser colocada a zero e calibrada. Coloca-se uma massa de ensaio na balança (p. ex., peso de calibração), que se retira em seguida, e verifica-se que a balança volta a uma leitura do zero aceitável dentro do tempo de estabilização normal;

e) Pesa-se cada um dos suportes de referência (p. ex., filtros) e registam-se as respetivas massas. Se normalmente se obtiverem valores médios mediante a repetição do processo de pesagem para melhorar a exatidão e a precisão das massas dos suportes de referência (p. ex., filtros), usa-se o mesmo processo para medir os valores médios das massas dos suportes para a recolha das amostras (p. ex., filtros);

f) Registam-se o ponto de orvalho do ambiente da balança, a temperatura ambiente e a pressão atmosférica;

g) Utilizam-se as condições ambientes registadas para corrigir os resultados da impulsão hidrostática tal como descrito no ponto 8.1.13.2. Regista-se a massa corrigida da impulsão hidrostática de cada uma das referências;

h) Subtrai-se a massa de referência corrigida da impulsão hidrostática de cada um dos suportes de referência (p. ex., filtros) à sua massa de referência corrigida da impulsão hidrostática previamente medida e registada;

i) Se a massa observada de algum dos filtros de referência variar mais do que o permitido ao abrigo do disposto no presente ponto, todas as determinações da massa das partículas efetuadas desde a última validação bem sucedida de um suporte de referência (p. ex., filtro) são consideradas inválidas. Os filtros de referência para a recolha de partículas podem ser descartados se apenas a massa de um dos filtros tiver variado mais do que o limite permitido e tenha podido ser claramente identificada uma causa especial para essa variação da massa do filtro que não teria afetado outros filtros do processo. Assim, a validação pode ser considerada bem sucedida. Neste caso, não se incluem os suportes de referência contaminados na determinação do cumprimento da alínea j) do presente ponto, mas descarta-se e substitui-se o filtro de referência afetado;

j) Se alguma das massas de referência variar mais do que o permitido pelo presente ponto 8.1.13.1.4, todos os resultados das partículas que tenham sido determinados entre os dois momentos em que as massas de referência foram determinadas são considerados inválidos. Se um suporte de referência para recolha das amostras de partículas for descartado em conformidade com a alínea i) do presente ponto, deve estar disponível pelo menos uma diferença de massas de referência que satisfaça os critérios do ponto 8.1.13.1.4. Caso contrário, invalidam-se todos os resultados das partículas que tenham sido determinados entre os dois momentos em que as massas dos suportes (p. ex. filtros) de referência foram determinadas.

8.1.12.2. Correção da impulsão hidrostática do filtro de recolha de amostras de partículas

8.1.12.2.1. Generalidades

O filtro de recolha de amostras de partículas deve ser corrigido dos efeitos da impulsão hidrostática no ar. A correção da impulsão hidrostática depende da densidade dos suportes para a recolha de amostras, da densidade do ar e da densidade do peso de calibração utilizado para calibrar a balança. A correção da impulsão hidrostática não tem em conta a impulsão hidrostática das partículas propriamente ditas, porque a massa das partículas representa normalmente apenas 0,01-0,10 % do peso total. Uma correção para esta pequena fração da massa seria, no máximo, 0,010 %. Os valores corrigidos da impulsão hidrostática são as massas da tara das amostras de partículas. Estes valores corrigidos da impulsão hidrostática relativos à pesagem dos filtros antes do ensaio são subsequentemente subtraídos aos valores corrigidos da impulsão hidrostática relativos à pesagem dos filtros após o ensaio para determinar a massa de partículas emitidas durante o ensaio.

8.1.12.2.2. Densidade do filtro de recolha de amostras de partículas

Os diferentes filtros de recolha de amostras de partículas têm diferentes densidades. Pode usar-se a densidade conhecida dos suportes para a recolha de amostras ou uma das densidades de alguns suportes comuns de recolha de amostras, do seguinte modo:

a) Para o vidro borossilicatado revestido a PTFE, utiliza-se uma densidade do suporte de recolha de amostras de 2 300 kg/m^3;

b) No caso de suportes de membrana PTFE com anel de apoio integral em polimetilpenteno, que representa 95 % da massa do suporte, utiliza-se uma densidade de 920 kg/m^3 para o suporte de recolha de amostras;

c) No caso de suportes de membrana PTFE com anel de apoio integral em PTFE, utiliza-se uma densidade de 2 144 kg/m^3 para o suporte de recolha de amostras.

8.1.12.2.3. Densidade do ar

Dado que o ambiente da balança deve ser rigorosamente controlado a uma temperatura ambiente de 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) e um ponto de orvalho de 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C), a densidade do ar é essencialmente função da pressão atmosférica. Por conseguinte, especifica-se uma correção da impulsão hidrostática que é apenas função da pressão atmosférica.

8.1.12.2.4. Densidade dos pesos de calibração

Utiliza-se a densidade declarada do material do peso de calibração em metal.

8.1.12.2.5. Cálculos das correções

O filtro de recolha de amostras de partículas deve ser corrigido dos efeitos da impulsão hidrostática por meio da equação (6-27):

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \qquad (6\text{-}27)$$

Em que:

m_{cor} é a massa do filtro de partículas corrigida dos efeitos de impulsão hidrostática

m_{uncor} é a massa do filtro de partículas não corrigida dos efeitos de impulsão hidrostática

ρ_{air} é a densidade do ar no ambiente da balança

ρ_{weight} é a densidade do peso de calibração utilizado para regular a sensibilidade da balança

ρ_{media} é a densidade do filtro de recolha de amostras de partículas

com

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \qquad (6\text{-}28)$$

Em que:

p_{abs} é a pressão absoluta no ambiente da balança

M_{mix} é a massa molar do ar no ambiente da balança

R é a constante molar do gás.

T_{amb} é a temperatura absoluta no ambiente da balança

8.2. Validação dos instrumentos para o ensaio

8.2.1. Validação do controlo do caudal de amostragem proporcional por lote e razão mínima de diluição para a recolha de amostras de partículas por lote

8.2.1.1. Critérios de proporcionalidade para o CVS

8.2.1.1.1. Caudais proporcionais

Para um dado par de medidores de caudais, usa-se a amostra e os caudais totais registados ou as suas médias a 1 Hz com os cálculos estatísticos previstos no apêndice 3 do anexo VII. Determina-se o erro-padrão da estimativa, *SEE*, do caudal da amostra em função do caudal total. Para cada intervalo de ensaio, deve demonstrar-se que *SEE* é inferior ou igual a 3,5 % do caudal médio da amostra.

8.2.1.1.2. Caudais constantes

Para um dado par de medidores de caudais, usa-se a amostra e os caudais totais registados ou as suas médias a 1 Hz para demonstrar que cada caudal se manteve constante, com uma aproximação de ± 2,5 % ao respetivo caudal médio ou caudal-alvo. Em vez de registar o caudal de cada tipo de medidor, podem usar-se as opções seguintes:

a) Opção com venturi de escoamento crítico. Com venturis de escoamento crítico, usam-se as condições registadas à entrada do venturi ou as respetivas médias a 1 Hz. Deve demonstrar-se que a densidade do caudal à entrada do venturi se manteve constante com uma aproximação de ± 2,5 % ao valor médio ou ao valor-alvo da densidade ao longo de cada intervalo de ensaio. No caso de um venturi de escoamento crítico, isto pode demonstrar-se mostrando que temperatura absoluta à entrada do venturi se manteve constante com uma aproximação de ± 4 % ao valor médio ou ao valor-alvo da temperatura ao longo de cada intervalo de ensaio;

b) Opção da bomba volumétrica. Usam-se as condições registadas à entrada da bomba ou as respetivas médias a 1 Hz. Deve demonstrar-se que a densidade do caudal à entrada da bomba se manteve constante com uma aproximação de ± 2,5 % ao valor médio ou ao valor-alvo da densidade ao longo de cada intervalo de ensaio. No caso de uma bomba CVS, isto pode demonstrar-se mostrando que temperatura absoluta à entrada da bomba se manteve constante com uma aproximação de ± 2 % ao valor médio ou ao valor-alvo da temperatura ao longo de cada intervalo de ensaio.

8.2.1.1.3. Demonstração da recolha proporcional de amostras

Para qualquer amostra proporcional por lote, como um saco ou filtro de partículas, deve demonstrar-se que a recolha proporcional de amostras foi mantida de acordo com um dos métodos seguintes, sendo de notar que podem ser omitidos como valores aberrantes até 5 % do número total de pontos de dados.

Recorrendo às boas práticas de engenharia, deve demonstrar-se com uma análise técnica que o sistema de controlo do caudal de amostragem proporcional assegura intrinsecamente uma recolha de amostras proporcional em todas as circunstâncias previstas durante o ensaio. Podem, por exemplo, usar-se CFV tanto para o caudal de amostragem como para o caudal total, se se demonstrar que têm sempre as mesmas pressões e temperaturas à entrada e que operam sempre em condições de escoamento crítico.

Usam-se caudais medidos ou calculados e/ou concentrações de gás marcador (p. ex. CO_2) para determinar a razão mínima de diluição para a recolha de amostras de partículas por lote durante o intervalo de ensaio.

8.2.1.2. Validação do sistema de diluição do caudal parcial

Exige-se uma resposta rápida do sistema para o controlo de um sistema de diluição do caudal poder extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos; essa rapidez é identificada pela rapidez do sistema de diluição do caudal parcial. Determina-se o tempo de transformação do sistema em conformidade com o procedimento estabelecido no ponto 8.1.8.6.3.2. O controlo efetivo do sistema de diluição do caudal parcial deve ter por base as condições atuais medidas. Se o tempo de transformação combinado da medição do caudal de de gases de escape e do sistema do caudal parcial for ≤ 0,3 s, deve aplicar-se a regulação em linha. Se o tempo de transformação exceder 0,3 s, utiliza-se o controlo antecipado, baseado numa execução do ensaio pré-registada. Neste caso, o tempo de subida combinado deve ser ≤ 1 s e o tempo de reação combinado ≤ 10 s. A resposta total do sistema deve ser concebida para assegurar uma amostra representativa das partículas, $q_{mp,i}$ (caudal da amostra dos gases de escape no sistema de diluição do caudal parcial), proporcional ao caudal mássico dos gases de escape. Para determinar a proporcionalidade, efetua-se uma análise de regressão de $q_{mp,i}$ em função de $q_{mew,i}$ (caudal mássico dos gases de escape em base húmida) a uma taxa de aquisição de dados mínima de 5 Hz, respeitando os seguintes critérios:

a) O coeficiente de correlação r^2 da regressão linear entre $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ não pode ser inferior a 0,95;

b) O erro-padrão da estimativa de $q_{mp,i}$ em $q_{mew,i}$ não pode exceder 5 % do máximo de q_{mp};

c) A ordenada na origem de q_{mp} na reta de regressão não deve exceder ± 2 % do máximo de q_{mp}.

O controlo antecipado é necessário se os tempos de transformação combinados do sistema de partículas, $t_{50,P}$, e do sinal do caudal mássico dos gases de escape, $t_{50,F}$, forem > 0,3 s. Neste caso, efetua-se um pré-ensaio e usa-se o sinal do caudal mássico dos gases de escape para regular o caudal da amostra admitida no sistema de partículas. Obtém-se um controlo correto do sistema de diluição parcial, se o traço do tempo de $q_{mew,pre}$ do pré-ensaio, que controla q_{mp}, for desfasado por um tempo de antecipação de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para estabelecer a correlação entre $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$, utilizam-se os dados obtidos durante o ensaio real, com o $q_{mew,i}$ alinhado em função do tempo por $t_{50,F}$ relativo a $q_{mp,i}$ (não há contribuição de $t_{50,P}$ para o alinhamento temporal). O desfasamento temporal entre q_{mew} e q_{mp} é a diferença dos seus tempos de transformação que foram determinados no ponto 8.1.8.6.3.2.

8.2.2. Validação da gama do analisador de gases, validação da deriva e correção da deriva

8.2.2.1. Validação da gama

Se um analisador tiver funcionado acima de 100 % da sua gama em algum momento durante o ensaio, procede-se da forma seguinte:

8.2.2.1.1. Recolha de amostras por lote

Para a recolha de amostras por lote, reanalisa-se a amostra usando a gama mais baixa do analisador que resulte numa resposta máxima do instrumento abaixo de 100 %. Comunica-se o resultado da gama mais baixa em que o analisador funcione abaixo de 100 % da sua gama durante todo o ensaio.

8.2.2.1.2. Recolha de amostras em contínuo

Para a recolha de amostras em contínuo, repete-se todo o ensaio com a gama do analisador imediatamente superior. Se o analisador voltar a funcionar acima de 100 % da sua gama, repete-se o ensaio com a gama imediatamente superior. Repete-se sucessivamente o ensaio até que o analisador funcione abaixo de 100 % da sua gama durante todo o ensaio.

8.2.2.2. Validação da deriva e correção da deriva

Se a deriva se situar em ± 1 %, os dados podem ser aceites sem qualquer correção ou aceites após correção. Se a deriva for superior a ± 1 %, calculam-se duas séries de resultados de medições de emissões específicas ao freio para cada poluente com um valor-limite específico ao freio e para o CO_2 ou anula-se o ensaio. Calcula-se uma série com os dados anteriores à correção da deriva e a outra série com os dados calculados após correção de todos os dados dos efeitos da deriva em conformidade com o ponto 2.6 do anexo VII e o apêndice 1 do anexo VII. A comparação deve fazer-se como percentagem dos resultados não corrigidos. A diferença entre os valores não corrigidos e corrigidos das emissões específicas ao freio deve ser de ± 4 % dos valores não corrigidos das emissões específicas ao freio ou do valor-limite das emissões, conforme a que for maior. Caso contrário, todo o ensaio é considerado nulo.

8.2.3. Pré-condicionamento dos suportes para a recolha de amostras de partículas (p. ex., filtros) e pesagem da tara

Antes de um ensaio de emissões, tomam-se as medidas seguintes para a preparação do material de filtragem da amostra de partículas e do equipamento de medição de partículas:

8.2.3.1. Verificações periódicas

Deve garantir-se que os ambientes da balança e de estabilização das partículas satisfazem as verificações periódicas previstas no ponto 8.1.12. Pesa-se o filtro de referência imediatamente antes da pesagem dos filtros de ensaio para estabelecer um ponto de referência adequado (ver os pormenores do procedimento no ponto 8.1.12.1). A verificação da estabilidade dos filtros de referência deve ocorrer após o período de estabilização pós-ensaio, imediatamente antes da pesagem pós-ensaio.

8.2.3.2. Inspeção visual

Inspecionam-se visualmente os filtros de recolha de amostras não utilizados para detetar eventuais defeitos, descartando-se os filtros defeituosos.

8.2.3.3. Ligação à terra

Utilizam-se pinças ou uma pulseira ligadas à terra para manusear os filtros de partículas tal como descrito no ponto 9.3.4.

8.2.3.4. Suportes para a recolha de amostras não utilizados

Colocam-se os suportes para a recolha de amostras não utilizados em um ou mais recipientes que estejam abertos ao ambiente de estabilização das partículas. Se forem utilizados filtros, estes podem ser colocados na metade inferior de uma cassete de filtros.

8.2.3.5. Estabilização

Estabilizam-se os suportes para a recolha de amostras no ambiente de estabilização das partículas. Um suporte de recolha de amostras não utilizado pode considerar-se estabilizado se tiver estado no ambiente de estabilização das partículas durante um período mínimo de 30 minutos e se, durante esse período, o referido ambiente de estabilização tiver cumprido as especificações do ponto 9.3.4. Todavia, caso se preveja uma massa igual ou superior a 400 µg os suportes de recolha de amostras devem ser estabilizados durante um período mínimo de 60 minutos.

8.2.3.6. Pesagem

Pesam-se os suportes para a recolha de amostras automática ou manualmente, do seguinte modo:

a) No caso da pesagem automática, seguem-se as instruções do fabricante do sistema automatizado para preparar as amostras a pesar; tal pode incluir a colocação das amostras num recipiente especial;

b) No caso da pesagem manual, recorre-se às boas práticas de engenharia;

c) A título facultativo, é permitida a pesagem de substituição (ver ponto 8.2.3.10);

d) Uma vez um filtro pesado, é devolvido à caixa de Petri e coberto.

8.2.3.7. Correção da impulsão hidrostática

Corrige-se o peso medido da impulsão hidrostática tal como descrito no ponto 8.1.13.2.

8.2.3.8. Repetição

As medições da massa do filtro podem ser repetidas para determinar a massa média do filtro de acordo com as boas práticas de engenharia e excluir os valores aberrantes do cálculo da média.

8.2.3.9. Pesagem da tara

Colocam-se os filtros não utilizados que tenham sido pesados em cassetes para filtros e colocam-se as cassetes com os filtros em contentores cobertos ou selados antes de serem levados para o banco de ensaio para proceder à recolha de amostras.

8.2.3.10. Pesagem de substituição

A pesagem de substituição é facultativa e, se for utilizada, envolve a medição de um peso de referência antes e após cada pesagem de um suporte de recolha de amostras de partículas (p. ex., filtro). Embora a pesagem de substituição requeira mais medições, corrige a deriva do zero da balança e o método repousa na linearidade da balança apenas numa pequena gama. Este método é muito adequado para quantificar a massa total de partículas que represente menos de 0,1 % da massa média do suporte de recolha de amostras. Pode, no entanto não ser adequado quando a massa total de partículas exceda 1 % da massa média do suporte de recolha de amostras. Se se recorrer à pesagem de substituição, esta deve ser utilizada para a pesagem antes e depois do ensaio. Deve utilizar-se o mesmo peso de substituição para a pesagem antes e depois do ensaio. Corrige-se a massa do peso de substituição da impulsão hidrostática se a densidade do peso de substituição for inferior a 2,0 g/cm^3. As etapas que se seguem constituem um exemplo de pesagem de substituição:

a) Utilizam-se pinças ou uma pulseira ligadas à terra tal como descrito no ponto 9.3.4.6;

b) Deve usar-se um neutralizador de eletricidade estática como descrito no ponto 9.3.4.6, a fim de minimizar a carga de eletricidade estática em quaisquer objetos antes da sua colocação no prato da balança;

c) Seleciona-se um peso de substituição que cumpra as especificações para os pesos de calibração previstas no ponto 9.5.2. O peso de substituição deve também ter a mesma densidade que o peso utilizado para calibrar a microbalança e deve ter uma massa semelhante a um suporte não utilizado para a recolha de amostras (p. ex., filtro). Se forem utilizados filtros, a massa do peso deve ser cerca de (80 a 100) mg para filtros típicos de 47 mm de diâmetro;

d) Regista-se a leitura estável da balança e retira-se em seguida o peso de calibração;

e) Pesa-se o suporte de recolha de amostras não utilizado (p. ex., um novo filtro), regista-se a leitura estável da balança, bem como o ponto de orvalho do ambiente da balança, a temperatura ambiente e a pressão atmosférica;

f) Volta a pesar-se o peso de calibração e regista-se a nova leitura estável da balança;

g) Calcula-se a média aritmética das duas leituras do peso de calibração registadas imediatamente antes e depois da pesagem do suporte de recolha de amostras não utilizado. Subtrai-se esse valor médio à leitura do suporte de recolha de amostras não utilizado e adiciona-se em seguida a massa verdadeira do peso de calibração tal como indicada no respetivo certificado. Regista-se este resultado. O valor obtido é o peso da tara da amostra não utilizada sem correção da impulsão hidrostática;

h) Repetem-se estes passos para a pesagem de substituição em relação aos restantes suportes para a recolha de amostras não utilizados;

i) Observam-se as instruções dadas nos pontos 8.2.3.7 a 8.2.3.9 uma vez a pesagem concluída.

8.2.4. Condicionamento e pesagem das amostras de partículas após o ensaio

Os filtros de partículas usados devem ser colocados em recipientes cobertos ou selados ou os porta-filtros fechados, a fim de proteger os filtros de recolha de amostras da contaminação ambiente. Assim protegidos, os filtros carregados devem ser levados de novo para a câmara ou a sala de condicionamento dos filtros de partículas. Em seguida, os filtros de recolha de amostras de partículas devem ser condicionados e pesados em conformidade.

8.2.4.1. Verificação periódica

Deve garantir-se que os ambientes de pesagem e de estabilização das partículas cumpriram as verificações periódicas previstas no ponto 8.1.13.1. Uma vez o ensaio concluído, devolvem-se os filtros ao ambiente de pesagem e de estabilização das partículas. O ambiente de pesagem e de estabilização das partículas deve cumprir os requisitos relativos às condições ambientes do ponto 9.3.4.4; caso contrário, deixam-se os filtros de ensaio cobertos até estarem reunidas as condições exigidas.

8.2.4.2. Retirada dos recipientes selados

No ambiente de estabilização das partículas retiram-se as amostras de partículas dos recipientes selados. Os filtros podem ser retirados das cassetes antes ou depois da estabilização. Quando se retira um filtro de uma cassete, separa-se a metade superior da cassete da metade inferior utilizando um separador de cassetes concebido para o efeito.

8.2.4.3. Ligação à terra

Para manusear as amostras de partículas, utilizam-se pinças ou uma pulseira ligadas à terra tal como descrito no ponto 9.3.4.5.

8.2.4.4. Inspeção visual

Inspecionam-se visualmente as amostras de partículas recolhidas e os suportes de filtragem associados. Se se verificar que as condições do filtro ou da amostra de partículas recolhidas foram comprometidas, ou se as partículas contactarem qualquer outra superfície para além do filtro, a amostra não pode ser utilizada para determinar as emissões de partículas. Se tiver havido contacto com outra superfície, a superfície afetada deve ser limpa antes de retomar o procedimento.

8.2.4.5. Estabilização das amostras de partículas

Para estabilizar as amostras de partículas, colocam-se as referidas amostras em um ou mais recipientes abertos ao ambiente de estabilização das partículas, o qual é descrito no ponto 9.3.4.3. Uma amostra de partículas está estabilizada se tiver estado no ambiente de estabilização das partículas por um dos períodos seguintes e se, durante esse período, o ambiente de estabilização tiver cumprido as especificações do ponto 9.3.4.3:

a) Se se previr que a concentração total de partículas na superfície do filtro é superior a 0,353 μg/mm², supondo uma carga de 400 μg na mancha do filtro de 38 mm de diâmetro, o filtro deve ser exposto ao ambiente de estabilização durante, pelo menos, 60 minutos antes da pesagem;

b) Se se previr que a concentração total de partículas na superfície do filtro é inferior a 0,353 μg/mm², o filtro deve ser exposto ao ambiente de estabilização durante, pelo menos, 30 minutos antes da pesagem;

c) Se a concentração total de partículas prevista na superfície do filtro durante o ensaio for desconhecida, o filtro deve ser exposto ao ambiente de estabilização durante, pelo menos, 60 minutos antes da pesagem.

8.2.4.6. Determinação da massa do filtro após o ensaio

Repetem-se os procedimentos previstos no ponto 8.2.3 (pontos 8.2.3.6 a 8.2.3.9) a fim de determinar a massa do filtro após o ensaio.

8.2.4.7. Massa total

Subtrai-se a massa da tara do filtro corrigida da impulsão hidrostática à massa do filtro após o ensaio corrigida da impulsão hidrostática. O resultado é a massa total, m_{total}, que deve ser utilizado nos cálculos das emissões previstos no anexo VII.

9. **Equipamento de medição**

9.1. Especificação do dinamómetro do motor

9.1.1. Trabalho do veio

Deve utilizar-se um dinamómetro para motores com características que permitam realizar o ciclo de funcionamento aplicável, incluindo a capacidade de cumprir critérios adequados de validação do ciclo. Podem utilizar-se os seguintes dinamómetros:

a) Dinamómetros de correntes de Foucault ou de travão a água;

b) Freios dinamométricos elétricos de corrente alternada ou contínua;

c) Um ou mais dinamómetros.

9.1.2. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC)

Para medir o binário, pode usar-se uma célula de carga ou a medição em linha.

Ao utilizar uma célula de carga, transfere-se o sinal do binário para o eixo do motor e considera-se a inércia do dinamómetro. O binário real do motor é o binário lido na célula de carga adicionado do momento de inércia do freio multiplicado pela aceleração angular. O sistema de controlo tem de realizar este cálculo em tempo real.

9.1.3. Acessórios do motor

O trabalho dos acessórios do motor necessários para alimentar com combustível, lubrificar ou aquecer o motor, fazer circular o fluido de arrefecimento do motor ou para fazer funcionar os sistemas de pós-tratamento deve ser tido em conta, devendo tais acessórios ser instalados em conformidade com o ponto 6.3.

9.1.4. Sistema de veios de transmissão de potência e fixação do motor (categoria NRSh)

Sempre que necessário ao ensaio adequado de um motor da categoria NRSh, utiliza-se o sistema de veios de transmissão de potência e de fixação do motor para o banco de ensaio para efeitos de ligação ao sistema rotativo do dinamómetro especificado pelo fabricante.

9.2. Procedimento de diluição (se aplicável)

9.2.1. Condições do diluente e concentrações de fundo

Os constituintes gasosos podem ser medidos brutos ou diluídos ao passo que a medição das partículas exige, de um modo geral, diluição. A diluição pode ser obtida por um sistema de diluição do caudal total ou parcial. Quando se aplica a diluição, os gases de escape podem ser diluídos com ar ambiente, ar de síntese ou azoto. No caso da medição de emissões gasosas, o diluente deve estar a, pelo menos, 288 K (15 °C). Para a recolha de amostras de partículas, a temperatura do diluente é especificada nos pontos 9.2.2, para o CVS, e 9.2.3, para o PFD com razão de diluição variável. A capacidade de escoamento do sistema de diluição deve ser suficientemente grande para eliminar completamente a condensação de água nos sistemas de diluição e de recolha de amostras. Se a humidade do ar for elevada, é permitida a desumidificação do ar de diluição antes da entrada no sistema de diluição. As paredes do túnel de diluição podem ser aquecidas ou isoladas, tal como o pode ser a tubagem de escoamento a jusante do túnel para impedir a precipitação de constituintes que contenham água de uma fase gasosa para uma fase líquida («condensação de água»).

Antes de um diluente ser misturado com os gases de escape, pode ser pré-condicionado aumentando ou diminuindo a temperatura ou a humidade. Os constituintes podem ser removidos do diluente a fim de reduzir as respetivas concentrações de fundo. São aplicáveis as seguintes disposições à remoção de constituintes ou à contabilização de concentrações de fundo:

a) As concentrações dos constituintes no diluente podem ser medidas e compensadas para ter em conta os efeitos de fundo sobre os resultados dos ensaios. Ver anexo VII para os cálculos que compensam as concentrações de fundo;

b) São permitidas as seguintes alterações aos requisitos dos pontos 7.2, 9.3 e 9.4 para medir os gases ou partículas poluentes de fundo:

   i) A utilização da recolha proporcional de amostras não é obrigatória;

   ii) É possível utilizar sistemas de recolha de amostras não aquecidos;

   iii) É possível utilizar a recolha de amostras em contínuo independentemente da utilização de recolha de amostras por lote no caso das emissões diluídas;

   iv) É possível utilizar a recolha de amostras por lote independentemente da utilização de recolha de amostras em contínuo no caso das emissões diluídas.

c) Para ter em conta as partículas de fundo estão disponíveis as opções seguintes:

   i) Para remover as partículas de fundo, filtra-se o diluente com um filtro de alta eficiência para partículas do ar (HEPA) que tenha uma especificação de eficiência inicial mínima de retenção de 99,97 % (ver artigo 2.º, n.º 19, para os procedimentos relacionados com as eficiências dos filtros HEPA);

   ii) Para corrigir as partículas de fundo sem filtragem HEPA, as partículas de fundo não podem contribuir com mais de 50 % da recolha líquida de partículas no filtro;

   iii) A correção de fundo da recolha líquida de partículas com filtragem HEPA é permitida sem restrições de pressão.

9.2.2. Sistema de caudal total

Diluição do caudal total; recolha de amostras a volume constante (CVS). O caudal total dos gases de escape brutos é diluído num túnel de diluição. Pode manter-se o caudal constante mantendo a temperatura e a pressão do medidor de caudais dentro dos limites. No caso de caudal não constante, mede-se o caudal diretamente a fim de permitir a recolha proporcional de amostras. O sistema deve ser projetado da seguinte forma (ver figura 6.6):

a) Usa-se um túnel com superfícies internas de aço inoxidável. Todo o túnel de diluição deve estar eletricamente ligado à terra. Em alternativa, é possível utilizar materiais não condutores para as categorias de motores não sujeitas a limites de PM nem PN;

b) A contrapressão no sistema de escape não deve ser artificialmente reduzida pelo sistema de admissão de ar de diluição. A pressão estática no local em que são introduzidos os gases de escape brutos no túnel deve ser mantida a ± 1,2 kPa da pressão atmosférica;

c) Para otimizar a mistura introduzem-se os gases de escape brutos no túnel, orientando-os para jusante ao longo do eixo do túnel. Pode introduzir-se uma fração do ar de diluição radialmente a partir da superfície interior do túnel a fim de minimizar a interação dos gases de escape com as paredes do túnel;

d) Diluente. Para a recolha de amostras de partículas, a temperatura dos diluentes (ar ambiente, ar de síntese ou azoto tal como previsto no ponto 9.2.1) deve ser mantida entre 293 e 325 K (20 a 52 °C) na proximidade imediata da entrada para o túnel de diluição;

e) O número de Reynolds, *Re*, deve ser, pelo menos, de 4 000 para o fluxo de gases de escape diluídos, sendo *Re* baseado no diâmetro interior do túnel de diluição. *Re* é definido no anexo VII. A verificação de que a mistura é adequada é efetuada na passagem por uma sonda de recolha de amostras no diâmetro do túnel, vertical e horizontalmente. Se a resposta do analisador indicar um desvio superior a ± 2 % da concentração média medida, deve-se fazer funcionar o CVS a um caudal superior ou instalar uma placa ou orifício de mistura para melhorar a mistura;

f) Pré-condicionamento da medição do caudal. Os gases de escape diluídos podem ser condicionados antes de se lhes medir o caudal, desde que este condicionamento seja efetuado a jusante de sondas de recolha de amostras aquecidas de HC ou de partículas, do seguinte modo:

   i) Podem ser utilizados estabilizadores de caudais, amortecedores de pulsação ou ambos;

   ii) Pode usar-se um filtro;

   iii) Pode usar-se um permutador de calor para controlar a temperatura a montante de qualquer medidor de caudais, mas devem ser tomadas as medidas necessárias para impedir a condensação de água;

g) Condensação de água. A condensação da água é função da humidade, da pressão, da temperatura e das concentrações de outros constituintes, como o ácido sulfúrico. Estes parâmetros variam em função da humidade do ar da admissão do motor, da humidade do ar de diluição, da razão ar/combustível do motor e da composição do combustível — incluindo o teor de hidrogénio e de enxofre do combustível.

   A fim de assegurar que o caudal medido corresponde a uma concentração medida, ou se impede a condensação de água entre o local da sonda de recolha de amostras e a entrada do medidor de caudais no túnel de diluição ou se permite a condensação de água e mede-se a humidade à entrada do medidor de caudais. As paredes do túnel de diluição ou a tubagem de escoamento a jusante do túnel podem ser aquecidas ou isoladas para impedir a condensação de água. Deve impedir-se a condensação de água ao longo do túnel de diluição. Certos componentes dos gases de escape podem ser diluídos ou eliminados pela presença de humidade;

   Para a recolha de amostras de partículas, o caudal proporcional proveniente do CVS passa através da diluição secundária (uma ou mais vezes) para obter a razão de diluição global exigida conforme ilustrado na figura 9.2 e estabelecido no ponto 9.2.3.2;

h) A razão mínima de diluição global deve situar-se entre 5:1 e 7:1 e, pelo menos, 2:1 para a fase de diluição primária baseada no caudal máximo dos gases de escape do motor durante o ciclo de ensaio ou o intervalo de ensaio;

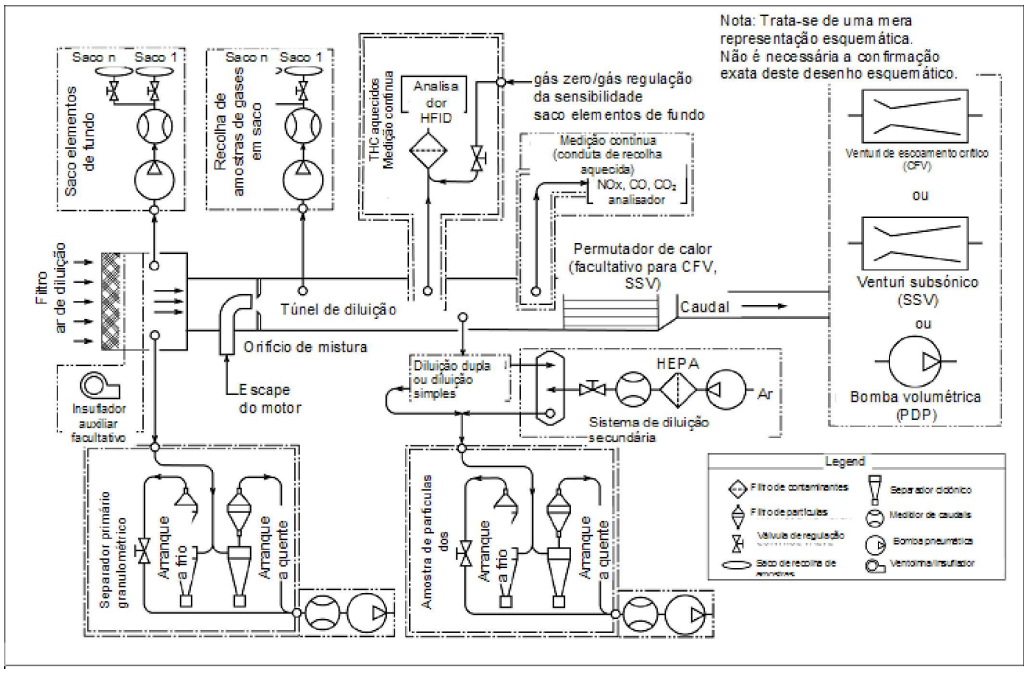
i) O tempo de permanência global no sistema, tal como medido desde o ponto de introdução do diluente até ao(s) porta-filtros, deve situar-se entre 0,5 e 5 segundos;

j) O tempo de permanência no sistema de diluição secundária, se existir, tal como medido desde o ponto de introdução do diluente secundário até ao(s) porta-filtros, deve ser de pelo menos 0,5 segundos.

Para determinar a massa das partículas, são necessários um sistema de recolha de amostras, um filtro de recolha de amostras de partículas, uma balança gravimétrica e uma câmara de pesagem com a temperatura e a humidade controladas.

Figura 6.6

Exemplos de configurações de recolha de amostras com diluição do caudal total



9.2.3. Sistema de diluição do caudal parcial (PFD)

9.2.3.1. Descrição de sistema de caudal parcial

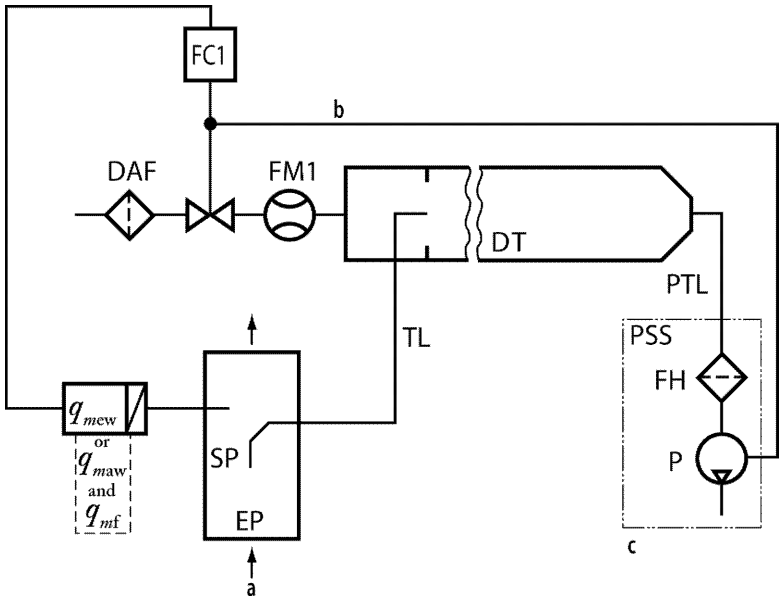
A figura 6.7 apresenta um esquema de um sistema PFD. Trata-se de um esquema geral para mostrar os princípios de extração da amostra, diluição e recolha de amostras de partículas. Não se destina a indicar que todos os componentes descritos na figura são necessários para outros eventuais sistemas de recolha de amostras que satisfaçam a intenção da recolha de amostras. São permitidas outras configurações que não coincidam com este esquema desde que sirvam o mesmo propósito de colheita de amostras, diluição e recolha de amostras de partículas. Estas têm de satisfazer outros critérios, nomeadamente os constantes dos pontos 8.1.8.6 (calibração periódica) e 8.2.1.2 (validação) para a diluição PFD variável e do ponto 8.1.4.5, bem como do quadro 8.2 (verificação da linearidade) e do ponto 8.1.8.5.7 (verificação) para a diluição PFD constante.

Tal como mostrado na figura 6.7, os gases de escape brutos ou o caudal sujeito à diluição primária são transferidos do tubo de escape EP ou do CVS, respetivamente, para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e da conduta de transferência TL. O caudal total através do túnel é ajustado com um regulador de caudais e a bomba de recolha de amostras P do sistema de recolha de amostras de partículas (PSS). Para a recolha de amostras proporcional dos gases de escape brutos, o caudal de ar de diluição é regulado pelo regulador de caudais FC1, que pode utilizar q_{mew} (caudal mássico dos gases de escape em base húmida) ou q_{maw} (caudal mássico do ar de admissão em base húmida) e q_{mf} (caudal mássico do combustível) como sinais de comando, para a separação dos gases de escape desejada. O caudal da amostra que chega ao túnel de diluição DT é a diferença entre o caudal total e o caudal do ar de diluição. O caudal do ar de diluição é medido com o medidor de caudais FM1 e o caudal total com o medidor de caudais do sistema de recolha de amostras de partículas. A razão de diluição é calculada a partir destes dois caudais. Para recolher amostras com uma razão de diluição constante de gases de escape brutos ou diluídos em função do caudal dos gases de escape (p. ex.: diluição secundária para recolha de amostras de partículas), o caudal do ar de diluição é geralmente constante e regulado pelo regulador de caudais FC1 ou pela bomba do ar de diluição.

O ar de diluição (ar ambiente, ar de síntese ou azoto) deve ser filtrado com um filtro de partículas do ar de elevada eficiência (HEPA).

Figura 6.7

Esquema de sistema de diluição do caudal parcial (tipo recolha total).



a = gases de escape do motor ou caudal primário diluído

b = facultativo

c = recolha de amostras de partículas

Componentes da figura 6.7:

DAF: Filtro de diluição do ar

DT: Túnel de diluição ou sistema de diluição secundária

EP: Tubo de escape ou sistema de diluição primária

FC1: Regulador de caudais

FH: Porta-filtros

FM1: Medidor de caudais que mede o caudal do ar de diluição

P: Bomba de recolha de amostras

PSS: Sistema de recolha de amostras de partículas

PTL: Conduta de transferência das partículas

SP: Sonda de recolha de amostras de gases de escape brutos ou diluídos

TL: Conduta de transferência

Caudais mássicos aplicáveis apenas a recolha de amostras proporcional PFD dos gases de escape brutos:

q_{mew} é o caudal mássico dos gases de escape em base húmida

q_{maw} é o caudal mássico do ar de admissão em base húmida

q_{mf} é o caudal mássico do combustível

9.2.3.2. Diluição

A temperatura dos diluentes (ar ambiente, ar de síntese ou azoto tal como previsto no ponto 9.2.1) deve ser mantida entre 293 e 325 K (20 a 52 °C) na proximidade imediata da entrada para o túnel de diluição.

É permitida a desumidificação do ar de diluição antes de entrar no sistema de diluição. O sistema de diluição do caudal parcial tem de ser concebido para obter uma amostra proporcional dos gases de escape brutos da corrente de gases de escape do motor, respondendo assim às variações no caudal dos gases de escape, e introduzir ar de diluição nessa amostra para se atingir uma temperatura no filtro de ensaio tal como prescrito no ponto 9.3.3.4.3. Para o efeito, é essencial que a razão de diluição seja determinada de modo a cumprir os requisitos de exatidão do ponto 8.1.8.6.1.

A fim de assegurar que o caudal medido corresponde a uma concentração medida, ou se impede a condensação de água entre o local da sonda de recolha de amostras e a entrada do medidor de caudais no túnel de diluição ou se permite a condensação de água e mede-se a humidade à entrada do medidor de caudais. O sistema PFD pode ser aquecido ou isolado para impedir a condensação de água. Deve impedir-se a condensação de água ao longo do túnel de diluição.

A razão mínima de diluição deve situar-se entre 5:1 e 7:1 com base no caudal máximo dos gases de escape do motor durante o ciclo de ensaio ou o intervalo de ensaio.

O tempo de permanência no sistema, tal como medido desde o ponto de introdução do diluente até ao(s) porta-filtros, deve situar-se entre 0,5 e 5 segundos.

Para determinar a massa das partículas, são necessários um sistema de recolha de amostras, um filtro de recolha de amostras de partículas, uma balança gravimétrica e uma câmara de pesagem com a temperatura e a humidade controladas.

9.2.3.3. Aplicabilidade

Pode-se usar o PFD para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos para recolher amostras de PM e de gases por lote ou em contínuo durante quaisquer ciclos de funcionamento em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC), NRSC em modo discreto ou RMC.

O sistema pode também ser utilizado com gases de escape diluídos previamente em que, através de uma razão de diluição constante, um caudal que já é proporcional é diluído (ver figura 9.2). Este é o modo de efetuar uma diluição secundária a partir de um túnel de CVS para atingir a necessária razão de diluição global de recolha de amostras de partículas.

9.2.3.4. Calibração

A calibração do PFD para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos é considerada no ponto 8.1.8.6.

9.3. Procedimentos para a recolha de amostras

9.3.1. Requisitos gerais para a recolha de amostras

9.3.1.1. Conceção e construção da sonda

A sonda é o primeiro acessório num sistema de recolha de amostras. Apresenta-se saliente dentro da corrente de gases de escape brutos ou diluídos para extrair uma amostra de modo que as suas superfícies interior e exterior estejam em contacto com os gases de escape. Da sonda sai uma amostra que é transportada da sonda para uma conduta de transferência.

As sondas de recolha de amostras devem ser construídas com superfícies internas de aço inoxidável ou, para a amostragem de gases de escape brutos, com qualquer material não reativo capaz de suportar as temperaturas dos gases de escape brutos. As sondas de recolha de amostras devem ser colocadas num local em que os constituintes estejam misturados na concentração média da amostra e a interferência com outras sondas seja minimizada. Recomenda-se que todas as sondas permaneçam livres de influências de camadas-limite, ondas e turbilhões, em especial na proximidade da saída de um tubo de escape de um medidor onde possa ocorrer uma diluição acidental. A purga ou refluxo de uma sonda não deve influenciar outra sonda durante o ensaio. Pode usar-se uma sonda única para recolher uma amostra de mais do que um constituinte desde que essa sonda cumpra todas as especificações para cada componente.

9.3.1.1.1. Câmara de mistura (categoria NRSh)

Se permitido pelo fabricante, é possível utilizar uma câmara de mistura no ensaio de motores da categoria NRSh. A câmara de mistura é um componente facultativo dos sistemas de recolha de amostras de gases brutos e situa-se no sistema de escape entre o silencioso e a sonda de recolha de amostras. O formato e as dimensões da câmara de mistura e da tubagem antes e depois devem proporcionar uma amostra homogénea e bem misturada no local da sonda de recolha de amostras e evitar que pulsações ou ressonâncias fortes da câmara influenciem os resultados das emissões.

9.3.1.2. Condutas de transferência

Deve minimizar-se o comprimento das condutas de transferência que transportam uma amostra extraída de uma sonda para um analisador, dispositivo de recolha ou sistema de diluição mediante a localização de analisadores, suportes de armazenamento e sistemas de diluição tão próximos das sondas quanto possível. Deve reduzir-se ao mínimo o número de curvas nas condutas de transferência e maximizar o raio de qualquer curvatura inevitável.

9.3.1.3. Métodos de amostragem

Para a recolha de amostras em contínuo e por lote, apresentadas no ponto 7.2, são aplicáveis as seguintes condições:

a) Ao extrair de um caudal constante, a recolha de amostras deve igualmente ser efetuada com um caudal constante;

b) Ao extrair de um caudal variável, o caudal de recolha de amostras deve igualmente variar em função do caudal variável;

c) Valida-se a recolha proporcional de amostras tal como descrito no ponto 8.2.1.

9.3.2. Recolha dos gases

9.3.2.1. Sondas de recolha de amostras

Podem usar-se sondas com uma ou mais entradas para recolher amostras de emissões gasosas. As sondas podem ser orientadas em qualquer direção relativamente ao caudal dos gases de escape brutos ou diluídos. Em algumas sondas, as temperaturas das amostras devem ser controladas, do seguinte modo:

a) No caso das sondas que extraem os NO_x dos gases de escape diluídos, controla-se a temperatura das paredes da sonda de modo a impedir a condensação de água;

b) No caso das sondas que extraem os hidrocarbonetos dos gases de escape diluídos, recomenda-se que se regule a temperatura das paredes da sonda a aproximadamente 191 °C para minimizar a contaminação.

9.3.2.1.1. Câmara de mistura (categoria NRSh)

Quando utilizada em conformidade com o ponto 9.3.1.1.1, o volume interno da câmara de mistura não deve ser inferior a dez vezes a cilindrada do motor objeto de ensaio. A câmara de mistura deve ser ligada o mais próximo possível do silencioso do motor e a temperatura mínima da superfície interna deve ser 452 K (179 °C). O fabricante pode especificar a conceção da câmara de mistura.

9.3.2.2. Condutas de transferência

Devem utilizar-se condutas de transferência com superfícies internas de aço inoxidável, PTFE, Viton™ ou qualquer outro material com melhores propriedades para a recolha de amostras das emissões. Deve usar-se um material não reativo capaz de suportar as temperaturas dos gases de escape. Podem usar-se filtros em linha se o filtro e o seu invólucro cumprirem os mesmos requisitos de temperatura que as condutas de transferência, do seguinte modo:

a) Nas condutas de transferência dos NO_x a montante de um conversor NO_2-NO que cumpra as especificações do ponto 8.1.11.5, ou de um refrigerador que cumpra as especificações do ponto 8.1.11.4, a amostra deve ser mantida a uma temperatura que impeça a condensação de água;

b) Nas condutas de transferência dos THC deve ser mantida uma temperatura das paredes ao longo de toda a conduta de (191 ± 11) °C. Se a recolha de amostras for feita a partir de gases de escape brutos, pode-se ligar diretamente uma conduta de transferência não aquecida e isolada a uma sonda. O comprimento e o isolamento da conduta de transferência devem ser concebidos para arrefecer a temperatura mais elevada dos gases de escape brutos prevista para uma temperatura não inferior a 191 °C, tal como medida à saída da conduta de transferência. No caso da recolha de amostras num caudal diluído, é permitida uma zona de transição entre a sonda e a conduta de transferência com o comprimento máximo de 0,92 m para fazer a transição da temperatura das paredes para (191 ± 11) °C.

9.3.2.3. Componentes do condicionamento das amostras

9.3.2.3.1. Secadores de amostras

9.3.2.3.1.1. Requisitos

Podem utilizar-se secadores de amostras para remover humidade da amostra a fim de reduzir o efeito da água na medição das emissões gasosas. Os secadores de amostras devem cumprir os requisitos estabelecidos no ponto 9.3.2.3.1.1 e no ponto 9.3.2.3.1.2. Na equação (7-13) usa-se um teor de humidade de 0,8 %.

Para a mais elevada concentração de vapor de água prevista, H_m, a técnica de remoção de água deve manter a humidade a ≤ 5 g de água/kg de ar seco (ou cerca de 0,8 % do volume de H_2O), o que corresponde a 100 % de humidade relativa a 277,1 K (3,9 °C) e 101,3 kPa. Esta especificação para a humidade é equivalente a cerca de 25 % de humidade relativa a 298 K (25 °C) e 101,3 kPa. Este controlo pode ser efetuado através da

a) medição da temperatura à saída do secador de amostras;

b) medição da humidade imediatamente a montante do CLD;

execução do procedimento de verificação do ponto 8.1.8.5.8.

9.3.2.3.1.2. Tipos de secadores de amostras permitidos e procedimento para estimar o teor de humidade após a passagem pelo secador

Pode utilizar-se qualquer dos tipos de secador de amostras descritos no presente ponto.

a) Se for usado um secador de membrana osmótica a montante de qualquer analisador de gases ou dispositivo de recolha, o mesmo deve satisfazer as especificações de temperatura estabelecidas no ponto 9.3.2.2. Deve monitorizar-se o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, a jusante de um secador de membrana osmótica. O volume de água deve ser calculado como especificado no anexo VII utilizando os valores registados de forma contínua de T_{dew} e p_{total} ou os seus valores máximos observados durante um ensaio ou os seus pontos de regulação do alarme. Na ausência de uma medição direta, p_{total} nominal é dada pela pressão absoluta mais baixa do secador prevista durante o ensaio.

b) Não é permitido usar um refrigerador a montante de um sistema de medição dos THC para os motores de ignição por compressão. Se for usado um refrigerador a montante de um conversor NO_2-NO ou num sistema de recolha de amostras sem um conversor NO_2-NO, o refrigerador deve satisfazer a verificação de perda do desempenho relativa ao NO_2 especificada no ponto 8.1.11.4. Deve monitorizar-se o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, a jusante de um refrigerador. O volume de água deve ser calculado como especificado no anexo VII utilizando os valores registados de forma contínua de T_{dew} e p_{total} ou os seus valores máximos observados durante um ensaio ou os seus pontos de regulação do alarme. Na ausência de uma medição direta, p_{total} nominal é dada pela pressão absoluta mais baixa do refrigerador prevista durante o ensaio. Pode calcular-se $T_{chiller}$ se for válido presumir o grau de saturação no refrigerador, T_{dew}, com base na eficiência conhecida e na monitorização contínua da temperatura do refrigerador. Se os valores de $T_{chiller}$ não forem registados em contínuo, pode-se usar o seu valor máximo observado durante um ensaio, ou o seu ponto de regulação de alarme, como um valor constante para determinar uma quantidade constante de água em conformidade com o anexo VII. Se for válido presumir que $T_{chiller}$ é igual a T_{dew}, pode usar-se $T_{chiller}$ em vez de T_{dew} em conformidade com o anexo VII. Se for válido presumir uma deslocação constante da temperatura entre $T_{chiller}$ e T_{dew}, devido a uma determinada quantidade conhecida e fixa de reaquecimento da amostra entre a saída do refrigerador e o local de medição da temperatura, este valor da deslocação assumida da temperatura pode ser incluído nos cálculos das emissões. A validade de quaisquer pressupostos admitidos pelo presente ponto deve ser demonstrada por análise técnica ou por dados.

9.3.2.3.2. Bombas de recolha de amostras

Devem utilizar-se bombas de recolha de amostras a montante de um analisador ou de um dispositivo de recolha para o gás em questão. Devem utilizar-se bombas de recolha de amostras com superfícies internas de aço inoxidável, PTFE ou qualquer outro material com melhores propriedades para recolha de amostras das emissões. Em algumas bombas de recolha de amostras, as temperaturas devem ser controladas, do seguinte modo:

a) Se se usar uma bomba de recolha de amostras de NO_x a montante de um conversor NO_2-NO que cumpra os requisitos estabelecidos no ponto 8.1.11.5 ou de um refrigerador que cumpra os requisitos estabelecidos no ponto 8.1.11.4, a bomba deve ser aquecida para impedir a condensação de água;

b) Se se usar uma bomba de recolha de amostras de THC a montante de um analisador de THC ou de um dispositivo de recolha, as suas superfícies internas devem ser aquecidas até a uma temperatura de 464 ± 11 K (191 ± 11) °C.

9.3.2.3.3. Depuradores de amoníaco

Podem utilizar-se depuradores de amoníaco para todos e quaisquer sistemas de recolha de amostras de gases a fim de impedir a interferência de NH_3, o envenenamento do conversor NO_2-NO e depósitos nos analisadores ou no sistema de recolha de amostras. A instalação do depurador de amoníaco deve seguir as recomendações do fabricante.

9.3.2.4. Suportes de armazenamento das amostras

No caso de amostragem em sacos, armazenam-se os volumes de gás em recipientes suficientemente limpos que deixem escapar um mínimo de gases ou permitam uma permeação mínima dos gases. Usam-se as boas práticas de engenharia para determinar os limiares aceitáveis da limpeza e da permeação dos suportes de armazenamento. A fim de limpar um recipiente, este pode ser repetidamente purgado e evacuado e pode ser aquecido. Usa-se um recipiente flexível (por exemplo, um saco) num ambiente com temperatura controlada ou um recipiente rígido com a temperatura controlada, o qual é inicialmente evacuado ou tem um volume que pode ser deslocado, como um conjunto de pistão e cilindro. Devem usar-se recipientes que satisfaçam as especificações constantes do quadro 6.6 a seguir.

Quadro 6.6

Materiais dos recipientes para a recolha de amostras gasosas por lote

CO, CO_2, O_2, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, NO, NO_2 [1]	polifluoreto de vinilo [2] por exemplo, Tedlar™, polifluoreto de vinilideno [2] por exemplo, Kynar™, politetrafluoroetileno [3] por exemplo, Teflon™, ou aço inoxidável [3]
HC	politetrafluoroetileno [4] ou aço inoxidável [4]

[1] Desde que seja impedida a condensação da água no recipiente de armazenamento.
[2] Até 313 K (40 °C).
[3] Até 475 K (202 °C).
[4] A 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.3. Recolha de amostras de partículas

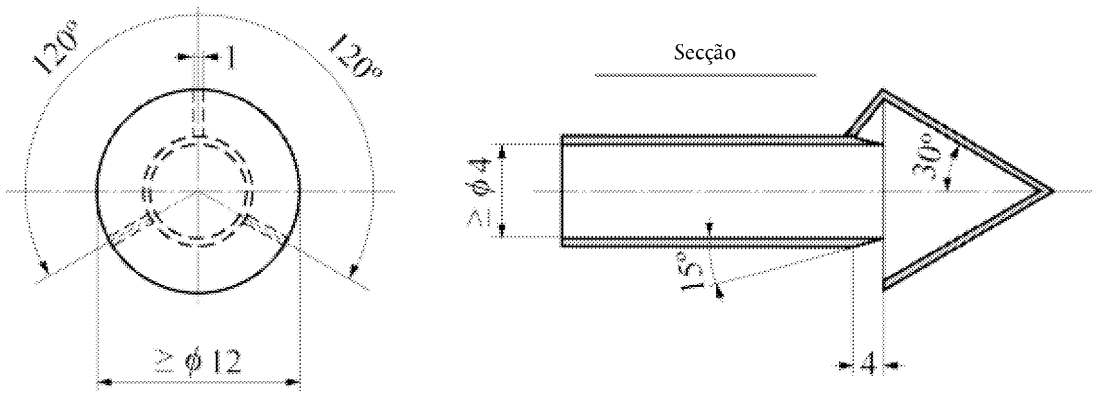
9.3.3.1. Sondas de recolha de amostras

Devem usar-se sondas de partículas com uma abertura única. As sondas de partículas devem estar orientadas de face para montante.

A sonda de partículas pode ser protegida por um chapéu que esteja em conformidade com os requisitos da figura 6.8. Neste caso, não deve usar-se o separador primário descrito no ponto 9.3.3.3.

Figura 6.8

Esquema de uma sonda de recolha com um separador em forma de chapéu



9.3.3.2. Condutas de transferência

Recomenda-se que se usem condutas de transferência isoladas ou aquecidas ou um recinto aquecido para minimizar as diferenças de temperatura entre as condutas de transferência e os constituintes dos gases de escape. Devem usar-se condutas de transferência inertes em relação às partículas e eletricamente condutoras nas superfícies internas. Recomenda-se a utilização de condutas de transferência de partículas em aço inoxidável; exige-se que qualquer outro material que não seja aço inoxidável tenha o mesmo desempenho na recolha de amostras que o aço inoxidável. A superfície interior das condutas de transferência de partículas deve estar ligada à terra.

9.3.3.3. Separador primário

É admitida a utilização de um separador primário para eliminar as partículas de grande diâmetro instalado no sistema de diluição imediatamente antes do porta-filtros. Apenas é admitido um separador primário. Se se utilizar uma sonda em forma de chapéu (ver figura 6.8), a utilização de um pré-classificador é proibida.

O separador primário de partículas pode ser um impactador inercial ou um separador ciclónico. Deve ser fabricado em aço inoxidável. O separador primário deve ser dimensionado para eliminar, pelo menos, 50 % das partículas com um diâmetro aerodinâmico de 10 μm e não mais de 1 % das partículas com um diâmetro aerodinâmico de 1 μm na gama de caudais em que é utilizado. A saída do separador primário deve ser configurada com um meio de contornar quaisquer filtros de recolha de partículas, de modo a que o caudal do separador primário possa ser estabilizado antes do início do ensaio. O filtro de recolha de amostras de partículas deve estar situado no máximo a 75 cm a jusante da saída do separador primário.

9.3.3.4. Filtro de recolha de amostras

Durante a sequência de ensaio, os gases de escape diluídos devem ser amostrados por meio de um filtro que cumpra os requisitos estabelecidos nos pontos 9.3.3.4.1 a 9.3.3.4.4.

9.3.3.4.1. Características dos filtros

Todos os tipos de filtros devem possuir um coeficiente de retenção de, pelo menos, 99,7 %. Para cumprir este requisito, podem utilizar-se as medições do fabricante dos filtros de amostragem refletidas nas classificações do produto. O material filtrante deve ser:

a) Fibra de vidro revestida de fluorocarbono (PTFE); ou

b) Membrana de fluorocarbono (PTFE).

Se a massa líquida de partículas no filtro exceder 400 μg, pode usar-se um filtro com uma eficiência de recolha inicial mínima de 98 %.

9.3.3.4.2. Dimensão dos filtros

O filtro deve ter um diâmetro nominal de 46,50 mm ± 0,6 mm (pelo menos um diâmetro da mancha de 37 mm). Podem utilizar-se filtros com diâmetros superiores com o acordo prévio da entidade homologadora. Recomenda-se a proporcionalidade entre o filtro e a mancha.

9.3.3.4.3. Controlo da diluição e da temperatura das amostras de partículas

As amostras de partículas devem ser diluídas pelo menos uma vez a montante das condutas de transferência, no caso de um sistema CVS, e a jusante, no caso de um sistema PFD (ver ponto 9.3.3.2 relativo às condutas de transferência). A temperatura da amostra deve ser regulada para 320 ± 5 K (47 ± 5 °C), tal como medida em qualquer ponto 200 mm a montante ou 200 mm a jusante dos suportes de armazenamento de partículas. A amostra de partículas destina-se a ser aquecida ou arrefecida primariamente pelas condições de diluição especificadas na alínea a) do ponto 9.2.1.

9.3.3.4.4. Velocidade de passagem nominal através do filtro

A velocidade de passagem nominal de um filtro deve situar-se entre 0,90 e 1,00 m/s, com menos de 5 % dos valores de caudal registados a exceder este intervalo. Se a massa total de partículas exceder 400 μg, a velocidade de passagem nominal do filtro pode ser reduzida. A velocidade de passagem nominal deve ser medida, dividindo o caudal volumétrico da amostra à pressão a montante do filtro e à temperatura da superfície do filtro pela superfície exposta do filtro. Deve usar-se a pressão no sistema de escape ou no túnel do CVS para a pressão a montante se a perda de pressão através do sistema de recolha de partículas até ao filtro for inferior a 2 kPa.

9.3.3.4.5. Porta-filtros

Para minimizar a deposição turbulenta e as partículas se depositarem uniformemente sobre um filtro, deve usar-se um cone divergente de 12,5° (a partir do centro) na secção de transição entre o diâmetro interior da conduta de transferência e o diâmetro exposto da face do filtro. Para esta transição deve utilizar-se aço inoxidável.

9.3.4. Ambientes para a estabilização e a pesagem das partículas para análise gravimétrica

9.3.4.1. Ambiente para a análise gravimétrica

O presente ponto descreve os dois ambientes necessários para estabilizar e pesar as partículas para efeitos da análise gravimétrica: o ambiente de estabilização das partículas, onde os filtros são armazenados antes da pesagem; e o ambiente de pesagem, onde se encontra a balança. Os dois ambientes podem partilhar um espaço comum.

Os ambientes de estabilização e de pesagem devem estar isentos de quaisquer contaminantes ambientes, tais como poeira, aerossóis ou material semivolátil, que possam contaminar as amostras de partículas.

9.3.4.2. Limpeza

Deve verificar-se a limpeza do ambiente de estabilização das partículas usando filtros de referência tal como descrito no ponto 8.1.12.1.4.

9.3.4.3. Temperatura da câmara

A temperatura da câmara (ou sala) em que os filtros de partículas são condicionados e pesados deve ser mantida a 295 K ± 1 K (22 °C ±1 °C) durante todo o período de condicionamento e pesagem. A humidade deve ser mantida a um ponto de orvalho de 282,5 K ± 1 K (9,5 °C ± 1 °C) e a humidade relativa a 45 % ± 8 %. Se os ambientes de estabilização e de pesagem forem separados, a temperatura do ambiente de estabilização deve ser mantida dentro do intervalo de tolerância de 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C).

9.3.4.4. Verificação das condições ambientes

Aquando da utilização de instrumentos de medição que satisfaçam as especificações do ponto 9.4 devem ser verificadas as seguintes condições ambientes:

a) Regista-se o ponto de orvalho e a temperatura ambiente. Usam-se estes valores para determinar se os ambientes de estabilização e de pesagem permaneceram dentro das tolerâncias especificadas no ponto 9.3.4.3 durante, pelo menos, 60 minutos antes da pesagem dos filtros;

b) Regista-se em contínuo a pressão atmosférica no ambiente de pesagem. Uma alternativa aceitável consiste na utilização de um barómetro que meça a pressão atmosférica fora do ambiente de pesagem, desde que se possa garantir que a pressão atmosférica na balança está sempre equilibrada a ± 100 Pa da pressão atmosférica comum. Deve registar-se a pressão atmosférica mais recente quando cada amostra de partículas é pesada. Usa-se este valor para calcular a correção da impulsão hidrostática das partículas prevista no ponto 8.1.12.2.

9.3.4.5. Instalação da balança

Instala-se a balança da maneira que segue:

a) Instalada numa plataforma isolada das vibrações a fim de a isolar do ruído e da vibração externos;

b) Protegida contra correntes de convecção por meio de um para-vento antiestático que esteja eletricamente ligado à terra.

9.3.4.6. Carga de eletricidade estática

A carga de eletricidade estática deve ser reduzida ao mínimo no ambiente da balança, da forma que segue:

a) A balança deve estar eletricamente ligada à terra;

b) Devem ser utilizadas pinças de aço inoxidável, se as amostras de partículas forem manipuladas manualmente;

c) As pinças devem estar ligadas à terra por uma correia, ou o operador deve usar uma pulseira de ligação à terra de forma que a pulseira e a balança tenham a mesma ligação à terra;

d) Deve prever-se um neutralizante da eletricidade estática que esteja eletricamente ligado à terra em comum com a balança para eliminar a carga estática das amostras de partículas.

9.4. Instrumentos de medição

9.4.1. Introdução

9.4.1.1. Âmbito de aplicação

O presente ponto especifica os instrumentos de medição e os requisitos para os sistemas associados relativos aos ensaios de emissões. Incluem-se aqui instrumentos de laboratório para medição de parâmetros do motor, condições ambientes, parâmetros dos caudais e concentrações das emissões (brutas ou diluídas).

9.4.1.2. Tipos de instrumentos

Todos os instrumentos referidos no presente regulamento devem ser usados tal como descrito no próprio regulamento (ver o quadro 6.5 para a medição de quantidades efetuada por estes instrumentos). Sempre que um instrumento mencionado no presente regulamento seja utilizado de uma forma não especificada, ou que outro instrumento seja utilizado no seu lugar, são aplicáveis os requisitos de equivalência conforme especificados no ponto 5.1.1. Se se especificar mais do que um instrumento para uma determinada medição, um deles será identificado pela entidade homologadora ou de certificação, mediante pedido, como a referência a fim de mostrar que um procedimento alternativo é equivalente ao procedimento especificado.

9.4.1.3. Sistemas redundantes

Com a aprovação prévia da entidade homologadora ou de certificação, podem ser usados para todos os instrumentos de medição descritos no presente ponto dados de múltiplos instrumentos com vista a calcular resultados de um único ensaio. Os resultados de todas as medições devem ser registados e os dados brutos devem ser conservados. Este requisito aplica-se independentemente de as medições serem efetivamente utilizadas nos cálculos.

9.4.2. Registo e controlo de dados

O sistema de ensaio deve ser capaz de atualizar dados, registar dados e controlar sistemas relacionados com as solicitações do operador, o dinamómetro, o equipamento de recolha de amostras e os instrumentos de medição. Devem usar-se sistemas de aquisição e controlo de dados que possam registar a frequências mínimas especificadas, tal como indicado no quadro 6.7 (este quadro não se aplica a ensaios com modos discretos).

Quadro 6.7

Frequências mínimas de registo e controlo de dados

Ponto do protocolo de ensaio aplicável	Valores medidos	Frequência mínima de comando e controlo	Frequência mínima de registo
7.6.	Velocidade e binário durante um mapa do motor por etapas	1 Hz	um valor médio por etapa
7.6.	Velocidade e binário durante um mapa do motor por varrimento	5 Hz	média de 1 Hz
7.8.3.	Velocidades e binários de referência e de retroação do ciclo de funcionamento (NRTC e LSI-NRTC) em condições transitórias	5 Hz	média de 1 Hz
7.8.2.	Velocidades e binários de referência e de retroação do ciclo de funcionamento NRSC em modo discreto e RMC	1 Hz	1 Hz
7.3.	Concentrações contínuas dos analisadores de gases brutos	N/A	1 Hz
7.3.	Concentrações contínuas dos analisadores de gases diluídos	N/A	1 Hz
7.3.	Concentrações do lote para os analisadores de gases brutos ou diluídos	N/A	um valor médio por intervalo de ensaio
7.6. 8.2.1.	Caudal de gases de escape diluídos de um CVS com um permutador de calor a montante da medição do caudal	N/A	1 Hz
7.6. 8.2.1.	Caudal de gases de escape diluídos de um CVS sem permutador de calor a montante da medição do caudal	5 Hz	média de 1 Hz
7.6. 8.2.1.	Caudal do ar de admissão ou dos gases de escape (para medição de gases brutos em condições transitórias)	N/A	média de 1 Hz
7.6. 8.2.1.	Ar de diluição se ativamente controlado	5 Hz	média de 1 Hz
7.6. 8.2.1.	Caudal da amostra de um CVS com um permutador de calor	1 Hz	1 Hz
7.6. 8.2.1.	Caudal da amostra de um CVS sem permutador de calor	5 Hz	média de 1 Hz

9.4.3. Especificações de desempenho para os instrumentos de medição

9.4.3.1. Descrição geral

O sistema de ensaio no seu conjunto deve satisfazer todas as calibrações e verificações aplicáveis e os critérios de validação dos ensaios especificados no ponto 8.1, incluindo os requisitos para a verificação da linearidade dos pontos 8.1.4 e 8.2. Os instrumentos devem satisfazer as especificações constantes do quadro 6.7 para todas as gamas a utilizar para os ensaios. Além disso, deve conservar-se toda a documentação recebida dos fabricantes dos instrumentos indicando que os instrumentos satisfazem as especificações constantes do quadro 6.7.

9.4.3.2. Requisitos dos componentes

O quadro 6.8 mostra as especificações dos transdutores de binário, velocidade e pressão, dos sensores de temperatura e do ponto de orvalho e de outros instrumentos. O sistema completo para medir uma dada quantidade física e/ou química deve satisfazer a verificação da linearidade prevista no ponto 8.1.4. Para as medições de emissões gasosas podem ser utilizados analisadores que possuam algoritmos de compensação que são funções de outros componentes gasosos medidos e das características do combustível para o ensaio específico do motor. Quaisquer algoritmos de compensação devem apenas oferecer compensação sem afetar quaisquer ganhos (isto é, ausência de enviesamento).

Quadro 6.8

Especificações de desempenho recomendadas para os instrumentos de medição

Instrumento de medição	Símbolo da quantidade medida	Sistema completo Tempo de subida	Frequência de atualização do registo	Exatidão [a]	Repetibilidade [a]
Transdutor da velocidade do motor	n	1 s	média de 1 Hz	2,0 % de pt ou 0,5 % do valor máximo	1,0 % de pt ou 0,25 % do valor máximo
Transdutor do binário do motor	T	1 s	média de 1 Hz	2,0 % de pt ou 1,0 % do valor máximo	1,0 % de pt ou 0,5 % do valor máximo
Medidor do caudal de combustível (Totalizador do combustível)		5 s (N/A)	1 Hz (N/A)	2,0 % de pt ou 1,5 % do valor máximo	1,0 % de pt ou 0,75 % do valor máximo
Medidor do caudal total diluído dos gases de escape (CVS) (Com permutador de calor antes do medidor)		1 s (5 s)	média de 1 Hz (1 Hz)	2,0 % de pt ou 1,5 % do valor máximo	1,0 % de pt ou 0,75 % do valor máximo
Medidores do ar de diluição, do ar de admissão, dos gases de escape e das amostras		1 s	Médias a 1 Hz das amostras a 5 Hz	2,5 % de pt ou 1,5 % do valor máximo	1,25 % de pt ou 0,75 % do valor máximo
Analisador contínuo dos gases brutos	x	5 s	2 Hz	2,0 % de pt ou 2,0 % de medição	1,0 % de pt ou 1,0 % de medição
Analisador contínuo dos gases diluídos	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt ou 2,0 % de medição	1,0 % de pt ou 1,0 % de medição
Analisador contínuo de gases	x	5 s	1 Hz	2,0 % de pt ou 2,0 % de medição	1,0 % de pt ou 1,0 % de medição

Instrumento de medição	Símbolo da quantidade medida	Sistema completo Tempo de subida	Frequência de atualização do registo	Exatidão [a]	Repetibilidade [a]
Analisador de gases por lote	x	N/A	N/A	2,0 % de pt ou 2,0 % de medição	1,0 % de pt ou 1,0 % de medição
Balança gravimétrica para as partículas	m_{PM}	N/A	N/A	Ver ponto 9.4.11.	0,5 µ g
Balança inércia para as partículas	m_{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % de pt ou 2,0 % de medição	1,0 % de pt ou 1,0 % de medição

[a] A exatidão e a repetibilidade determinam-se sempre com os mesmos dados recolhidos, tal como descrito no ponto 9.4.3, e com base em valores absolutos. «pt» designa a média geral prevista para o valor-limite de emissão; «valor máximo» é o valor máximo previsto para o limite de emissão durante o ciclo de funcionamento, não o valor máximo da gama do instrumento; «medição» é a média efetiva medida durante o ciclo de funcionamento.

9.4.4. Medição dos parâmetros do motor e das condições ambientes

9.4.4.1. Sensores de velocidade e binário

9.4.4.1.1. Aplicação

Os instrumentos de medição do trabalho à entrada e à saída durante o funcionamento do motor devem satisfazer as especificações do presente ponto. Recomendam-se sensores, transdutores e medidores que satisfaçam as especificações constantes do quadro 6.8. Os sistemas completos para medir o trabalho à entrada e à saída devem satisfazer a verificação da linearidade prevista no ponto 8.1.4.

9.4.4.1.2. Trabalho do veio

Calcula-se o trabalho e a potência a partir dos resultados dos transdutores da velocidade e do binário, em conformidade com o ponto 9.4.4.1. Os sistemas completos para medir a velocidade e o binário devem satisfazer a calibração e as verificações previstas nos pontos 8.1.7 e 8.1.4.

O binário induzido pela inércia de componentes em aceleração e desaceleração ligados ao volante de inércia, tais como o veio motor e o rotor do dinamómetro, deve ser compensado, conforme necessário, com base nas boas práticas de engenharia.

9.4.4.2. Transdutores de pressão, sensores de temperatura e sensores do ponto de orvalho

Os sistemas completos para medir a pressão, a temperatura e o ponto de orvalho devem cumprir a calibração prevista no ponto 8.1.7.

Os transdutores de pressão devem estar localizados num ambiente com temperatura controlada ou devem compensar as variações de temperatura ao longo da gama de funcionamento prevista. Os materiais dos transdutores devem ser compatíveis com o fluido que é medido.

9.4.5. Medições relativas aos caudais

Com qualquer tipo de medidor de caudais (de combustível, de ar de admissão, dos gases de escape brutos, dos gases de escape diluídos, das amostras), o caudal deve ser condicionado conforme for necessário a fim de impedir que ondas, turbilhões, caudais circulantes ou impulsos do caudal afetem a exatidão e a repetibilidade do medidor. No caso de alguns medidores, este condicionamento pode ser obtido utilizando um comprimento suficiente de tubagem retilínea (tal como um comprimento equivalente a pelo menos 10 diâmetros do tubo) ou utilizando curvas nos tubos, aletas retificadoras, placas perfuradas (ou amortecedores de pulsação pneumáticos para o medidor do caudal de combustível) especialmente concebidas para criar um perfil de velocidade constante e previsível a montante do medidor.

9.4.5.1. Medidor do caudal de combustível

O sistema completo para medir o caudal de combustível deve cumprir a calibração prevista no ponto 8.1.8.1. Em todas as medições do caudal de combustível deve contabilizar-se o combustível que contorna o motor ou retorna do motor ao reservatório de combustível.

9.4.5.2. Medidor do caudal de admissão

O sistema completo para medir o caudal de admissão deve cumprir a calibração prevista no ponto 8.1.8.2.

9.4.5.3. Medidor do caudal dos gases de escape brutos

9.4.5.3.1. Requisitos dos componentes

O sistema completo para medir o caudal de gases de escape brutos deve cumprir os requisitos de linearidade previstos no ponto 8.1.4. Todos os medidores de caudais de gases de escape brutos devem ser concebidos de modo a compensar adequadamente as variações da termodinâmica, fluidez e composição dos gases de escape brutos.

9.4.5.3.2. Tempo de resposta do medidor de caudais

Para se controlar um sistema de diluição do caudal parcial de modo a extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos, exige-se do medidor de caudais um tempo de resposta mais rápido do que o indicado no quadro 9.3. No que diz respeito aos sistemas de diluição do caudal parcial com controlo em linha o tempo de resposta do medidor de caudais deve cumprir as especificações do ponto 8.2.1.2.

9.4.5.3.3. Arrefecimento dos gases de escape

O presente ponto não é aplicável ao arrefecimento dos gases de escape devido à conceção do motor, incluindo, mas não exclusivamente, turbocompressores e coletores de escape arrefecidos a água.

É permitido o arrefecimento dos gases de escape a montante do medidor de caudais com as seguintes restrições:

a) Não é permitido recolher amostras de partículas a jusante do arrefecimento;

b) Se o arrefecimento fizer com que as temperaturas dos gases de escape acima de 475 K (202 °C) baixem para um valor inferior a 453 K (180 °C), não é permitido recolher amostras de HC a jusante do arrefecimento;

c) Se o arrefecimento causar condensação de água, não é permitido recolher amostras de NO_x a jusante do arrefecimento, a menos que o refrigerador satisfaça a verificação do desempenho prevista no ponto 8.1.11.4;

d) Se o arrefecimento causar condensação de água antes de o caudal atingir um medidor de caudais, deve medir-se o ponto de orvalho T_{dew} e a pressão p_{total} à entrada do medidor de caudais. Estes valores são utilizados nos cálculos das emissões em conformidade com o anexo VII.

9.4.5.4. Medidores de caudais de ar de diluição e de gases de escape diluídos

9.4.5.4.1. Aplicação

Determinam-se os caudais instantâneos dos gases de escape diluídos ou o caudal total dos gases de escape diluídos ao longo de um intervalo de ensaio utilizando um medidor de caudais para os gases de escape diluídos. Os caudais dos gases de escape brutos ou o caudal total dos gases de escape brutos ao longo de um intervalo de ensaio podem ser calculados a partir da diferença entre o medidor do caudal dos gases de escape diluídos e um medidor do ar de diluição.

9.4.5.4.2. Requisitos dos componentes

O sistema completo para medir o caudal dos gases de escape diluídos deve satisfazer a calibração e as verificações previstas nos pontos 8.1.8.4 e 8.1.8.5. Podem utilizar-se os seguintes medidores:

a) Para recolha de amostras a volume constante (CVS) do caudal total dos gases de escape diluídos, pode usar-se um venturi de escoamento crítico (CFV) ou múltiplos venturis de escoamento crítico dispostos em paralelo, uma bomba volumétrica (PDP), um venturi subsónico (SSV) ou um medidor de caudais ultrassónico (UFM). Combinados com um permutador de calor a montante, uma PDP ou um CFV poderão atuar também como regulador passivo do caudal ao manter os gases de escape diluídos a uma temperatura constante num sistema CVS;

b) Com o sistema de diluição do caudal parcial (PFD) pode usar-se a combinação de qualquer medidor de caudais com um qualquer sistema de controlo ativo do caudal para manter uma recolha proporcional de amostras de constituintes dos gases de escape. Pode controlar-se o caudal total dos gases de escape diluídos, ou um ou mais caudais de amostras, ou uma combinação destes controlos de caudais para manter a recolha proporcional de amostras.

Com qualquer outro sistema de diluição, pode usar-se um elemento de caudal laminar, um medidor de caudais ultrassónico, um venturi subsónico, um venturi de escoamento crítico ou múltiplos venturis dispostos em paralelo, um medidor volumétrico, um medidor mássico térmico, um tubo de Pitot multifuros que calcula a média ou um anemómetro de fio aquecido.

9.4.5.4.3. Arrefecimento dos gases de escape

É permitido arrefecer os gases de escape diluídos a montante de um medidor do caudal de gases diluídos, desde que seja observado o seguinte:

a) Não é permitido recolher amostras de partículas a jusante do arrefecimento;

b) Se o arrefecimento fizer com que as temperaturas dos gases de escape acima de 475 K (202 °C) baixem para um valor inferior a 453 K (180 °C), não é permitido recolher amostras de HC a jusante do arrefecimento;

c) Se o arrefecimento causar condensação de água, não é permitido recolher amostras de NO_x a jusante do arrefecimento, a menos que o refrigerador satisfaça a verificação do desempenho prevista no ponto 8.1.11.4;

d) Se o arrefecimento causar condensação de água antes de o caudal atingir um medidor de caudais, deve medir-se o ponto de orvalho T_{dew} e a pressão p_{total} à entrada do medidor de caudais. Estes valores são utilizados nos cálculos das emissões em conformidade com o anexo VII.

9.4.5.5. Medidor de caudais de amostras na recolha de amostras por lote

Usa-se um medidor de caudais de amostras para determinar o caudal das amostras ou o caudal total recolhido num sistema de recolha de amostras por lote durante um intervalo de ensaio. Pode usar-se a diferença entre dois medidores de caudais para calcular o caudal das amostras para um túnel de diluição, por exemplo, para a medição de partículas num sistema de diluição do caudal parcial e para a medição de partículas num sistema de diluição secundária do caudal. As especificações para a medição diferencial do caudal para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos são estabelecidas no ponto 8.1.8.6.1 e a calibração da medição diferencial do caudal consta do ponto 8.1.8.6.2.

O sistema completo para o medidor do caudal de amostras deve cumprir os requisitos de calibração estabelecidos no ponto 8.1.8.

9.4.5.6. Misturador-doseador de gases

Pode utilizar-se um misturador-doseador de gases para misturar os gases de calibração.

Usa-se um misturador-doseador de gases que misture os gases de acordo com as especificações do ponto 9.5.1 e com as concentrações previstas durante os ensaios das emissões. Podem usar-se misturadores-doseadores de gases de escoamento crítico, de tubo capilar ou de medição térmica do caudal mássico. As correções da viscosidade devem ser aplicadas conforme necessário (se tal não for feito pelo *software* interno do misturador-doseador), de modo a assegurar uma correta divisão dos gases. O sistema do misturador-doseador deve satisfazer a verificação da linearidade estabelecida no ponto 8.1.4.5. Em alternativa, o dispositivo misturador pode ser verificado com um instrumento que, por natureza, seja linear, p. ex., utilizando gás NO com um CLD. O valor de regulação da sensibilidade do instrumento deve ser ajustado com o gás de regulação da sensibilidade diretamente ligado ao instrumento. Deve verificar-se o misturador-doseador com as regulações utilizadas e compara-se o valor nominal com a concentração medida pelo instrumento.

9.4.6. Medições do CO e do CO_2

Usa-se um analisador não dispersivo de infravermelhos (NDIR) para medir as concentrações de CO e de CO_2 nos gases de escape brutos ou diluídos tanto na recolha de amostras por lote como em contínuo.

O sistema baseado no NDIR deve satisfazer a calibração e as verificações estabelecidas no ponto 8.1.8.1.

9.4.7. Medições dos hidrocarbonetos

9.4.7.1. Detetor de ionização por chama

9.4.7.1.1. Aplicação

Usa-se um detetor de ionização por chama aquecido (HFID) para medir as concentrações de hidrocarbonetos nos gases de escape brutos ou diluídos tanto na recolha de amostras por lote como em contínuo. Determinam-se as concentrações de hidrocarbonetos numa base de carbono 1, C_1. Os analisadores FID aquecidos devem manter todas as superfícies expostas às emissões a uma temperatura de 464 ± 11 K (191 ± 11 °C). No que diz respeito aos motores a GN e GPL e de ignição comandada, o analisador de hidrocarbonetos pode ser do tipo não aquecido de ionização por chama (FID).

9.4.7.1.2. Requisitos dos componentes

O sistema baseado no FID para medir os THC deve satisfazer todas verificações para a medição dos hidrocarbonetos previstas no ponto 8.1.10.

9.4.7.1.3. Combustível do FID e ar do queimador

O combustível do FID e ar do queimador devem cumprir as especificações do ponto 9.5.1. O combustível do FID e o ar do queimador não se devem misturar antes de entrar no analisador FID de modo a garantir que o analisador FID opera com uma chama de difusão e não com uma chama de pré-mistura.

9.4.7.1.4. Reservado

9.4.7.1.5. Reservado

9.4.7.2. Reservado

9.4.8. Medições dos NO_x

São especificados dois instrumentos de medição para a medição dos NO_x, sendo possível utilizar qualquer um deles, desde que responda aos critérios especificados nos pontos 9.4.8.1 ou 9.4.8.2, respetivamente. Deve usar-se o detetor de quimioluminescência como procedimento de referência para comparação com qualquer proposta de procedimento de medição alternativo em conformidade com o disposto no ponto 5.1.1.

9.4.8.1. Detetor de quimioluminescência

9.4.8.1.1. Aplicação

Usa-se um detetor de quimioluminescência (CLD) combinado com um conversor NO_2-NO para medir a concentração de NO_x nos gases de escape brutos ou diluídos tanto na recolha de amostras por lote como em contínuo.

9.4.8.1.2. Requisitos dos componentes

O sistema baseado no CLD deve satisfazer a verificação do efeito de atenuação prevista no ponto 8.1.11.1. Pode usar-se um CLD, aquecido ou não, assim como um CLD que funcione à pressão atmosférica ou em vácuo.

9.4.8.1.3. Conversor NO_2-NO

Coloca-se um conversor NO_2-NO interno ou externo que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.5 a montante do CLD e configura-se o conversor com uma derivação para facilitar essa verificação.

9.4.8.1.4. Efeitos da humidade

Todas as temperaturas do CLD devem ser mantidas, de modo a impedir a condensação de água. Para eliminar a humidade de uma amostra a montante de um CLD, usa-se uma das seguintes configurações:

a) Um CLD ligado a jusante de um eventual secador ou refrigerador a jusante de um conversor NO_2-NO que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.5;

b) Um CLD ligado a jusante de um eventual secador ou refrigerador que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.4.

9.4.8.1.5. Tempo de resposta

Pode utilizar-se um CLD aquecido para melhorar o tempo de resposta do CLD.

9.4.8.2. Analisador não dispersivo de ultravioletas

9.4.8.2.1. Aplicação

Usa-se um analisador não dispersivo de ultravioletas (NDUV) para medir a concentração de NO_x nos gases de escape brutos ou diluídos tanto na recolha de amostras por lote como em contínuo.

9.4.8.2.2. Requisitos dos componentes

O sistema baseado no NDUV deve satisfazer as verificações previstas no ponto 8.1.11.3.

9.4.8.2.3. Conversor NO_2-NO

Se o analisador NDUV medir apenas o NO, deve colocar-se um conversor NO_2-NO interno ou externo que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.5 a montante do analisador NDUV. Configura-se o conversor com uma derivação para facilitar esta verificação.

9.4.8.2.4. Efeitos da humidade

A temperatura do analisador NDUV deve ser mantida de modo a impedir a condensação de água, a menos que se use umas das seguintes configurações:

a) Um NDUV ligado a jusante de um eventual secador ou refrigerador a jusante de um conversor NO_2-NO que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.5;

b) Um NDUV ligado a jusante de um eventual secador ou refrigerador que satisfaça a verificação prevista no ponto 8.1.11.4.

9.4.9. Medições do O_2

Usa-se um analisador de deteção paramagnética (PMD) ou de deteção magnetopneumática (MPD) para medir as concentrações de O_2 nos gases de escape brutos ou diluídos tanto na recolha de amostras por lote como em contínuo.

9.4.10. Medições da razão ar/combustível

Pode usar-se um analisador por óxido de zircónio (ZrO_2) para medir a razão ar/combustível nos gases de escape brutos na recolha de amostras em contínuo. As medições do O_2 com as medições do ar de admissão e do débito de combustível podem ser utilizadas para calcular o caudal dos gases de escape em conformidade com o anexo VII.

9.4.11. Medições das partículas com balança gravimétrica

Usa-se uma balança para pesar as partículas líquidas recolhidas nos filtros de recolha de amostras.

O requisito mínimo para a resolução da balança é que esta deve ser igual ou inferior à repetibilidade de 0,5 micrograma recomendada no quadro 6.8. Se a balança usar pesos de calibração internos para a regulação da sensibilidade e as verificações de linearidade de rotina, os pesos de calibração devem cumprir as especificações do ponto 9.5.2.

A balança deve ser configurada para um tempo de estabelecimento ótimo e ter uma localização estável.

9.4.12. Medições de amoníaco (NH_3)

Pode utilizar-se um analisador FTIR (infravermelho por transformada de Fourier), um NDUV ou um analisador *laser* de infravermelhos em conformidade com as instruções do fornecedor do instrumento.

9.5. Gases de análise e normas relativas à massa

9.5.1. Gases de análise

Os gases de análise devem cumprir as especificações de exatidão e de pureza do presente ponto.

9.5.1.1. Especificações para os gases

Devem ter-se em consideração as seguintes especificações para os gases:

a) Devem usar-se gases purificados para misturar com gases de calibração e regular instrumentos de medição a fim de obter uma resposta zero a um padrão de calibração zero. Devem usar-se gases cuja contaminação não seja superior ao valor mais alto dos valores seguintes na garrafa de gás ou à saída de um gerador de gás de colocação a zero:

   i) 2 % de contaminação, medidos em relação à concentração média prevista na norma. Por exemplo, se se previr uma concentração de CO de 100,0 µmol/mol, será permitido utilizar um gás de colocação a zero com uma contaminação por CO inferior ou igual a 2 000 µmol/mol;

   ii) A contaminação especificada no quadro 6.9, aplicável em medições de gases brutos ou diluídos;

   iii) A contaminação especificada no quadro 6.10, aplicável em medições em gases brutos.

Quadro 6.9

Limites de contaminação, aplicáveis em medições de gases brutos ou diluídos [µmol/mol = ppm]

Constituinte	Ar de síntese purificado [a]	N_2 purificado [a]
THC (equivalente C_1)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO_2	≤ 1, µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
O_2	0,205 a 0,215 mol/mol	≤ 2 µmol/mol
NO_x	≤ 0,02 µmol/mol	≤ 0,02 µmol/mol

[a] Não se exige que estes níveis de pureza estejam especificados em normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas.

Quadro 6.10.

Limites de contaminação, aplicáveis em medições em gases brutos [µmol/mol = ppm (3,2)]

Constituinte	Ar de síntese purificado [a]	N_2 purificado [a]
THC (equivalente C_1)	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO_2	≤ 400 µmol/mol	≤ 400 µmol/mol
O_2	0,18 a 0,21 mol/mol	—
NO_x	≤ 0,1 µmol/mol	≤ 0,1 µmol/mol

[a] Não se exige que estes níveis de pureza estejam especificados em normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas.

b) Devem utilizar-se os seguintes gases com um analisador FID:

i) O combustível do FID deve ser utilizado com uma concentração de H_2O de (0,39 a 0,41) mol/mol, restante He ou N_2. A mistura não deve conter mais de 0,05 µmol/mol de THC;

ii) O ar do queimador do FID usado deve cumprir as especificações para o ar purificado previstas na alínea a) do presente ponto;

iii) Gás de colocação a zero. Colocam-se a zero os detetores de ionização por chama com gás purificado que cumpra as especificações da alínea a) do presente ponto, com a exceção de que a concentração de O_2 do gás purificado pode ter um valor qualquer;

iv) Propano no gás de regulação da sensibilidade do FID. Regula-se a sensibilidade e calibra-se o FID dos THC com concentrações de calibração de propano, C_3H_8. A calibração deve ser efetuada numa base de carbono 1 (C_1);

v) Reservado;

c) Devem usar-se as misturas de gases seguintes com gases especificados em normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas, com uma aproximação de ± 1,0 % do valor verdadeiro ou de outras normas de gases que tenham sido aprovadas:

i) Reservado;

ii) Reservado;

iii) C_3H_8, restante ar de síntese purificado e/ou N_2 (conforme for aplicável);

iv) CO, restante N_2 purificado;

v) CO_2, restante N_2 purificado;

vi) NO, restante N_2 purificado;

vii) NO_2, restante ar de síntese purificado;

viii) O_2, restante N_2 purificado;

ix) C_3H_8, CO, CO_2, NO, restante N_2 purificado;

x) C_3H_8, CH_4, CO, CO_2, NO, restante N_2 purificado.

d) Podem usar-se gases para espécies diferentes das constantes da alínea c) do presente ponto (p. ex., metanol em ar, que pode ser utilizado para determinar os fatores de resposta), desde que se aproximem a ± 3,0 % do valor verdadeiro das especificações de normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas e satisfaçam os critérios de estabilidade do ponto 9.5.1.2;

e) Podem gerar-se gases de calibração próprios com um dispositivo de mistura de gases de precisão, como um misturador-doseador de gases, para diluir gases com N_2 purificado ou ar de síntese purificado. Se os misturadores-doseadores de gases cumprirem as especificações do ponto 9.4.5.6 e os gases que entram na mistura cumprirem os requisitos das alíneas a) e c) do presente ponto, as misturas resultantes são consideradas conformes com os requisitos do presente ponto 9.5.1.1.

9.5.1.2. Concentração e data de validade

A concentração das eventuais normas do gás de calibração e a data de expiração indicada pelo fornecedor do gás devem ser registadas.

a) Não é permitido usar gás de calibração normalizado após a sua data de expiração, exceto nos casos previstos na alínea b) do presente ponto.

b) Os gases de calibração podem ser novamente rotulados e utilizados após a sua data de expiração se tal for previamente aprovado pela entidade homologadora ou de certificação.

9.5.1.3. Transferência de gases

Os gases devem ser transferidos da sua fonte para os analisadores utilizando componentes que se destinam a controlar e a transferir apenas esses gases.

O prazo de validade de todos os gases de calibração deve ser respeitado. A data de expiração dos gases de calibração indicada pelo fabricante deve ser registada.

9.5.2. Normas relativas à massa

Devem usar-se pesos de calibração nas balanças de partículas certificados de acordo com normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas com uma aproximação de 0,1 %. Os pesos de calibração podem ser certificados por qualquer laboratório de calibração que mantenha a rastreabilidade de normas internacionais e/ou nacionais reconhecidas. Deve ser assegurado que o peso de calibração mais pequeno não tenha uma massa mais do que dez vezes superior à massa de um suporte de recolhas de partículas não utilizado. Do relatório de calibração deve constar igualmente a densidade dos pesos.

Apêndice 1

Equipamento para medição do número de partículas emitidas

1. **Método de ensaio de medição**

1.1. Recolha de amostras

O número de partículas emitidas deve ser medido através da recolha de amostras em contínuo das emissões produzidas por um sistema de diluição do caudal parcial, tal como descrito no ponto 9.2.3 do presente anexo, ou um sistema de diluição do caudal total, tal como descrito no ponto 9.2.2 do presente anexo.

1.1.1. Filtragem 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 para partículas do ar (HEPA) que cumpram os requisitos definidos no artigo 2.º, n.º 23. 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.

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

Para compensar o caudal mássico extraído do sistema de diluição da amostragem do número de partículas, o caudal mássico extraído (filtrado) deve ser reposto 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 soma do número e da massa de partículas da amostragem for inferior a 0,5 % do caudal total dos gases de escape diluídos no túnel de diluição (med), esta correção, ou devolução de caudal, pode ser desprezada.

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

1.3.1. 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 correção matemática tal como descrito no ponto 1.3.2. No caso de sistemas de diluição do caudal parcial com recolha de amostras total, o caudal mássico extraído para a amostragem do número de partículas é também corrigido no cálculo da massa de partículas tal como descrito no ponto 1.3.3.

1.3.2. O caudal instantâneo dos gases de escape no sistema de diluição (qmp), 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 (6-20) no ponto 8.1.8.6.1 do presente anexo é substituída pela equação (6-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \qquad (6\text{-}29)$$

Em que:

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

q_{mdw} é o caudal mássico do ar de diluição, em kg/s;

q_{ex} é o caudal mássico da amostra do número de partículas, em kg/s.

O sinal q_{ex} transmitido ao regulador do sistema de caudal parcial deve ter uma exatidão de ± 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 se repuser um caudal equivalente no sistema de diluição a montante do dispositivo de medição de caudais, a equação (6-20) no ponto 8.1.8.6.1 do presente anexo é substituída pela equação (6-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \qquad (6\text{-}30)$$

Em que:

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

q_{mdw} é o caudal mássico do ar de diluição, em kg/s;

q_{ex} é o caudal mássico da amostra do número de partículas, em kg/s;

q_{sw} é o caudal mássico reposto no túnel de diluição para compensar a extração de amostras do número de partículas, em kg/s.

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

1.3.3. 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 recolha de amostras total, a massa das partículas (m_{PM}) calculada no ponto 2.3.1.1 do anexo VII 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, tal como estabelecido na equação (6-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \qquad (6\text{-}31)$$

Em que:

m_{PM} é a massa de partículas determinada em conformidade com o ponto 2.3.1.1 do anexo VII, em g/ensaio;

m_{sed} é a massa total dos gases de escape diluídos que passam através do túnel de diluição, em kg;

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

1.3.4. Proporcionalidade da amostragem com diluição do caudal parcial

Para a medição do número de partículas, utiliza-se o caudal mássico dos gases de escape, determinado por um dos métodos descritos nos pontos 8.4.1.3 a 8.4.1.7 do presente anexo, 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 ponto 8.2.1.2 do presente anexo.

1.3.5. Cálculo do número de partículas

A determinação e o cálculo do número de partículas são estabelecidos no apêndice 5 do anexo VII.

2. **Equipamento de medição**

2.1. Especificação

2.1.1. Descrição geral do sistema

2.1.1.1. 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 ponto 9.2.2 ou 9.2.3 do presente anexo, num separador de partículas voláteis (VPR) situado a montante de um contador do número de partículas (PNC) e num tubo de transferência adequado.

2.1.1.2. Recomenda-se a instalação de um separador primário (p. ex., ciclone, impactador, 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 figura 6.8. No caso de um sistema de diluição do caudal parcial, admite-se a utilização do mesmo separador primário para a amostragem da massa e do número de partículas, extraindo-se a amostra 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 do número de partículas do sistema de diluição a montante do separador primário da massa de partículas.

2.1.2. Requisitos gerais

2.1.2.1. O ponto de amostragem das partículas deve estar situado num sistema de diluição.

Juntos, a sonda ou o ponto de recolha de amostras 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 para a entrada do VPR. O PTS deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de sistemas de diluição do caudal total e de diluição do caudal parcial do tipo recolha fracionada (tal como descrito no ponto 9.2.3 do presente anexo), a sonda de recolha de amostras 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 recolha de amostras deve ser posicionada no canal de diluição, de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea de diluente/gases de escape.

No caso de sistemas de diluição do caudal parcial do tipo recolha total (tal como descrito no ponto 9.2.3 do presente anexo), o ponto ou a sonda de recolha de amostras 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 recolha de amostras deve ser posicionado de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea de diluente/gases de escape. A sonda de recolha de amostras 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:

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

b) No caso de sistemas 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 recolha de amostras;

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

d) 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.

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

f) Ter um diâmetro interno de ≥ 4 mm;

g) O tempo de permanência do caudal do gás de amostragem no OT deve ser ≤ 0,8 segundos.

h) 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.

2.1.2.2. O VPR deve incluir dispositivos para a diluição da amostra e para a separação das partículas voláteis.

2.1.2.3. Todas as peças do sistema de diluição e do sistema de recolha 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 eletricidade que não reajam com componentes dos gases de escape e devem ser ligadas à terra para impedir efeitos eletrostáticos.

2.1.2.4. O sistema de recolha 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.

2.1.3. Requisitos Específicos

2.1.3.1. A amostra de partículas não deve passar através de uma bomba antes de passar pelo PNC.

2.1.3.2. Recomenda-se a utilização de um separador primário.

2.1.3.3. O dispositivo de pré-condicionamento da amostra deve:

2.1.3.3.1. Ser capaz de diluir a amostra, em uma ou mais etapas, para obter uma concentração do 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 dos gases abaixo de 308 K (35 °C) à entrada do PNC;

2.1.3.3.2. Incluir uma primeira etapa de diluição aquecida à saída da qual a temperatura da amostra é ≥ 423 K (150 °C) e ≤ 673 K (400 °C) e a sua diluição corresponde a um fator de pelo menos 10;

2.1.3.3.3. Manter as etapas aquecidas a uma temperatura nominal de funcionamento constante, no intervalo especificado no ponto 2.1.4.3.2, com uma tolerância de ± 10 °C. Fornecer indicações que permitam saber se as etapas aquecidas estão à temperatura correta de funcionamento;

2.1.3.3.4. Atingir um fator de redução da concentração de partículas ($f_r(d_i)$), tal como definido no ponto 2.2.2.2 seguinte, para partículas cujo diâmetro de mobilidade elétrica seja de 30 nm e 50 nm, que não seja superior em mais de 30 % e 20 %, respetivamente, nem inferior em mais de 5 % ao obtido para as partículas com um diâmetro de mobilidade elétrica de 100 nm, para o conjunto do VPR;

2.1.3.3.5. Obter também uma vaporização > 99,0 % de partículas de tetracontano ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) de 30 nm, com uma concentração à entrada ≥ 10 000 cm^{-3}, através do aquecimento e da redução das pressões parciais do tetracontano.

2.1.3.4. O PNC deve:

2.1.3.4.1. Funcionar em condições de caudal total;

2.1.3.4.2. Efetuar a contagem com uma exatidão 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 exatidão do PNC, com um grau elevado de confiança estatística;

2.1.3.4.3. Ter uma capacidade de leitura de pelo menos 0,1 partículas/cm^{-3} a concentrações inferiores a 100 cm^{-3};

2.1.3.4.4. Ter uma resposta linear para as concentrações de partículas ao longo de toda a gama de medição em modo de contagem partícula a partícula;

2.1.3.4.5. Ter uma frequência de transmissão de dados igual ou superior a 0,5 Hz;

2.1.3.4.6. Ter um tempo de resposta ao longo do intervalo de medida das concentrações inferior a 5 s;

2.1.3.4.7. Comportar uma função de correção da coincidência até uma correção máxima de 10 %, e pode aplicar um fator de calibração interna em conformidade com o ponto 2.2.1.3, mas não utilizar nenhum outro algoritmo de correção ou definição no que diz respeito à eficiência da contagem;

2.1.3.4.8. Ter eficiências de contagem de 50 % (± 12 %) para as partículas com um diâmetro de mobilidade elétrica de 23 nm (± 1 nm) e de mais de 90 % para as partículas com um diâmetro de mobilidade elétrica de 41 nm (± 1 nm). Estas eficiências de contagem podem ser alcançadas por meios internos (por exemplo, através da conceção adequada dos instrumentos) ou externos (por exemplo, utilização de um separador granulométrico primário);

2.1.3.4.9. Se o PNC funcionar com um líquido, este deve ser substituído com a frequência indicada pelo fabricante do instrumento.

2.1.3.5. 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 correção das medições da concentração de partículas, a fim de repor as condições normais.

2.1.3.6. A soma do tempo de permanência no PTS, no VPR e no OT mais o tempo de resposta do PNC não deve exceder 20 s.

2.1.3.7. O tempo de transformação de todo o sistema de amostragem para medição do número de partículas (PTS, VPR, OT e PNC) é determinado por permutação do caudal de aerossol diretamente à entrada do PTS. A permuta do aerossol 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 do 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}).

2.1.4. 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 2.1.2 e 2.1.3.

As figuras 6.9 e 6.10 ilustram as configurações esquemáticas dos sistemas recomendados de amostragem de partículas para sistemas de diluição do caudal parcial e do caudal total, respetivamente.

Figura 6.9

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

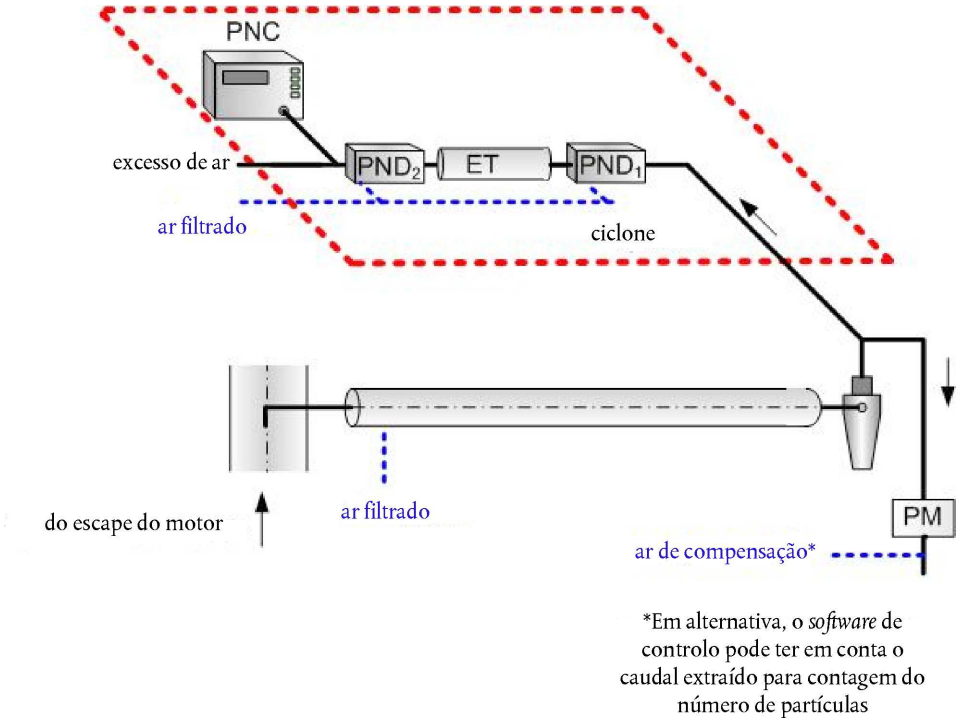
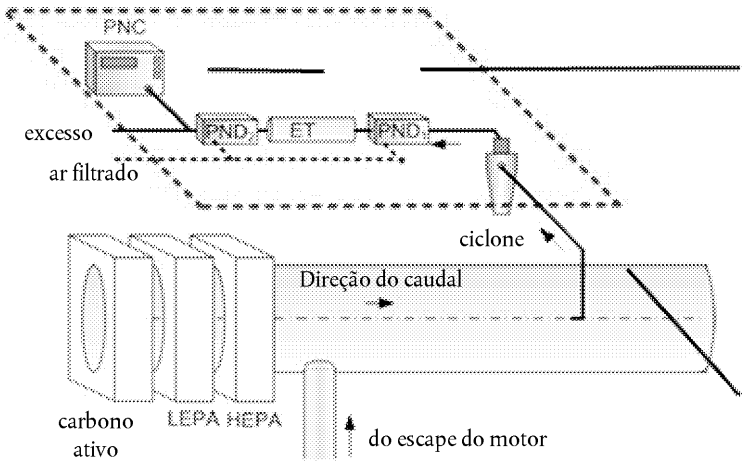


Figura 6.10

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



2.1.4.1. Descrição do sistema de amostragem

O sistema de recolha de amostras de partículas é composto por uma sonda ou ponto de colheita de amostras de partículas no sistema de diluição, um tubo de transferência de partículas (PTT), um separador primário granulométrico (PCF) e um separador de partículas voláteis (VPR) a montante do dispositivo de medição da concentração do número de partículas (PNC). 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 recolha de amostras 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 de diluente/gases de escape. A soma do tempo de permanência no sistema e do tempo de resposta do PNC não deve exceder 20 s.

2.1.4.2. Sistema de transferência de partículas

Juntos, a sonda ou o ponto de recolha de amostras 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 para a entrada do primeiro diluidor do número de partículas. O PTS deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de sistemas de diluição do caudal total e de diluição do caudal parcial do tipo recolha fracionada (tal como descrito no ponto 9.2.3 do presente anexo), a sonda de recolha de amostras 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 recolha de amostras deve ser posicionada no canal de diluição, de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea de diluente/gases de escape.

No caso de sistemas de diluição do caudal parcial do tipo recolha total (tal como descrito no ponto 9.2.3 do presente anexo), o ponto de recolha de amostras 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 recolha de amostras deve ser posicionado de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea de diluente/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 elétrica 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 OT deve ser ≤ 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 elétrica de 30 nm é equivalente.

2.1.4.3. 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 selecionado para a amostragem das emissões em termos de número de partículas. O separador deve deixar passar pelo menos 99 % das partículas de 1 μm ao caudal volúmico selecionado para a amostragem das emissões em termos de número de partículas. No caso de sistemas de diluição do caudal parcial, admite-se a utilização do mesmo separador primário para a amostragem da massa e do número de partículas, extraindo-se a amostra 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 do número de partículas do sistema de diluição a montante do separador primário da massa de partículas.

2.1.4.4. Separador de partículas voláteis (VPR)

O VPR deve incluir um diluidor da concentração do número de partículas (PND_1), um tubo de evaporação e um segundo diluidor (PND_2) 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 PND_1 e o tubo de evaporação estão à temperatura correta de funcionamento.

O VPR deve obter uma vaporização > 99,0 % de partículas de tetracontano ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) de 30 nm, com uma concentração à entrada ≥ 10 000 cm^{-3}, através do aquecimento e da redução das pressões parciais do tetracontano. Deve obter também um fator de redução da concentração de partículas (f_r) para partículas cujo diâmetro de mobilidade elétrica seja de 30 nm e 50 nm, que não seja superior em mais de 30 % e 20 %, respetivamente, nem inferior em mais de 5 % ao obtido para as partículas com um diâmetro de mobilidade elétrica de 100 nm, para o conjunto do VPR.

2.1.4.4.1. Primeiro dispositivo de diluição da concentração do número de partículas (PND_1)

O PND1 deve ser especificamente concebido para diluir a concentração do número de partículas e para funcionar a uma temperatura (de parede) de 423 K a 673 K (150 °C e 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 2.1.4.4.2). 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 fator compreendido entre 10 e 200.

2.1.4.4.2. Tubo de evaporação (ET)

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

2.1.4.4.3. Segundo dispositivo de diluição da concentração do número de partículas (PND_2)

O PND_2 deve ser especificamente concebido para diluir a concentração do número de partículas. O diluidor deve ser alimentado com ar de diluição filtrado com um filtro HEPA e ser capaz de manter um fator de diluição único compreendido entre 10 e 30. O fator de diluição do PND_2 deve ser fixado entre 10 e 15 de forma que a concentração do 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.

2.1.4.5. Contador do número de partículas (PNC)

O PNC deve cumprir as prescrições do ponto 2.1.3.4.

2.2. Calibração/validação do sistema de amostragem de partículas ([1])

2.2.1. Calibração do contador do número de partículas

2.2.1.1 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.

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

2.2.1.3. A calibração deve ser efetuada de acordo com um método de calibração reconhecido:

a) Por comparação da resposta do PNC a calibrar com a de um eletrómetro de aerossol calibrado que analise simultaneamente as partículas-padrão separadas eletroestaticamente; ou

b) Por comparação da resposta do PNC a calibrar com a de um segundo PNC que tenha sido diretamente calibrado pelo método descrito acima.

([1]) Para exemplos de métodos de calibração/validação consultar: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp

No caso do eletrómetro, efetua-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 fator 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 exceção 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 fator 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 reta 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 cm^{-3}, devendo as restantes concentrações ser espaçadas linearmente entre 1 000 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 fator de calibração ao PNC a calibrar, as concentrações medidas não devem afastar-se em mais de ± 10 % da concentração-padrão para cada concentração, com exceção 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 fator 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 reta da regressão linear pela origem (o que corresponde a uma concentração zero para ambos os instrumentos).

2.2.1.4. A calibração deve também incluir uma verificação, em conformidade com os requisitos do ponto 2.1.3.4.8, da eficiência de deteção do PNC para partículas com um diâmetro de mobilidade elétrica de 23 nm. Não é exigida uma verificação da eficiência de contagem de partículas com 41 nm.

2.2.2. Calibração/validação do separador de partículas voláteis

2.2.2.1. Deve proceder-se à calibração dos fatores 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 fator de redução da concentração de partículas aplicável ao VPR consiste num controlo numa única configuração de ensaio, idêntica à utilizada para medições em máquinas móveis não rodoviárias a diesel equipadas com filtros de partículas. O serviço técnico deve verificar 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 efetuada com uma periodicidade de 12 meses.

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

2.2.2.2. O aerossol de ensaio para estas medições deve ser constituído por partículas sólidas com um diâmetro de mobilidade elétrica 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 fator de redução da concentração de partículas para cada granulometria ($f_r(d_i)$) é calculado por meio da equação (6-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \qquad (6\text{-}32)$$

Em que:

$N_{in}(d_i)$ é a concentração do número de partículas a montante, para partículas de diâmetro d_i

$N_{out}(d_i)$ é a concentração do número de partículas a jusante, para partículas de diâmetro d_i

d_i é o diâmetro de mobilidade elétrica 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 de partículas ($\overline{f}_r$) para um dado nível de diluição é calculada por meio da equação (6-33):

$$\overline{f}_r = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \qquad (6\text{-}33)$$

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

2.2.2.3. O serviço técnico deve verificar 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 efetuada com uma periodicidade de 12 meses. O VPR deve obter uma separação superior a 99,0 % das partículas de tetracontano ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) com um diâmetro de mobilidade elétrica de pelo menos 30 nm e uma concentração à entrada ≥ 10 000 cm^{-3} quando o aparelho funciona ao seu nível de diluição mínima e à temperatura recomendada pelo fabricante.

2.2.3. Métodos de verificação do sistema de contagem de partículas

2.2.3.1. Antes de cada ensaio, o contador de partículas deve indicar uma concentração medida inferior a 0,5 partículas/cm^{-3}, no caso de haver um filtro HEPA, que corresponda, pelo menos, à classe H13 da norma EN 1822:2008, ou de desempenho equivalente, à entrada do conjunto do sistema de amostragem de partículas (VPR e PNC).

2.2.3.2. Há que verificar mensalmente que o valor indicado para o caudal admitido no contador de partículas não se afasta ± 5 % do caudal nominal do contador quando a verificação é feita com um medidor de caudais calibrado.

2.2.3.3. 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 ≤ 0,2 cm^{-3}. Removido o filtro, o contador, alimentado pelo ar ambiente, deve indicar uma concentração de pelo menos 100 partículas/cm^{-3}. Ao repor o filtro, a concentração deve ser novamente ≤ 0,2 cm^{-3}.

2.2.3.4. Antes do início de cada ensaio, deve confirmar-se que o tubo de evaporação, se fizer parte da aparelhagem, atingiu a temperatura correta de funcionamento.

2.2.3.5. Antes do início de cada ensaio, deve confirmar-se que o diluidor PND_1 atingiu a temperatura correta de funcionamento.

Apêndice 2

Requisitos de instalação para os equipamentos e os dispositivos auxiliares

N.º	Equipamentos e dispositivos auxiliares	Instalados para o ensaio de emissões
1	Sistema de admissão	
	Coletor de admissão	Sim
	Sistema de controlo das emissões do cárter	Sim
	Medidor do caudal de ar	Sim
	Filtro de ar	Sim [a]
	Silencioso da admissão	Sim [a]
2	Sistema de escape	
	Sistema de pós-tratamento dos gases de escape	Sim
	Coletor de escape	Sim
	Tubos de ligação	Sim [b]
	Silencioso	Sim [b]
	Tubo de saída	Sim [b]
	Travão de escape	Não [c]
	Dispositivo de sobrealimentação	Sim
3	Bomba de alimentação de combustível	Sim [d]
4	Equipamento de injeção de combustível	
	Pré-filtro	Sim
	Filtro	Sim
	Bomba	Sim
5	Tubo de alta pressão	Sim
	Injetor	Sim
	Unidade de controlo eletrónico, sensores, etc.	Sim
	Regulador/sistema de controlo	Sim
	Batente automático de plena carga da cremalheira de controlo, dependendo das condições atmosféricas	Sim
6	Equipamento de arrefecimento por líquido	
	Radiador	Não
	Ventoinha	Não
	Carenagem da ventoinha	Não
	Bomba de água	Sim [e]
	Termóstato	Sim [f]
7	Arrefecimento por ar	
	Carenagem	Não [g]
	Ventoinha ou insuflador	Não [g]
	Dispositivo de regulação da temperatura	Não

N.º	Equipamentos e dispositivos auxiliares	Instalados para o ensaio de emissões
8	Equipamento de sobrealimentação	
	Compressor acionado diretamente pelo motor e/ou pelo sistema de escape	Sim
	Sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação	Sim (g) (h)
	Bomba ou ventoinha do fluido de arrefecimento (acionada pelo motor)	Não (g)
	Dispositivo de controlo do caudal do fluido de arrefecimento	Sim
9	Ventoinha auxiliar de banco de ensaio	Sim, se necessário
10	Dispositivo antipoluição	Sim
11	Equipamento de arranque	Sim, ou equipamento do banco de ensaio (i)
12	Bomba de óleo lubrificante	Sim
13	Alguns dispositivos auxiliares, por definição associados ao funcionamento da máquina móvel não rodoviária e que possam estar instalados no motor, devem ser retirados para a realização do ensaio. A título de exemplo, apresenta-se a seguir uma lista não exaustiva: i) compressor de ar para os travões; ii) compressor de direção assistida; iii) compressor do sistema de suspensão; iv) sistema de ar condicionado.	Não

(a) O sistema completo de admissão deve ser instalado conforme estabelecido para a utilização prevista:
i) quando há risco de um efeito apreciável sobre a potência do motor;
ii) quando solicitado pelo fabricante.
Nos outros casos, pode ser utilizado um sistema equivalente e deve ser efetuada uma verificação de que a pressão da admissão não difere em mais de 100 Pa do limite superior especificado pelo fabricante para um filtro de ar limpo.

(b) O sistema completo de escape deve ser instalado conforme estabelecido para a utilização prevista:
i) quando há risco de um efeito apreciável sobre a potência do motor;
ii) quando solicitado pelo fabricante.
Nos outros casos, pode ser instalado um sistema equivalente desde que a pressão medida não se afaste em mais de 1 000 Pa do limite superior especificado pelo fabricante.

(c) Caso seja incorporado no motor um travão do sistema de escape, a válvula do acelerador deve ser fixada na posição de totalmente aberta.

(d) A pressão da alimentação de combustível pode ser ajustada, se necessário, a fim de reproduzir a pressão existente na utilização específica do motor (especialmente quando é usado um sistema de «retorno do combustível»).

(e) A circulação do líquido de arrefecimento deve ser assegurada apenas pela bomba de água do motor. O arrefecimento do líquido pode ser produzido através de um circuito externo de tal modo que a perda de pressão desse circuito e a pressão à entrada da bomba se mantenham substancialmente iguais às do sistema de arrefecimento do motor.

(f) O termóstato pode ser fixado na posição de totalmente aberto.

(g) Se for instalado uma ventoinha ou insuflador de arrefecimento para o ensaio, a potência absorvida deve ser adicionada aos resultados, exceto no caso das ventoinhas de arrefecimento de motores arrefecidos por ar montadas diretamente na cambota. A potência da ventoinha ou do insuflador deve ser determinada às velocidades utilizadas no ensaio, quer por cálculo a partir de características normalizadas, quer através de ensaios práticos.

(h) Os motores com arrefecimento do ar de sobrealimentação devem ser submetidos a ensaio com o sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação, quer seja por líquido ou ar, mas, se o fabricante preferir, este sistema pode ser substituído por um sistema de banco de ensaio. Em qualquer dos casos, a medição da potência a cada velocidade deve ser feita com a queda máxima de pressão e a queda mínima de temperatura do ar do motor ao atravessar o sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação no sistema do banco de ensaio, conforme os valores especificados pelo fabricante.

(i) A potência para os sistemas elétricos ou outros sistemas de arranque é fornecida pelo banco de ensaio.

Apêndice 3

Verificação da emissão do sinal do binário pela unidade de controlo eletrónico

1. **Introdução**

O presente apêndice visa estabelecer os requisitos de verificação caso o fabricante tencione utilizar a emissão do sinal do binário através da unidade de controlo eletrónico (UCE), de motores assim equipados, durante a realização de ensaios de monitorização em serviço, de acordo com o Regulamento Delegado (UE) 2017/655.

A base para o binário útil é o binário útil não corrigido fornecido pelo motor, incluindo os equipamentos e dispositivos auxiliares a utilizar num ensaio das emissões de acordo com o apêndice 2.

2. **Sinal de binário da ECU**

Com o motor instalado no banco de ensaio para a realização do procedimento de mapeamento, devem existir meios para a leitura da emissão do sinal do binário pela UCE em conformidade com os requisitos do apêndice 6 do anexo I do Regulamento Delegado (UE) 2017/655.

3. **Procedimento de verificação**

Aquando da realização do procedimento de mapeamento de acordo com o ponto 7.6.2 do presente anexo, as leituras do binário medido pelo dinamómetro e a emissão do binário pela UCE devem ser lidas simultaneamente em, pelo menos, três pontos da curva do binário. Deve obter-se pelo menos uma das leituras num ponto da curva no qual o binário não seja inferior a 98 % do valor máximo.

A emissão do binário pela UCE é aceite sem correções se, em cada ponto no qual são efetuadas medições, o fator calculado através da divisão do valor do binário obtido do dinamómetro pelo valor do binário obtido da UCE não for inferior a 0,93 (ou seja, uma diferença de 7 %). Neste caso, deve ser inscrito no certificado de homologação que a emissão do binário pela UCE foi verificada sem correções. Caso um fator num ou mais pontos de ensaio seja inferior a 0,93, a média do fator de ajustamento é determinada a partir de todos os pontos nos quais se recolheram e registaram leituras no certificado de homologação. Se um fator for registado no certificado de homologação, este deve ser aplicado à emissão do binário pela UCE na realização de ensaios de monitorização em serviço de acordo com o Regulamento Delegado (UE) 2017/655.

Apêndice 4

Método de medição do amoníaco

1. O presente apêndice descreve o método de medição do amoníaco (NH_3). Nos analisadores não lineares, deve admitir-se a utilização de circuitos de linearização.

2. São especificados três princípios para a medição do NH_3, sendo possível utilizar qualquer um deles, desde que cumpra, respetivamente, os critérios especificados nos pontos 2.1, 2.2, ou 2.3. Na medição do NH_3 não são permitidos os secadores de gás.

2.1. Analisador de Infravermelho por Transformada de Fourier (a seguir designado FTIR)

2.1.1. Princípio de medição

O FTIR recorre ao princípio de espectroscopia de infravermelho de banda larga. Permite a medição simultânea dos componentes de gas de escape cujos espectros normalizados estão disponíveis no instrumento. O espectro de absorção (intensidade/comprimento de onda) é calculado a partir do interferograma medido (intensidade/ /tempo) pelo método da transformada de Fourier.

2.1.2. Instalação e amostragem

O FTIR deve ser instalado de acordo com as instruções do fabricante do instrumento. Seleciona-se o comprimento de onda do NH_3 para avaliação. O percurso da amostra (conduta de amostragem, pré-filtro(s) e válvulas) deve ser de aço inoxidável ou de PTFE e deve ser aquecido a pontos de regulação entre 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C), a fim de reduzir ao mínimo as perdas de NH_3 e as anomalias na amostragem. A conduta de amostragem deve ser também a mais curta que for praticável.

2.1.3. Interferência cruzada

A resolução do espectro do comprimento de onda do NH_3 deve ser de 0,5 cm^{-1} a fim de reduzir ao mínimo a interferência cruzada de outros gases presentes nos gases de escape.

2.2. Analisador ultravioleta não dispersivo de absorção de ressonância (a seguir designado «NDUV»)

2.2.1. Princípio de medição

O NDUV baseia-se num princípio meramente físico, pelo que não são necessários equipamentos nem gases auxiliares. O principal elemento do fotómetro é uma lâmpada de descarga sem elétrodos. Produz uma radiação muito estruturada no campo de ação ultravioleta, permitindo a medição de vários componentes, como o NH_3.

O sistema fotométrico dispõe de uma conceção de feixe duplo no tempo para produzir uma medição e um feixe de referência através da técnica de correlação de filtros.

A fim de alcançar uma estabilidade elevada do sinal de medição, a conceção de feixe duplo no tempo é combinada com uma conceção de feixe duplo no espaço. O processamento dos sinais do detetor proporciona uma velocidade de deriva do ponto zero quase negligenciável.

No modo de calibração do analisador, inclina-se uma célula de quartzo selada para a trajetória do feixe a fim de obter um valor de calibração exato, uma vez que as eventuais perdas de reflexo e absorção das janelas da célula são compensadas. Uma vez que os gases de enchimento da célula são muito estáveis, este método de calibração conduz a uma grande estabilidade a longo prazo do fotómetro.

2.2.2. Instalação

O analisador deve ser instalado dentro da cabine do analisador, usando uma amostragem extrativa, em conformidade com as instruções do fabricante do instrumento. A localização do analisador deve ser capaz de suportar o peso especificado pelo fabricante.

O percurso da amostra (conduta de amostragem, pré-filtro(s) e válvulas) deve ser de aço inoxidável ou de PTFE e deve ser aquecido a pontos de regulação entre 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C).

A conduta de amostragem deve ser também a mais curta que for possível. A influência da temperatura e da pressão dos gases de escape, do ambiente da instalação e das vibrações sobre a medição deve ser minimizada.

O analisador de gases deve ser protegido do frio, do calor, de variações da temperatura e de correntes de ar fortes, da acumulação de pó, de atmosferas corrosivas e de vibrações. Deve proporcionar-se uma circulação adequada do ar a fim de evitar a acumulação de calor. Deve utilizar-se toda a superfície a fim de dissipar as perdas de calor.

2.2.3. Sensibilidade transversal

Deve selecionar-se uma gama do espectro adequada a fim de minimizar as interferências cruzadas dos gases acompanhantes. Os componentes típicos que provocam sensibilidades transversais na medição do NH_3 são SO_2, NO_2 e NO.

Além disso, é possível aplicar outros métodos para reduzir as sensibilidades transversais.

a) Utilização de filtros de interferência;

b) Compensação da sensibilidade transversal através da medição dos componentes da sensibilidade transversal e da utilização do sinal de medição para efeitos de compensação.

2.3. Analisador *laser* de infravermelhos

2.3.1. Princípio de medição

Os *lasers* de infravermelhos, tais como um *laser* por díodo sintonizável (TDL) ou um *laser* de cascata quântica (QCL), podem emitir luz coerente na região de infravermelhos próximos ou na região de infravermelhos médios, respetivamente, onde os compostos de azoto, nomeadamente o NH_3, têm uma absorção forte. Estes componentes óticos para *laser* podem emitir um espectro de infravermelhos próximos ou infravermelhos médios de modo pulsado, com alta resolução e de banda estreita. Por conseguinte, os analisadores *laser* de infravermelhos podem reduzir a interferência causada pela sobreposição espectral de componentes coexistentes nos gases de escape do motor.

2.3.2. Instalação

O analisador deve ser instalado quer diretamente no tubo de escape (*in situ*), quer dentro da cabine do analisador, usando uma amostragem extrativa, em conformidade com as instruções do fabricante do instrumento. Se instalado numa cabine de analisador, o percurso da amostra (conduta de amostragem, pré-filtro (s) e válvulas) deve ser de aço inoxidável ou de PTFE e deve ser aquecido a pontos de regulação entre 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C), a fim de reduzir ao mínimo as perdas de NH_3 e as anomalias na amostragem. A conduta de amostragem deve ser também a mais curta que for praticável.

A influência da temperatura e da pressão dos gases de escape, do ambiente da instalação e das vibrações sobre a medição deve ser minimizada, ou então recorrer-se a técnicas de compensação.

Caso se utilize ar envolvente em conjunto com a medição in situ para protecção do instrumento, ele não deve afectar a concentração de qualquer componente dos gases de escape medida a jusante do dispositivo, ou então deve proceder se à amostragem de outros componentes dos gases de escape a montante do dispositivo.

2.3.3. Verificação da interferência aplicável a analisadores *laser* de infravermelhos de NH_3 (interferência cruzada)

2.3.3.1. Âmbito e frequência

Se o NH_3 for medido com um analisador *laser* de infravermelhos, deve verificar-se a magnitude da interferência após a primeira instalação do analisador e após qualquer operação importante de manutenção.

2.3.3.2. Princípios de medição para verificação da interferência

Os gases de interferência podem interferir positivamente com determinados analisadores *laser* de infravermelhos ao causar uma resposta semelhante a NH_3. Se o analisador usar algoritmos de compensação que utilizem medições de outros gases para efetuar a verificação desta interferência, tais medições devem ser efetuadas simultaneamente para controlar os algoritmos durante a verificação da interferência no analisador.

Recorre-se às boas práticas de engenharia para determinar os gases de interferência para o analisador *laser* de infravermelhos. Importa salientar que as espécies de interferência, com exceção da H_2O, dependem da banda de absorção de infravermelhos de NH_3 selecionada pelo fabricante do instrumento. Deve determinar-se a banda de absorção de infravermelhos de NH_3 para cada analisador. Relativamente a cada banda de absorção de infravermelhos de NH_3, recorre-se às boas práticas de engenharia para determinar os gases de interferência a utilizar na verificação.

3. Método de ensaio das emissões

3.1. Verificação dos analisadores

Antes de se proceder ao ensaio das emissões, deve selecionar-se a gama do analisador. Devem admitir-se os analisadores de emissões com comutador de seleção de gamas automático ou manual. Durante o ciclo de ensaio, não deve ser alterada a gama dos analisadores.

Deve determinar-se a resposta ao zero e à calibração, caso não se apliquem ao instrumento as disposições estabelecidas no ponto 3.4.2. Para a resposta à calibração, deve utilizar se um gás de NH_3 que cumpra as especificações estabelecidas no ponto 4.2.7. Admite se a utilização de células de referência que contenham gás de calibração de NH_3.

3.2. Recolha de dados pertinentes sobre as emissões

No início da sequência de ensaio, deve iniciar-se em simultâneo a recolha de dados do NH_3. Mede-se a concentração de NH_3 em contínuo e regista-se com uma frequência mínima de 1 Hz num sistema informático.

3.3. Operações após o ensaio

Uma vez concluído o ensaio, a amostragem deve prosseguir até terem decorrido os tempos de resposta do sistema. Apenas se exigirá a determinação da deriva do analisador em conformidade com o ponto 3.4.1, se não estiver disponível a informação indicada no ponto 3.4.2.

3.4. Deriva do analisador

3.4.1. Assim que praticável, mas no máximo 30 minutos após a conclusão do ciclo de ensaio ou durante o período de estabilização, devem determinar-se as respostas ao zero e à calibração do analisador. A diferença entre os resultados anteriores e posteriores ao ensaio deve ser inferior a 2 % da escala completa.

3.4.2. A determinação da deriva do analisador não é exigida nas seguintes condições:

a) Se a deriva do zero e a deriva do gás de calibração especificadas pelo fabricante do instrumento nos pontos 4.2.3 e 4.2.4 cumprir os requisitos do ponto 3.4.1;

b) Se o intervalo de tempo entre a deriva do zero e a deriva do gás de calibração especificado pelo fabricante do instrumento nos pontos 4.2.3 e 4.2.4 exceder a duração do ensaio.

4. Especificação do analisador e verificação

4.1. Requisitos de linearidade

O analisador deve cumprir os requisitos de linearidade indicados no quadro 6.5 do presente anexo. Deve verificar-se a linearidade em conformidade com o ponto 8.1.4 do presente anexo pelo menos com a frequência mínima estabelecida no quadro 6.4 do presente anexo. Com a autorização prévia da entidade homologadora, são autorizados menos de 10 pontos de referência, caso possa demonstrar-se uma exatidão equivalente.

Para a verificação da linearidade, deve utilizar se um gás de NH_3 que cumpra as especificações do ponto 4.2.7. Admite-se a utilização de células de referência que contenham gás de calibração de NH_3.

Os instrumentos cujos sinais se utilizem para algoritmos de compensação devem cumprir os requisitos de linearidade indicados no quadro 6.5 do presente anexo. A verificação da linearidade deve ser feita segundo os requisitos dos procedimentos de auditoria interna, pelo fabricante dos instrumentos ou em conformidade com os requisitos da norma ISO 9000.

4.2. Características dos analisadores

O analisador deve ter uma gama de medição e um tempo de resposta adequados à exatidão necessária para medir a concentração de NH_3 em condições transitórias e estacionárias.

4.2.1. Limite de deteção mínimo

O analisador deve ter um limite de deteção mínimo < 2 ppm em todas as condições de ensaio.

4.2.2. Exatidão

A exatidão, definida como o desvio entre a leitura do analisador e o valor de referência, não deve exceder ± 3 % da leitura ou ± 2 ppm, consoante o que for maior.

4.2.3. Deriva do zero

A deriva da resposta ao zero e o respetivo intervalo de tempo devem ser especificados pelo fabricante do instrumento.

4.2.4. Deriva de calibração

A deriva da resposta do gás de calibração e o respetivo intervalo de tempo devem ser especificados pelo fabricante do instrumento.

4.2.5. Tempo de resposta do sistema

O tempo de resposta do sistema deve ser ≤ 20 s.

4.2.6. Tempo de subida

O tempo de subida do analisador deve ser ≤ 5 s.

4.2.7. Gás de calibração do NH_3

Deve estar disponível uma mistura de gases com a composição química abaixo indicada:

NH_3 e azoto purificado.

A concentração real do gás de calibração deve ser o valor nominal com uma tolerância de ± 3 %. A concentração do NH_3 deve ser dada em volume (% vol. ou ppm vol.).

A data de expiração dos gases de calibração indicada pelo fabricante deve ser registada.

4.2.8. Procedimento de verificação da interferência

A verificação da interferência deve realizar-se do seguinte modo:

a) O analisador de NH_3 deve ser posto a funcionar, operado, colocado a zero e calibrado como o seria antes de um ensaio de emissões;

b) Cria-se gás de ensaio de interferência humedecido fazendo borbulhar ar de regulação da sensibilidade com vários componentes através de H_2O destilada num recipiente selado. Se a amostra não for passada através de um secador de amostras, controla-se a temperatura do recipiente para gerar um nível de H_2O pelo menos tão elevado como o máximo previsto durante o ensaio das emissões. Devem utilizar-se concentrações do gás de regulação da sensibilidade de interferência pelo menos tão elevadas como o nível máximo previsto durante o ensaio;

c) Introduz-se o gás de ensaio de interferência humedecido no sistema de recolha de amostras.

d) A fração molar da água, x_{H2O}, do gás de ensaio de interferência humedecido deve ser medida tão próximo quanto possível da entrada do analisador. Por exemplo, o ponto de orvalho, T_{dew}, e a pressão absoluta, p_{total}, devem ser medidos para calcular x_{H2O};

e) Deve recorrer-se às boas práticas de engenharia para evitar a condensação nas condutas de transferência, nos elementos de ligação ou nas válvulas desde o ponto em que a x_{H2O} é medida até ao analisador;

f) Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador estabilize;

g) Enquanto o analisador mede a concentração da amostra, registam-se as medições durante 30 s e calcula-se a média aritmética dos dados obtidos;

h) O analisador cumpre a verificação da interferência se o valor da alínea g) do presente ponto respeitar a tolerância prevista no presente ponto.

i) Os procedimentos de interferência para gases de interferência individuais também podem ser realizados separadamente. Se os níveis dos gases de interferência utilizados forem superiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, cada valor de interferência observado pode ser reduzido proporcionalmente multiplicando a interferência observada pela razão entre o valor máximo da concentração prevista e o valor real utilizado durante este procedimento. Podem ser executadas concentrações de interferência separadas de H_2O (até um teor de 0,025 mol/mol de H_2O) que sejam inferiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, mas o valor da interferência da H_2O observado deve ser corrigido em alta, mediante a multiplicação da interferência observada pela razão entre o valor da concentração de H_2O máxima prevista e o valor real utilizado durante este procedimento. A soma dos valores de interferência corrigidos deve respeitar a tolerância para a interferência combinada especificada na alínea j) do presente ponto.

j) O analisador deve ter uma interferência combinada que se situe a ± 2 % da concentração média ponderada em função do caudal de NH_3 prevista para o valor-limite de emissão.

5. Sistemas alternativos

Podem ser aprovados outros sistemas ou analisadores pela entidade homologadora, se se determinar que produzem resultados equivalentes, nos termos do ponto 5.1.1 do presente anexo. Neste caso, por «resultados», deve entender-se, nesse ponto, as concentrações médias do NH_3 calculadas para o ciclo aplicável.

Apêndice 5

Descrição das respostas do sistema

1. O presente apêndice descreve os tempos utilizados para expressar a resposta de sistemas de análise e de outros sistemas de medição a um sinal de entrada.

2. São aplicáveis os seguintes tempos, tal como indicado na figura 6-11:

2.1. O tempo de reação é o intervalo de tempo entre a modificação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 10 % da leitura final (t_{10}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como ponto de referência.

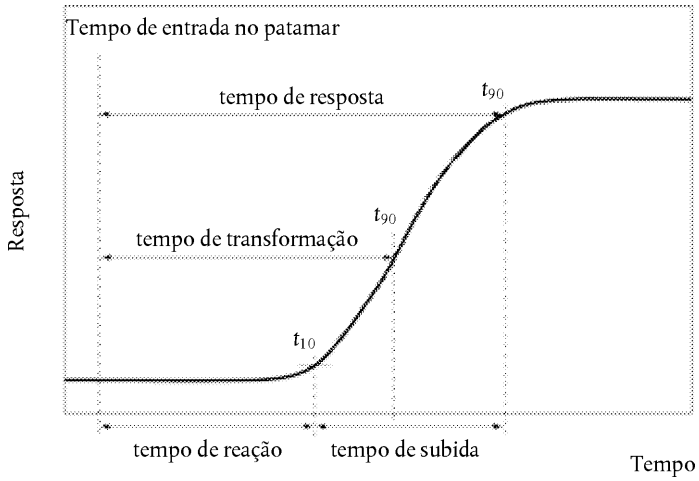
2.2. O tempo de resposta é o intervalo de tempo entre a modificação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 90 % da leitura final (t_{90}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como ponto de referência.

2.3. O tempo de subida é o intervalo de tempo entre a obtenção da resposta a 10 % e da resposta a 90 % da leitura final ($t_{90} - t_{10}$).

2.4. O tempo de transformação é o intervalo de tempo entre a modificação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 50 % da leitura final (t_{50}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como ponto de referência.

Figura 6-11

Ilustração das respostas do sistema



ANEXO VII

Método de avaliação dos dados e cálculos

1. **Requisitos gerais**

O cálculo das emissões deve ser realizado de acordo com o ponto 2 (cálculos numa base mássica) ou com o ponto 3 (cálculos numa base molar). A combinação dos dois métodos não é permitida. Não é necessário efetuar os cálculos de acordo com ambos os pontos, 2 e 3.

Os requisitos específicos para a medição do número de partículas (PN), se aplicáveis, são estabelecidos no apêndice 5.

1.1. Símbolos gerais

Ponto 2	Ponto 3	Unidade	Quantidade
	A	m^2	Área
	A_t	m^2	Secção transversal da garganta do Venturi
b, D_0	a_0	A definir ([3])	Ordenada da reta de regressão com origem no ponto *y*
A/F_{st}		—	Razão estequiométrica ar/combustível
	C	—	Coeficiente
C_d	C_d	—	Coeficiente de descarga
	C_f	—	Coeficiente do caudal
c	x	ppm,% vol.	Concentração/fração molar (µmol/mol = ppm)
c_d	([1])	ppm,% vol.	Concentração em base seca
c_w	([1])	ppm,% vol.	Concentração em base húmida
c_b	([1])	ppm,% vol.	Concentração de fundo
D	x_{dil}	—	Fator de diluição ([2])
D_0		m^3/rot	Ordenada na origem da função de calibração da PDP
d	d	m	Diâmetro
d_V		m	Diâmetro da garganta do Venturi
e	e	g/kWh	Base específica do freio
e_{gas}	e_{gas}	g/kWh	Emissão específica de componentes gasosos
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	Emissão específica de partículas
E	$1 - PF$	%	Eficiência de conversão (*PF* = fração de penetração)
F_s		—	Fator estequiométrico
	f	Hz	Frequência
f_c		—	Fator do carbono

Ponto 2	Ponto 3	Unidade	Quantidade
	γ	—	Razão dos calores específicos
H		g/kg	Humidade absoluta
	K	—	Fator de correção
K_V		$\left[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg\right]$	Função de calibração do CFV
k_f		m^3/kg combustível	Fator específico do combustível
k_h		—	Fator de correção da humidade para os NO_x, motores diesel
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Fator de correção descendente
k_r	k_r	—	Fator de regeneração multiplicativo
k_{Ur}	k_{Ur}	—	Fator de correção ascendente
$k_{w,a}$		—	Fator de correção base seca/base húmida para o ar de admissão
$k_{w,d}$		—	Fator de correção base seca/base húmida para o ar de diluição
$k_{w,e}$		—	Fator de correção base seca/base húmida para os gases de escape diluídos
$k_{w,r}$		—	Fator de correção base seca/base húmida para os gases de escape brutos
μ	μ	kg/(m·s)	Viscosidade dinâmica
M	M	g/mol	Massa molar ([3])
M_a	([1])	g/mol	Massa molar do ar de admissão
M_e	[v]	g/mol	Massa molar dos gases de escape
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Massa molar dos componentes gasosos
m	m	kg	Massa
m	a_1	A definir ([3])	Declive da reta de regressão
	v	m^2/s	Viscosidade cinemática
m_d	[v]	kg	Massa da amostra de ar de diluição que passa através dos filtros de recolha de amostras de partículas
m_{ed}	([1])	kg	Massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo
m_{edf}	([1])	kg	Massa dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo de ensaio
m_{ew}	([1])	kg	Total da massa dos gases de escape durante o ciclo de ensaio
m_f	([1])	mg	Massa da amostra de partículas recolhida

Ponto 2	Ponto 3	Unidade	Quantidade
$m_{f,d}$	(1)	mg	Massa da amostra de partículas do ar de diluição recolhido
m_{gas}	m_{gas}	g	Massa das emissões gasosas durante o ciclo de ensaio
m_{PM}	m_{PM}	g	Massa das emissões de partículas durante o ciclo de ensaio
m_{se}	(1)	kg	Massa da amostra dos gases de escape durante o ciclo de ensaio
m_{sed}	(1)	kg	Massa dos gases de escape diluídos que passam pelo túnel de diluição
m_{sep}	(1)	kg	Massa dos gases de escape diluídos que passam pelos filtros de recolha de partículas
m_{ssd}		kg	Massa do ar de diluição secundária
	N	—	Número total de uma série
	n	mol	Quantidade da substância
	$\dot{n}$	mol/s	Caudal da substância
n	f_n	min^{-1}	Velocidade de rotação do motor
n_p		r/s	Velocidade da bomba PDP
P	P	kW	Potência
p	p	kPa	Pressão
p_a		kPa	Pressão atmosférica em seco
p_b		kPa	Pressão atmosférica total
p_d		kPa	Pressão do vapor de saturação do ar de diluição
p_p	p_{abs}	kPa	Pressão absoluta
p_r	p_{H2O}	kPa	Pressão do vapor de água
p_s		kPa	Pressão atmosférica em seco
$1 - E$	PF	%	Fração de penetração
q_m	$\dot{m}$	kg/s	Caudal mássico
q_{mad}	$\dot{m}$ (1)	kg/s	Caudal mássico do ar de admissão em base seca
q_{maw}	(1)	kg/s	Caudal mássico do ar de admissão em base húmida
q_{mCe}	(1)	kg/s	Caudal mássico de carbono nos gases de escape brutos
q_{mCf}	(1)	kg/s	Caudal mássico de carbono que entra no motor

Ponto 2	Ponto 3	Unidade	Quantidade
q_{mCp}	(1)	kg/s	Caudal mássico de carbono no sistema de diluição do caudal parcial
q_{mdew}	(1)	kg/s	Caudal mássico dos gases de escape diluídos em base húmida
q_{mdw}	(1)	kg/s	Caudal mássico do ar de diluição em base húmida
q_{medf}	(1)	kg/s	Caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida
q_{mew}	(1)	kg/s	Caudal mássico dos gases de escape em base húmida
q_{mex}	(1)	kg/s	Caudal mássico da amostra extraída do túnel de diluição
q_{mf}	(1)	kg/s	Caudal mássico do combustível
q_{mp}	(1)	kg/s	Caudal da amostra dos gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Caudal volúmico
q_{VCVS}	(1)	m^3/s	Caudal volúmico CVS
q_{Vs}	(1)	dm^3/min	Caudal do sistema do analisador dos gases de escape
q_{Vt}	(1)	cm^3/min	Caudal do gás marcador
ρ	ρ	kg/m^3	Densidade mássica
ρ_e		kg/m^3	Densidade dos gases de escape
	r	—	Razão das pressões
r_d	DR	—	Razão de diluição (2)
	Ra	µm	Rugosidade média da superfície
RH		%	Humidade relativa
r_D	β	m/m	Razão dos diâmetros (sistemas CVS)
r_p		—	Relação de pressão do SSV
Re	$Re^{\#}$	—	Número de Reynolds
	S	K	Constante de Sutherland
σ	σ	—	Desvio-padrão
T	T	°C	Temperatura
	T	Nm	Binário do motor

Ponto 2	Ponto 3	Unidade	Quantidade
T_a		K	Temperatura absoluta
t	t	s	Tempo
Δt	Δt	s	Intervalo de tempo
u		—	Quociente das densidades dos componentes gasosos e dos gases de escape
V	V	m^3	Volume
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Caudal volúmico
V_0		m^3/r	Volume de gás da PDP bombeado por rotação
W	W	kWh	Trabalho
W_{act}	W_{act}	kWh	Trabalho efetivo do ciclo de ensaio
WF	WF	—	Fator de ponderação
w	w	g/g	Fração mássica
	$\overline{x}$	mol/mol	Concentração média ponderada em função do caudal
X_0	K_s	s/rot	Função de calibração da PDP
	y	—	Variável genérica
$\bar{y}$	$\bar{y}$		Média aritmética
	Z	—	Fator de compressibilidade

([1]) Ver índices; p. ex.: $\dot{m}_{air}$ para o caudal mássico de ar seco ou $\dot{m}_{fuel}$ para o caudal mássico de combustível, etc.
([2]) Razão de diluição r_d no ponto 2 e *DR* no ponto 3: símbolos diferentes mas mesmo significado e mesmas equações. Razão de diluição *D* no ponto 2 e x_{dil} no ponto 3: símbolos diferentes mas mesmo significado físico; a equação (7-124) mostra a relação entre x_{dil} e *DR*.
([3]) A definir.

1.2. Índices

Ponto 2 ([1])	Ponto 3	Quantidade
act	act	Quantidade real
i		Medição instantânea (p. ex.: 1 Hz)
	i	Um elemento de uma série

([1]) No ponto 2 o significado do índice é determinado pela quantidade associada; por exemplo, o índice «d» pode indicar uma base seca como em «cd = concentração em base seca», ar de diluição como em «pd = pressão do vapor de saturação do ar de diluição» ou «kw,d = fator de correção base seca/base húmida para o ar de diluição», razão de diluição como em «rd».

1.3. Símbolos e abreviaturas relativos aos componentes químicos (igualmente utilizados como índice)

Ponto 2	Ponto 3	Quantidade
Ar	Ar	Árgon
C1	C1	Hidrocarbonetos equivalentes C1
CH_4	CH_4	Metano
C_2H_6	C_2H_6	Etano
C_3H_8	C_3H_8	Propano
CO	CO	Monóxido de carbono
CO_2	CO_2	Dióxido de carbono
	H	Hidrogénio atómico
	H_2	Hidrogénio molecular
HC	HC	Hidrocarbonetos
H_2O	H_2O	Água
	He	Hélio
	N	Azoto atómico
	N_2	Azoto molecular
NO_x	NO_x	Óxidos de azoto
NO	NO	Monóxido de azoto
NO_2	NO_2	Dióxido de azoto
	O	Oxigénio atómico
PM	PM	Partículas
S	S	Enxofre

1.4. Símbolos e abreviaturas relativos à composição do combustível

Ponto 2 (1)	Ponto 3 (2)	Quantidade
w_C (4)	w_C (4)	Teor de carbono do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]
w_H	w_H	Teor de hidrogénio do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]
w_N	w_N	Teor de azoto do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

Ponto 2 (1)	Ponto 3 (2)	Quantidade
w_O	w_O	Teor de oxigénio do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]
w_S	w_S	Teor de enxofre do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]
α	α	Razão atómica hidrogénio/carbono (H/C)
ε	β	Razão atómica oxigénio/carbono (O/C) (3)
γ	γ	Razão atómica enxofre/carbono (S/C)
δ	δ	Razão atómica azoto/carbono (N/C)

(1) Em referência a um combustível com a fórmula química $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$.
(2) Em referência a um combustível com a fórmula química $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$.
(3) Deve prestar-se atenção às diferentes aceções do símbolo β nos dois pontos relativos ao cálculo das emissões: no ponto 2 refere-se a um combustível com a fórmula química $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (i.e., a fórmula $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ em que $\beta = 1$, supondo um átomo de carbono por molécula), ao passo que no ponto 3 se refere à razão oxigénio/carbono com $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$. No ponto 3 β corresponde a ε do ponto 2.
(4) Fração mássica de *w* acompanhada do símbolo do componente químico sob a forma de índice.

2. **Cálculos das emissões mássicas**

2.1. Emissões gasosas brutas

2.1.1. Ensaios NRSC em modo discreto

Calcula-se o caudal das emissões gasosas $q_{mgas,i}$ [g/h] para cada modo *i* do ensaio em estado estacionário através da multiplicação da concentração das emissões gasosas pelo respetivo caudal, do seguinte modo:

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot k_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3\,600 \qquad (7\text{-}1)$$

em que:

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ em [ppm] e k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ em [% vol.]

k_h = fator de correção dos NO_x [-], a aplicar ao cálculo das emissões de NO_x (ver ponto 2.1.4)

u_{gas} = fator específico do componente ou razão de densidades do componente gasoso e dos gases de escape [-]

$q_{mew,i}$ = caudal mássico dos gases de escape no modo *i* em base húmida [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentração das emissões nos gases de escape brutos no modo *i*, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

2.1.2. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e ensaios RMC

Calcula-se a massa total de uma emissão gasosa m_{gas} [g/ensaio] multiplicando as concentrações instantâneas temporalmente alinhadas pelos caudais dos gases de escape com integração ao longo do ciclo de ensaio por meio da equação (7-2):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \qquad (7\text{-}2)$$

Em que:

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

k_h = fator de correção dos NO_x [-], a aplicar exclusivamente ao cálculo das emissões de NO_x cálculo

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ em [ppm] e k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ em [% vol.]

u_{gas} = fator específico do componente [-] (ver ponto 2.1.5)

N = número de medições [-]

$q_{mew,i}$ = caudal mássico instantâneo dos gases de escape em base húmida [kg/s]

$c_{gas,i}$ = concentração instantânea das emissões nos gases de escape brutos, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

2.1.3. Conversão da concentração base seca/base húmida

Se as emissões forem medidas em base seca, converte-se a concentração medida c_d em base seca para a concentração c_w em base húmida, por meio da equação (7-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \qquad (7\text{-}3)$$

em que:

k_w = fator de conversão base seca/base húmida [-]

c_d = concentração das emissões em base seca [ppm] ou [% vol.]

Para uma combustão completa, o fator de conversão base seca/base húmida para os gases de escape brutos escreve-se $k_{w,a}$ [-] e calcula-se por meio da equação (7-4):

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1{,}2442 \cdot H_a + 111{,}19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773{,}4 + 1{,}2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i} \cdot k_f \cdot 1\,000}}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \qquad (7\text{-}4)$$

em que:

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

$q_{mf,i}$ = caudal instantâneo do combustível [kg/s]

$q_{mad,i}$ = caudal instantâneo do ar de admissão seco [kg/s]

p_r = pressão da água após refrigerador [kPa]

p_b = pressão barométrica total [kPa]

w_H = teor de hidrogénio do combustível [% massa]

k_f = volume adicional de combustão [m^3/kg combustível]

com:

$$k_f = 0{,}055594 \cdot w_H + 0{,}0080021 \cdot w_N + 0{,}0070046 \cdot w_o \qquad (7\text{-}5)$$

em que:

w_H = teor de hidrogénio do combustível [% massa]

w_N = teor de azoto do combustível [% massa]

w_O = teor de oxigénio do combustível [% massa]

Na equação (7-4), pode considerar-se que a razão p_r/p_b é definida como se segue:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} = 1{,}008 \qquad (7\text{-}6)$$

Para uma combustão incompleta (misturas ar/combustível ricas) e para os ensaios de emissões sem medição direta do caudal de ar, é preferível usar um outro método de cálculo de $k_{w,a}$:

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0{,}005 \cdot (c_{CO2}+c_{CO})} - K_{w1}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \qquad (7\text{-}7)$$

em que:

c_{CO2} = concentração de CO_2 nos gases de escape brutos em base seca [% vol.]

c_{CO} = concentração de CO nos gases de escape brutos, em base seca [ppm]

p_r = pressão da água após refrigerador [kPa]

p_b = pressão barométrica total [kPa]

α = razão molar carbono/hidrogénio [-]

k_{w1} = humidade do ar de admissão [-]

$$k_{w1} = \frac{1{,}608 \cdot H_a}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_a} \qquad (7\text{-}8)$$

2.1.4. Correção da humidade e da temperatura dos NO_x

Dado que as emissões de NO_x dependem das condições do ar ambiente, corrige-se a concentração de NO_x em função da temperatura e da humidade do ar ambiente com os fatores $k_{h,D}$ ou $k_{h,G}$ [-] dados pelas equações (7--9) e (7-10). Estes fatores são válidos para uma gama de humidade entre 0 e 25 g de H_2O/kg de ar seco.

a) Para motores de ignição por compressão

$$k_{h,D} = \frac{15{,}698 \times H_a}{1\,000} + 0{,}832 \qquad (7\text{-}9)$$

b) Para motores de ignição comandada

$$k_{h,G} = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \qquad (7\text{-}10)$$

em que:

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

2.1.5. Fator u específico dos componentes

São descritos dois procedimentos de cálculo nos pontos 2.1.5.1 e 2.1.5.2. O método estabelecido no ponto 2.1.5.1 é mais direto, uma vez que utiliza valores de u tabelados para a relação entre a densidade do componente e a densidade dos gases de escape. O método estabelecido no ponto 2.1.5.2 é mais preciso para as qualidades de combustível que diferem das especificações do anexo VIII, mas exige uma análise elementar da composição do combustível.

2.1.5.1. Valores em forma tabular

Aplicando algumas simplificações (à hipótese para o valor λ e às condições do ar de admissão, como se mostra no quadro 7.1) às equações estabelecidas no ponto 2.1.5.2, os valores resultantes de u_{gas} são indicados no quadro 7.1.

Quadro 7.1

Valores u dos gases de escape brutos e densidades dos componentes (para as concentrações das emissões expressas em ppm)

Combustível	r_e	Gás					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				r_{gas} [kg/m³]			
		2,053	1,250	(a)	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} (b)			
Diesel (gasóleo não rodoviário)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol para motores de ignição por compressão específicos (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gás natural/biometano (c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Gasolina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(a) Consoante o combustível.
(b) Com λ = 2, ar seco, 273 K, 101,3 kPa
(c) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
(d) NMHC com base em $CH_{2,93}$ (para HC total, deve usar-se o coeficiente u_{gas} de CH_4)
(e) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.1.5.2. Valores calculados

O fator específico do componente, $u_{gas,i}$, pode ser calculado pela razão das densidades do componente e dos gases de escape ou, em alternativa, pela respetiva razão das massas molares [equações (7-11) ou (7-12)]:

$$u_{gas,i} = M_{gas} / (M_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}11)$$

ou

$$u_{gas,i} = \rho_{gas} / (\rho_{e,i} \cdot 1\,000) \qquad (7\text{-}12)$$

em que:

M_{gas} = massa molar do componente gasoso [g/mol]

$M_{e,i}$ = massa molar instantânea dos gases de escape brutos em base húmida [g/mol]

ρ_{gas} = densidade do componente gasoso [kg/m³]

$\rho_{e,i}$ = densidade instantânea dos gases de escape brutos em base húmida [kg/m³]

A massa molar dos gases de escape, $M_{e,i}$, deve ser derivada, para uma composição de combustível geral $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ de acordo com a hipótese de uma combustão completa e deve ser calculada por meio da equação (7-13):

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}001 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}0065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \times 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \quad (7\text{-}13)$$

em que:

$q_{mf,i}$ = caudal mássico instantâneo do combustível em base húmida [kg/s]

$q_{maw,i}$ = caudal mássico instantâneo do ar de admissão em base húmida [kg/s]

α = razão molar hidrogénio/carbono [-]

δ = razão molar azoto/carbono [-]

ε = razão molar oxigénio/carbono [-]

γ = razão atómica enxofre/carbono [-]

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

M_a = massa molecular do ar de admissão seco = 28.965 g/mol

A densidade instantânea dos gases de escape brutos $r_{e,i}$ [kg/m³] calcula-se por meio da equação (7-14):

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \cdot (q_{mf,i}/q_{mad,i})}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i}/q_{mad,i})} \quad (7\text{-}14)$$

em que:

$q_{mf,i}$ = caudal mássico instantâneo do combustível [kg/s]

$q_{mad,i}$ = caudal mássico instantâneo do ar de admissão seco [kg/s]

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

k_f = volume adicional de combustão [m³/kg combustível] [ver equação (7-5)]

2.1.6. Caudal mássico dos gases de escape

2.1.6.1. Método de medição do ar e do combustível

Trata-se de medir o caudal de ar e o caudal de combustível com medidores de caudais adequados. O caudal instantâneo dos gases de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] é calculado por meio da equação (7-15):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (7\text{-}15)$$

em que:

$q_{maw,i}$ = caudal mássico instantâneo do ar de admissão [kg/s]

$q_{mf,i}$ = caudal mássico instantâneo do combustível [kg/s]

2.1.6.2. Método de medição com um gás marcador

Este método envolve a medição da concentração de um gás marcador nos gases de escape. O caudal instantâneo dos gases de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] é calculado por meio da equação (7-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (7\text{-}16)$$

em que:

q_{Vt} = caudal do gás marcador [m³/s]

$c_{mix,i}$ = concentração instantânea do gás marcador após mistura [ppm]

r_e = densidade dos gases de escape brutos [kg/m³]

c_b = concentração de fundo do gás marcador no ar de admissão [ppm]

A concentração de fundo do gás marcador c_b pode ser determinada tomando a média da concentração de fundo medida imediatamente antes do ensaio e após o ensaio. Quando a concentração de fundo for inferior a 1 % da concentração do gás marcador após mistura $c_{mix,i}$ ao caudal máximo dos gases de escape, a concentração de fundo pode ser desprezada.

2.1.6.3. Método de medição do caudal de ar e da razão ar/combustível

Esta medição envolve o cálculo do caudal mássico dos gases de escape a partir do caudal de ar e da razão ar/ /combustível. O caudal mássico instantâneo dos gases de escape $q_{mew,i}$ [kg/s] é calculado por meio da equação (7-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i}\right) \qquad (7\text{-}17)$$

com:

$$A/F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \qquad (7\text{-}18)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \qquad (7\text{-}19)$$

em que:

$q_{maw,i}$ = caudal mássico do ar de admissão húmido [kg/s]

A/F_{st} = razão estequiométrica ar/combustível [-]

λ_i = razão instantânea de excesso de ar [-]

c_{COd} = concentração de CO nos gases de escape brutos, em base seca [ppm]

c_{CO2d} = concentração de CO_2 nos gases de escape brutos em base seca [%]

c_{HCw} = concentração de HC nos gases de escape brutos em base húmida [ppm C1]

α = razão molar hidrogénio/carbono [-]

δ = razão molar azoto/carbono [-]

ε = razão molar oxigénio/carbono [-]

γ = razão atómica enxofre/carbono [-]

2.1.6.4. Método do balanço do carbono, procedimento de etapa única

Pode usar-se a seguinte fórmula de etapa única estabelecida na equação (7-20) para o cálculo do caudal mássico dos gases de escape em base húmida $q_{mew,i}$ [kg/s]:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c}\left(1 + \frac{H_a}{1\,000}\right) + 1\right] \qquad (7\text{-}20)$$

com o fator do carbono f_c [-] dado por:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) + \frac{c_{COd}}{18\,522} + \frac{c_{HCw}}{17\,355} \qquad (7\text{-}21)$$

em que:

$q_{mf,i}$ = caudal mássico instantâneo do combustível [kg/s]

w_C = teor de carbono do combustível [% massa]

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

k_{fd} = volume adicional de combustão em base seca [m^3/kg combustível]

c_{CO2d} = concentração, em base seca, do CO_2 nos gases de escape brutos [%]

$c_{CO2d,a}$ = concentração, em base seca, do CO_2 no ar ambiente [%]

c_{COd} = concentração, em base seca, do CO nos gases de escape brutos [ppm]

c_{HCw} = concentração, em base húmida, dos HC nos gases de escape brutos [ppm]

e o fator k_{fd} [m^3/kg combustível], o qual é calculado por meio da equação (7-22) em base seca subtraindo k_f à água formada por combustão:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \qquad (7\text{-}22)$$

em que:

k_f = fator específico do combustível da equação (7-5) [m^3/kg combustível]

w_H = teor de hidrogénio do combustível [% massa]

2.2. Emissões gasosas diluídas

2.2.1. Massa das emissões gasosas

Mede-se o caudal mássico dos gases de escape com um sistema de recolha de amostras a volume constante (CVS), o qual pode usar uma bomba volumétrica (PDP), um Venturi de escoamento crítico (CFV) ou um Venturi subsónico (SSV).

Nos sistemas com caudal mássico constante (ou seja, com permutador de calor), determina-se a massa dos poluentes m_{gas} [g/ensaio] por meio da equação (7-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \qquad (7\text{-}23)$$

em que:

u_{gas} razão entre a densidade do componente dos gases de escape e a densidade do ar, como indicada no quadro 7.2 ou calculada por meio da equação (7-34) [-]

c_{gas} = concentração média corrigida das condições de fundo do componente em base húmida [ppm] ou [% vol.], respetivamente

k_h = fator de correção dos NO_x [-], a aplicar exclusivamente ao cálculo das emissões de NO_x cálculo

k = 1 para $c_{gasr,w,i}$ em [ppm], k = 10 000 para $c_{gasr,w,i}$ em [% vol.]

m_{ed} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo [kg/ensaio]

Nos sistemas com compensação de caudal (sem permutador de calor), determina-se a massa dos poluentes m_{gas} [g/ensaio] através do cálculo das emissões mássicas instantâneas, por integração e por correção em função das condições de fundo por meio da equação (7-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} \left[(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas}) \right] - \left[(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{gas}) \right] \right) \quad (7\text{-}24)$$

em que:

c_e = concentração das emissões nos gases de escape diluídos, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

c_d = concentração das emissões no ar de diluição, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

$m_{ed,i}$ = massa dos gases de escape diluídos durante o intervalo i [kg]

m_{ed} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo [kg]

u_{gas} = valor em forma tabular do quadro 7.2. [-]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2]

k_h = fator de correção dos NO_x [-], a aplicar exclusivamente ao cálculo das emissões de NO_x cálculo

k = 1 para c em [ppm], k = 10 000 para c em [% vol.]

As concentrações c_{gas}, c_e e c_d tanto podem ser valores medidos de uma amostra de um lote (ou seja, num saco, mas o método não é permitido para os NO_x e os HC) como valores médios obtidos por integração a partir de medições contínuas. Além disso, tem de ser calculada a média de $m_{ed,i}$ por integração ao longo do ciclo de ensaio.

Nas equações seguintes mostra-se como se calculam as quantidades necessárias (c_e, u_{gas} e m_{ed}).

2.2.2. Conversão da concentração base seca/base húmida

Convertem-se todas as concentrações estabelecidas no ponto 2.2.1 medidas em base seca para concentrações em base húmida por meio da equação (7-3).

2.2.2.1. Gases de escape diluídos

Convertem-se as concentrações em base seca para concentrações em base húmida através da aplicação à equação de uma das duas equações [(7-25) ou (7-26)] que se seguem:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}25)$$

ou

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}} \right) \cdot 1{,}008 \quad (7\text{-}26)$$

em que:

α = razão molar hidrogénio/carbono do combustível [-]

c_{CO2w} = concentração de CO_2 nos gases de escape diluídos, em base húmida [% vol.]

c_{CO2d} = concentração de CO_2 nos gases de escape diluídos, em base seca [% vol.]

O fator de correção base seca/base húmida k_{w2} tem em consideração o teor de água do ar de admissão e do ar de diluição e deve ser calculado por meio da equação (7-27):

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]}{1\,000 + \left\{1{,}608 \cdot \left[H_d\left(1 - \frac{1}{D}\right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right]\right\}} \qquad (7\text{-}27)$$

em que:

H_a = humidade do ar de admissão [g H_2O/kg ar seco]

H_d = humidade do ar de diluição [g H_2O/kg ar seco]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2]

2.2.2.2. Fator de diluição

O fator de diluição D [-] (que é necessário para a correção de fundo e o cálculo de k_{w2}) calcula-se por meio da equação (7-28):

$$D = \frac{F_s}{c_{CO2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \qquad (7\text{-}28)$$

em que:

F_S = fator estequiométrico [-]

$c_{CO2,e}$ = concentração de CO_2 nos gases de escape diluídos, em base húmida [% vol.]

$c_{HC,e}$ = concentração de HC nos gases de escape diluídos em base húmida [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = concentração de CO nos gases de escape diluídos em base húmida [ppm]

Calcula-se o fator estequiométrico por meio da equação (7-29):

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \qquad (7\text{-}29)$$

em que:

α = razão molar hidrogénio/carbono do combustível [-]

Em alternativa, se a composição do combustível for desconhecida, podem utilizar-se os seguintes fatores estequiométricos:

F_S (diesel) = 13,4

F_S (GPL) = 11,6

F_S (GN) = 9,5

F_S (E10) = 13,3

F_S (E85) = 11,5

Se se medir diretamente o caudal dos gases de escape, o fator de diluição D [-] pode ser calculado por meio da equação (7-30):

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \qquad (7\text{-}30)$$

em que:

q_{VCVS} = o caudal volumétrico dos gases de escape diluídos [m³/s]

q_{Vew} = caudal volumétrico dos gases de escape brutos [m³/s]

2.2.2.3. Ar de diluição

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1{,}008 \qquad (7\text{-}31)$$

com

$$k_{w3} = \frac{1{,}608 \cdot H_d}{1\,000 + 1{,}608 \cdot H_d} \qquad (7\text{-}32)$$

em que:

H_d = humidade do ar de diluição [g H_2O/kg ar seco]

2.2.2.4. Determinação da concentração corrigida das condições de fundo

Subtrai-se a concentração média de fundo dos gases poluentes no ar de diluição das concentrações medidas para obter as concentrações líquidas dos poluentes. Os valores médios das concentrações de fundo podem ser determinados pelo método do saco de recolha de amostras ou da medição contínua com integração. Utiliza-se a equação (7-33):

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \qquad (7\text{-}33)$$

em que:

c_{gas} = concentração líquida do poluente gasoso [ppm] ou [% vol.]

$c_{gas,e}$ = concentração das emissões nos gases de escape diluídos, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

c_d = concentração das emissões no ar de diluição, em base húmida [ppm] ou [% vol.]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2] [-]

2.2.3. Fator u específico dos componentes

O fator u_{gas} específico dos componentes dos gases diluídos pode ser calculado por meio da equação (7-34) ou ser tomado do quadro 7.2; no quadro 7.2, presume-se que a densidade dos gases de escape diluídos é igual à densidade do ar.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right)\right] \cdot 1\,000} \qquad (7\text{-}34)$$

em que:

M_{gas} = massa molar do componente gasoso [g/mol]

$M_{d,w}$ = massa molar dos gases de escape diluídos [g/mol]

$M_{da,w}$ = massa molar do ar de diluição [g/mol]

$M_{r,w}$ = massa molar dos gases de escape brutos [g/mol]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2] [-]

Quadro 7.2

Valores u dos gases de escape diluídos (para as concentrações das emissões expressas em ppm) e densidades dos componentes

Combustível	r_e			Gás			
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				r_{gas} [kg/m³]			
		2,053	1,250	(1)	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} (2)			
Diesel (gasóleo não rodoviário)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol para motores de ignição por compressão específicos (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gás natural/biometano (3)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (4)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (5)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Gasolina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(1) Consoante o combustível.
(2) Com λ = 2, ar seco, 273 K, 101,3 kPa
(3) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %
(4) NMHC com base em $CH_{2,93}$ (para HC total, deve usar-se o coeficiente u_{gas} de CH_4)
(5) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %

2.2.4. Cálculo do caudal mássico dos gases de escape

2.2.4.1. Sistema PDP-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos m_{ed} for mantida constante a ± 6 K através da utilização de um permutador de calor, calcula-se a massa dos gases de escape diluídos [kg/ensaio] durante o ciclo por meio da equação (7-35):

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_p \cdot \frac{P_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \qquad (7\text{-}35)$$

em que:

V_0 = volume de gás bombeado por rotação nas condições de ensaio [m³/rot]

n_p = total de rotações da bomba por ensaio [rot/ensaio]

p_p = pressão absoluta à entrada da bomba [kPa]

$\overline{T}$ = temperatura média dos gases de escape diluídos à entrada da bomba [K]

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

Se for usado um sistema com compensação do caudal (isto é, sem permutador de calor), calcula-se a massa dos gases de escape diluídos $m_{ed,i}$ [kg] durante o intervalo de tempo por meio da equação (7-36):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{P,i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \qquad (7\text{-}36)$$

em que:

V_0 = volume de gás bombeado por rotação nas condições de ensaio [m³/rot]

p_p = pressão absoluta à entrada da bomba [kPa]

$n_{P,i}$ = total de rotações da bomba por intervalo de tempo i [rev/Δt]

$\overline{T}$ = temperatura média dos gases de escape diluídos à entrada da bomba [K]

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

2.2.4.2. Sistema CFV-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos for mantida constante a ± 11 K através da utilização de um permutador de calor, calcula-se o caudal mássico durante o ciclo m_{ed} [g/ensaio] por meio da equação (7-37):

$$m_{ed} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \qquad (7\text{-}37)$$

em que:

t = duração do ciclo [s]

K_V = coeficiente de calibração do Venturi de escoamento crítico em condições normais $\left[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg\right]$

p_p = pressão absoluta à entrada do Venturi [kPa]

T = temperatura absoluta à entrada do Venturi [K]

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

Se for usado um sistema com compensação do caudal (isto é, sem permutador de calor), calcula-se a massa dos gases de escape diluídos $m_{ed,i}$ [kg] durante o intervalo de tempo por meio da equação (7-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \qquad (7\text{-}38)$$

em que:

Δt_i = intervalo de tempo do ensaio [s]

K_V = coeficiente de calibração do Venturi de escoamento crítico em condições normais $\left[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg\right]$

p_p = pressão absoluta à entrada do Venturi [kPa]

T = temperatura absoluta à entrada do Venturi [K]

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

2.2.4.3. Sistema SSV-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos for mantida constante a ± 11 K através da utilização de um permutador de calor, calcula-se a massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo m_{ed} [kg/ /ensaio] por meio da equação (7-39):

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \qquad (7\text{-}39)$$

em que:

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

Δt = duração do ciclo [s]

q_{VSSV} = caudal de ar em condições normais (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

com

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]} \qquad (7\text{-}40)$$

em que:

A_0 = conjunto de constantes e conversões de unidades = $0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

d_V = diâmetro da garganta do SSV [mm]

C_d = coeficiente de descarga do SSV [-]

p_p = pressão absoluta à entrada do Venturi [kPa]

T_{in} = temperatura à entrada do Venturi [K]

r_p = razão entre a pressão absoluta estática na garganta do SSV e à entrada do SSV, $\left(1 - \frac{\Delta P}{P_a}\right)$ [-]

r_D = razão entre o diâmetro da garganta do SSV e o diâmetro interno do tubo de entrada $\frac{d}{D}$ [-]

Se for usado um sistema com compensação do caudal (isto é, sem permutador de calor), calcula-se a massa dos gases de escape diluídos $m_{ed,i}$ [kg] durante o intervalo de tempo por meio da equação (7-41):

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \qquad (7\text{-}41)$$

em que:

1,293 kg/m³ = densidade do ar a 273,15 K e 101,325 kPa

Δt_i = intervalo de tempo [s]

q_{VSSV} = caudal volumétrico do SSV [m³/s]

2.3. Cálculo das emissões de partículas

2.3.1. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Calcula-se a massa de partículas após a correção da impulsão hidrostática da massa da amostra de partículas em conformidade com o ponto 8.1.12.2.5.

2.3.1.1. Sistema de diluição do caudal parcial

2.3.1.1.1. Cálculo baseado na razão de recolha de amostras

Calculam-se as emissões de partículas durante o ciclo m_{PM} [g] por meio da equação (7-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \quad (7\text{-}42)$$

em que:

m_f = massa de partículas recolhida durante o ciclo [mg]

r_s = razão média da recolha de amostras durante o ciclo de ensaio [-]

com:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (7\text{-}43)$$

em que:

m_{se} = massa da amostra de gases de escape brutos durante o ciclo [kg]

m_{ew} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo [kg]

m_{sep} = massa dos gases de escape diluídos que passam pelos filtros de recolha de partículas [kg]

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

No caso de um sistema de amostragem total, m_{sep} e m_{sed} são idênticos.

2.3.1.1.2. Cálculo baseado na razão de diluição

Calculam-se as emissões de partículas durante o ciclo m_{PM} [g] por meio da equação (7-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \quad (7\text{-}44)$$

em que:

m_f = massa de partículas recolhida durante o ciclo [mg]

m_{sep} = massa dos gases de escape diluídos que passam pelos filtros de recolha de partículas [kg]

m_{edf} = massa dos gases de escape diluídos equivalente durante o ciclo [kg]

Determina-se a massa total dos gases de escape diluídos equivalente durante o ciclo m_{edf} [kg] por meio da equação (7-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \quad (7\text{-}45)$$

com:

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} - q_{mdw,i} \quad (7\text{-}46)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad (7\text{-}47)$$

em que:

$q_{medf,i}$ = caudal mássico instantâneo equivalente dos gases de escape diluídos [kg/s]

$q_{mew,i}$ = caudal mássico instantâneo dos gases de escape em base húmida [kg/s]

$r_{d,i}$ = razão instantânea de diluição [-]

$q_{mdew,i}$ = Caudal mássico instantâneo dos gases de escape diluídos em base húmida [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = caudal mássico instantâneo do ar de diluição [kg/s]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

2.3.1.2. Sistema de diluição do caudal total

A emissão mássica é calculada por meio da equação (7-48):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \qquad (7\text{-}48)$$

em que:

m_f = é a massa de partículas recolhida durante o ciclo [mg]

m_{sep} = é a massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas [kg]

m_{ed} = é a massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo [kg]

com

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \qquad (7\text{-}49)$$

em que:

m_{set} = massa dos gases de escape duplamente diluídos que atravessa o filtro de partículas [kg]

m_{ssd} = massa do ar de diluição secundária [kg]

2.3.1.2.1. Correção quanto às condições de fundo

O caudal mássico das partículas $m_{PM,c}$ [g] pode ser corrigido das condições de fundo por meio da equação (7--50):

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\,000} \qquad (7\text{-}50)$$

em que:

m_f = massa de partículas recolhida durante o ciclo [mg]

m_{sep} = massa dos gases de escape diluídos que passam pelos filtros de recolha de partículas [kg]

m_{sd} = massa do ar de diluição recolhido pelo sistema de recolha de partículas de fundo [kg]

m_b = massa das partículas de fundo recolhidas no ar de diluição [mg]

m_{ed} = massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo [kg]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2] [-]

2.3.2. Cálculo do NRSC em modo discreto

2.3.2.1. Sistema de diluição

Todos os cálculos devem basear-se nos valores médios dos modos individuais *i* durante o período de recolha de amostras.

a) Na diluição do caudal parcial, determina-se o caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos por meio da equação (7-51) e do sistema com medição do caudal indicado na figura 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (7\text{-}51)$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (7\text{-}52)$$

em que:

q_{medf} = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos [kg/s]

q_{mew} = caudal mássico dos gases de escape em base húmida [kg/s]

r_d = razão de diluição [-]

q_{mdew} = caudal mássico diluído dos gases de escape em base húmida [kg/s]

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

b) Nos sistemas de diluição do caudal total q_{mdew} é usado como q_{medf}.

2.3.2.2. Cálculo do caudal mássico de partículas

O caudal das emissões de partículas durante o ciclo q_{mPM} [g/h] calcula-se por meio das equações (7-53), (7--56), (7-57) ou (7-58):

a) Para o método do filtro único

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \quad (7\text{-}53)$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medfi} \cdot WF_i \quad (7\text{-}54)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sepi} \quad (7\text{-}55)$$

em que:

q_{mPM} = caudal mássico de partículas [g/h]

m_f = massa de partículas recolhida durante o ciclo [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal mássico médio equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida [kg/s]

q_{medfi} = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida no modo *i* [kg/s]

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

m_{sep} = massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas [kg]

m_{sepi} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelo filtro de recolha de amostras de partículas no modo *i* [kg]

N = número de medições [-]

b) Para o método dos filtros múltiplos

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \qquad (7\text{-}56)$$

em que:

q_{mPMi} = caudal mássico das partículas para o modo *i* [g/h]

m_{fi} = massa da amostra de partículas recolhidas no modo *i* [mg]

q_{medfi} = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida no modo *i* [kg/s]

m_{sepi} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelo filtro de recolha de amostras de partículas no modo *i* [kg]

A massa das partículas é determinada ao longo do ciclo de ensaio pelo somatório dos valores médios dos modos individuais *i* durante o período de recolha de amostras.

O caudal mássico das partículas q_{mPM} [g/h] ou q_{mPMi} [g/h] pode ser corrigido em função das condições de fundo do seguinte modo:

c) Para o método do filtro único

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \qquad (7\text{-}57)$$

em que:

q_{mPM} = caudal mássico de partículas [g/h]

m_f = massa da amostra de partículas recolhidas [mg]

m_{sep} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelo filtro de recolha de amostras de partículas [kg]

$m_{f,d}$ = massa da amostra de partículas do ar de diluição recolhido [mg]

m_d = massa da amostra de ar de diluição que passou através dos filtros de recolha de amostras de partículas [kg]

D_i = fator de diluição no modo *i* [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2][-]

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal mássico médio equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida [kg/s]

d) Para o método dos filtros múltiplos

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \overline{q_{medfi}} \cdot \frac{3\,600}{1\,000} \qquad (7\text{-}58)$$

em que:

q_{mPMi} = caudal mássico de partículas no modo *i* [g/h]

m_{fi} = massa da amostra de partículas recolhidas no modo *i* [mg]

m_{sepi} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelo filtro de recolha de amostras de partículas no modo *i* [kg]

$m_{f,d}$ = massa da amostra de partículas do ar de diluição recolhido [mg]

m_d = massa da amostra de ar de diluição que passou através dos filtros de recolha de amostras de partículas [kg]

D = fator de diluição [ver equação (7-28) do ponto 2.2.2.2] [-]

q_{medfi} = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida no modo i [kg/s]

Se for efetuada mais de uma medição, substitui-se $m_{f,d}/m_d$ por $\overline{m_{f,d}/m_d}$.

2.4. Trabalho do ciclo e emissões específicas

2.4.1. Emissões gasosas

2.4.1.1. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Remete-se para os pontos 2.1 e 2.2, para os gases de escape brutos e diluídos, respetivamente. Os valores resultantes para a potência P [kW] são integrados durante um intervalo de ensaio. O trabalho total W_{act} [kWh] calcula-se por meio da equação (7-59):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \qquad (7\text{-}59)$$

em que:

P_i = potência instantânea do motor [kW]

n_i = velocidade instantânea do motor [rpm]

T_i = binário instantâneo do motor [Nm]

W_{act} = trabalho efetivo do ciclo [kWh]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

Sempre que tenham sido instalados dispositivos auxiliares em conformidade com o apêndice 2 do anexo VI, não se efetua a regulação do binário instantâneo do motor prevista na equação (7-59). Se, de acordo com os pontos 6.3.2 ou 6.3.3 do anexo VI do presente regulamento, não forem instalados os dispositivos auxiliares necessários que deveriam ter sido montados para o ensaio, ou forem instalados dispositivos auxiliares que deveriam ter sido removidos, o valor de T_i utilizado na equação (7-59) deve ser ajustado por meio da equação (7-60):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \qquad (7\text{-}60)$$

em que:

$T_{i,meas}$ = valor medido do binário instantâneo do motor

$T_{i,AUX}$ = valor do binário correspondente necessário ao acionamento de dispositivos auxiliares determinado em conformidade com o ponto 7.7.2.3.2 do anexo VI do presente regulamento.

As emissões específicas e_{gas} [g/kWh] calculam-se das maneiras que seguem, em função do tipo de ciclo de ensaio.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \qquad (7\text{-}61)$$

em que:

m_{gas} = massa total da emissão [g/ensaio]

W_{act} = trabalho do ciclo [kWh]

No caso do NRTC, para as emissões gasosas que não o CO_2, o resultado final do ensaio e_{gas} [g/kWh] deve ser uma média ponderada do ensaio com arranque a frio e do ensaio com arranque a quente, mediante a utilização da equação (7-62):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot mhot)}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot Wact,hot)} \quad (7\text{-}62)$$

em que:

m_{cold} são as emissões mássicas de gases do ciclo NRTC com arranque a frio [g]

$W_{act,\ cold}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a frio [kWh]

m_{hot} são as emissões mássicas de gases do ciclo NRTC com arranque a quente [g]

$W_{act,\ hot}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a quente [kWh]

No caso do ciclo NRTC, para o CO_2 o resultado final do ensaio e_{CO2} [g/kWh] deve ser calculado a partir do ensaio com arranque a quente por meio da equação (7-63):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \quad (7\text{-}63)$$

em que:

$m_{CO2,\ hot}$ são as emissões mássicas de CO_2 do ensaio NRTC com arranque a quente [g]

$W_{act,\ hot}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a quente [kWh]

2.4.1.2. NRSC em modo discreto

As emissões específicas e_{gas} [g/kWh] calculam-se por meio da equação (7-64):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}64)$$

em que:

$q_{mgas,i}$ = caudal mássico médio das emissões para o modo *i* [g/h]

P_i = potência do motor for the mode *i* [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

2.4.2. Emissões de partículas

2.4.2.1. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

As emissões específicas de partículas calculam-se por meio da equação (7-61) em que e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/ /ensaio] são substituídos por e_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/ensaio], respetivamente:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (7\text{-}65)$$

Em que:

m_{PM} = massa total da emissão de partículas, calculada em conformidade com o ponto 2.3.1.1 ou 2.3.1.2 [g/ensaio]

W_{act} = trabalho do ciclo [kWh]

As emissões do ciclo compósito em condições transitórias (isto é, com fase a frio e fase a quente) calculam-se como indicado no ponto 2.4.1.1.

2.4.2.2. NRSC em modo discreto

A emissão específica de partículas e_{PM} [g/kWh] calcula-se através das equações (7-66) ou (7-67):

a) Para o método do filtro único

$$e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N}(P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}66)$$

em que:

P_i = potência do motor para o modo i [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i = fator de ponderação para o modo i [-]

q_{mPM} = caudal mássico de partículas [g/h]

b) Para o método dos filtros múltiplos

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N}(P_i \cdot WF_i)} \quad (7\text{-}67)$$

em que:

P_i = potência do motor para o modo i [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3)

WF_i = fator de ponderação para o modo i [-]

q_{mPMi} = caudal mássico de partículas no modo i [g/h]

Para o método do filtro único, calcula-se o fator de ponderação efetivo WF_{ei} para cada modo por meio da equação (7-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot \overline{\overline{q_{medfi}}}} \quad (7\text{-}68)$$

em que:

m_{sepi} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelos filtros de recolha de amostras de partículas no modo i [kg]

$\overline{q_{medf}}$ = caudal mássico médio equivalente dos gases de escape diluídos [kg/s]

q_{medfi} = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos no modo i [kg/s]

m_{sep} = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelos filtros de recolha de amostras de partículas [kg]

O valor dos fatores de ponderação efetivos deve estar a 0,005 (valor absoluto) dos fatores de ponderação indicados no apêndice 1 do anexo XVII.

2.4.3. Correção em função dos controlos das emissões de regeneração infrequente (periódica)

No caso dos motores, que não os da categoria RLL, equipados com sistemas de pós-tratamento dos gases de escape de regeneração infrequente (periódica) (ver ponto 6.6.2 do anexo VI), as emissões específicas de gases e de partículas poluentes calculadas de acordo com os pontos 2.4.1 e 2.4.2 devem ser corrigidas com o fator de correção multiplicativo aplicável ou com o fator de correção aditivo aplicável. Caso a regeneração infrequente não tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator ascendente ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Caso a regeneração infrequente tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator descendente ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). No caso do NRSC em modo discreto, no qual tenham sido determinados os fatores de correção para cada modo, estes devem ser aplicados a cada modo durante o cálculo do resultado ponderado das emissões.

2.4.4. Correção em função do fator de deterioração

As emissões específicas de gases e de partículas poluentes calculadas de acordo com os pontos 2.4.1 e 2.4.2, se aplicáveis, incluindo o fator de correção da regeneração infrequente em conformidade com o ponto 2.4.3, também devem ser corrigidas pelo fator de deterioração multiplicativo ou aditivo aplicável determinado segundo os requisitos do anexo III.

2.5. Calibração do caudal dos gases de escape diluídos (CVS) e cálculos conexos

Deve calibrar-se o sistema CVS utilizando um medidor de caudais exato e um dispositivo limitador de caudal. Mede-se o caudal através do sistema a diferentes posições de restrição, sendo os parâmetros de controlo do sistema medidos e relacionados com o caudal.

Podem utilizar-se vários tipos de medidores de caudais, como, p. ex., venturi calibrado, medidor laminar calibrado ou medidor com turbina calibrado.

2.5.1. Bomba volumétrica (PDP)

Medem-se simultaneamente todos os parâmetros relacionados com a bomba juntamente com os parâmetros relacionados com um venturi de calibração, que é ligado em série com a bomba. Pode, então, traçar-se a curva do caudal calculado (expresso em m^3/s à entrada da bomba, à pressão e temperatura absolutas) em relação a uma função de correlação correspondente ao valor de uma dada combinação de parâmetros da bomba. Determina-se a equação linear que exprime a relação entre o caudal da bomba e a função de correlação. Se a bomba do sistema CVS tiver várias velocidades de funcionamento, executa-se uma operação de calibração para cada velocidade utilizada.

Deve manter-se a estabilidade da temperatura durante a calibração.

Mantêm-se as fugas em todas as ligações e tubagens entre o venturi de calibração e a bomba CVS a valores inferiores a 0,3 % do ponto mais baixo do caudal (restrição máxima e velocidade da PDP mínima).

Calcula-se o caudal de ar (q_{VCVS}) em cada regulação da restrição (mínimo 6 regulações) em m^3/s normalizados a partir dos dados do medidor de caudais e utilizando o método prescrito pelo fabricante. Converte-se então o caudal de ar em caudal da bomba (V_0) em m^3/rot à temperatura e à pressão absolutas à entrada da bomba por meio da equação (7-69):

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \qquad (7\text{-}69)$$

em que:

q_{VCVS} = caudal de ar em condições normais (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura à entrada da bomba, [K]

p_p = pressão absoluta à entrada da bomba [kPa]

n = velocidade da bomba, rot/s

Para compensar a interação das variações de pressão na bomba e da taxa de escorregamento da mesma, calcula-se a função de correlação (X_0) [s/rot] entre a velocidade da bomba, a diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba e a pressão absoluta à saída da bomba por meio da equação (7-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \qquad (7\text{-}70)$$

em que:

Dp_p = diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba [kPa]

p_p = pressão absoluta à saída da bomba [kPa]

n = velocidade da bomba, rot/s

Executa-se um ajustamento linear pelo método dos mínimos quadrados para obter a calibração por meio da equação (7-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \qquad (7\text{-}71)$$

com D_0 [m³/rot] e m [m³/s], como ordenada na origem e declive, respetivamente, que definem a reta de regressão.

Num sistema CVS com múltiplas velocidades, as curvas de calibração obtidas para as diferentes gamas de caudais da bomba devem ser sensivelmente paralelas e os valores da ordenada na origem (D_0) devem aumentar à medida que diminui a gama do caudal da bomba.

Os valores calculados a partir da equação devem situar-se a ± 0,5 % do valor medido de V_0. Os valores de m variam de uma bomba para outra. O influxo de partículas ao longo do tempo provoca uma diminuição do escorregamento da bomba, o que se reflete nos valores inferiores de m. Assim sendo, a calibração deve ser efetuada aquando da entrada em serviço da bomba, após qualquer operação importante de manutenção e se a verificação do sistema completo indicar uma alteração da taxa de escorregamento.

2.5.2. Venturi de escoamento crítico (CFV)

A calibração do CFV é baseada na equação de caudal de um venturi de escoamento crítico. O caudal de gás é função da pressão e da temperatura à entrada do venturi.

Para determinar a gama de escoamento crítico, traça-se uma curva de K_V em função da pressão à entrada do venturi. Para um escoamento crítico (bloqueado), K_V tem um valor relativamente constante. Quando a pressão diminui (e a depressão aumenta), o venturi desbloqueia-se e K_V diminui, o que indica que o CFV está a funcionar fora da gama admissível.

Calcula-se o caudal de ar (q_{VCVS}) em cada regulação da restrição (mínimo 8 regulações) em m³/s normalizados a partir dos dados do medidor de caudais e utilizando o método prescrito pelo fabricante. Calcula-se o coeficiente de calibração K_V $\left[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg\right]$ a partir dos dados de calibração para cada regulação por meio da equação (7-72):

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \qquad (7\text{-}72)$$

em que:

q_{VSSV} = caudal de ar em condições normais (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

T = T emperatura à entrada do tubo de Venturi, em K

p_p = pressão absoluta à entrada do venturi [kPa]

Calcula-se o valor médio de K_V e o desvio-padrão. O desvio-padrão não deve exceder ± 0,3 % do valor médio de K_V.

2.5.3. Venturi subsónico (SSV)

A calibração do SSV baseia-se na equação de caudal para um venturi subsónico. O caudal de gás é função da pressão e da temperatura à entrada, da queda de pressão entre a entrada e a garganta do SSV, conforme se indica na equação (7-40).

Calcula-se o caudal de ar (q_{VSSV}) em cada regulação da restrição (mínimo 16 regulações) em m³/s normalizados a partir dos dados do medidor de caudais e utilizando o método prescrito pelo fabricante. Calcula-se o coeficiente de descarga a partir dos dados de calibração para cada regulação por meio da equação (7-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^2 p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}} \left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}\right)\left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}}\right)\right]}} \qquad (7\text{-}73)$$

em que:

A_0 = conjunto de constantes e conversões de unidades = 0,0056940 $\left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

q_{VSSV} = caudal de ar em condições normais (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

$T_{in,V}$ = temperatura à entrada do venturi [K]

d_V = diâmetro da garganta do SSV [mm]

r_p = razão entre a pressão absoluta estática na garganta do SSV e à entrada do SSV = $1 - \Delta p/p_p$ [-]

r_D = razão entre o diâmetro da garganta do SSV, d_V, e o diâmetro interno do tubo de entrada D [-]

Para determinar a gama do caudal subsónico, traça-se C_d enquanto função do número de Reynolds *Re*, na garganta do SSV. Calcula-se o número de Reynolds, *Re*, na garganta do SSV por meio da equação (7-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \qquad (7\text{-}74)$$

com

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \qquad (7\text{-}75)$$

em que:

A_1 = conjunto de constantes e conversões de unidades = 27,43831 $\left[\frac{Kg}{m^3} \cdot \frac{min}{s} \cdot \frac{mm}{m}\right]$

q_{VSSV} = caudal de ar em condições normais (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

d_V = diâmetro da garganta do SSV [mm]

μ = viscosidade absoluta ou dinâmica do gás [kg/(m · s)]

b = 1,458 × 10⁶ (constante empírica) [kg/(m · s · K^{0,5})]

S = 110,4 (constante empírica) [K]

Dado que q_{VSSV} é um dos valores da equação do número de Reynolds, *Re*, iniciam-se os cálculos com um valor inicial estimado para q_{VSSV} ou C_d do venturi de calibração e repetem-se até que o valor de q_{VSSV} convirja. O método de convergência deve ter uma exatidão de, no mínimo, 0,1 % de ponto.

Os valores calculados de C_d para um mínimo de 16 pontos na região do caudal subsónico retirados da equação de ajustamento da curva de calibração não devem afastar-se mais de ± 0,5 % do C_d medido para cada ponto de calibração.

2.6. Correção da deriva

2.6.1. Procedimento geral

Os cálculos do presente ponto efetuam-se para determinar se a deriva do analisador de gases invalida os resultados de um intervalo de ensaio. Se a deriva não invalidar os resultados de um intervalo de ensaio, corrige-se a deriva das respostas do analisador de gases no intervalo de ensaio em conformidade com o presente ponto 2.6.2. As respostas do analisador de gases corrigidas da deriva utilizam-se em todos os cálculos de emissões posteriores. O limiar aceitável para a deriva de um analisador de gases durante um intervalo de ensaio encontra-se especificado no ponto 8.2.2.2 do anexo VI.

O procedimento geral de ensaio deve seguir as disposições especificadas no apêndice 1, sendo as concentrações x_i ou $\overline{x}$ substituídas pelas concentrações c_i ou $\overline{c}$.

2.6.2. Procedimento de cálculo

A correção da deriva é calculada por meio da equação (7-76):

$$c_{\text{idriftcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}76)$$

em que:

$c_{\text{idriftcor}}$ = concentração corrigida da deriva [ppm]

c_{refzero} = concentração de referência do gás de colocação a zero, que é geralmente zero a não ser que se lhe conheça outro valor [ppm]

c_{refspan} = a concentração de referência do gás de regulação da sensibilidade [ppm]

c_{prespan} = resposta do analisador de gases, no intervalo pré-ensaio, à concentração do gás de regulação da sensibilidade [ppm]

c_{postspan} = resposta do analisador de gases, no intervalo pós-ensaio, à concentração do gás de regulação da sensibilidade [ppm]

c_i ou $\overline{c}$ = concentração registada, ou seja, medida, durante o ensaio, antes da correção da deriva [ppm]

c_{prezero} = resposta do analisador de gases, no intervalo pré-ensaio, à concentração do gás de zero [ppm]

c_{postzero} = resposta do analisador de gases, no intervalo pós-ensaio, à concentração do gás de colocação a zero [ppm]

3. **Cálculos das emissões em base molar**

3.1. Índices

	Quantidade
abs	Quantidade absoluta
act	Quantidade real
ar	Ar, seco
atmos	Atmosférica
bkgnd	Condições de fundo
C	Carbono

	Quantidade
cal	Quantidade de calibração
CFV	Venturi de escoamento crítico
cor	Quantidade corrigida
dil	Ar de diluição
dexh	Gases de escape diluídos
dry	Quantidade em seco
exh	Gases de escape brutos
exp	Quantidade prevista
eq	Quantidade equivalente
combustível	Combustível
	Medição instantânea (p. ex.: 1 Hz)
i	Um elemento de uma série
Marcha lenta sem carga	Condição em marcha lenta sem carga
in	Quantidade à entrada
init	Quantidade inicial, normalmente antes de um ensaio de emissões
max	Valor máximo (pico)
meas	Quantidade medida
min	Valor mínimo
mix	Massa molar do ar
out	Quantidade à saída
part	Quantidade parcial
PDP	Bomba volumétrica
raw	Gases de escape brutos
ref	Quantidade de referência
rot	Rotação
sat	Condição saturada
slip	Escorregamento da PDP
smpl	Recolha de amostras

	Quantidade
span	Quantidade para a regulação da sensibilidade
SSV	Venturi subsónico
std	Quantidade da norma
test	Quantidade do ensaio
total	Quantidade total
uncor	Quantidade não corrigida
vac	Quantidade em vácuo
peso	Peso de calibração
wet	Quantidade em húmido
zero	Quantidade a zero

3.2. Símbolos para o balanço químico

$x_{dil/exh}$ = Quantidade de gás de diluição ou excesso de ar por mole de gases de escape

x_{H2Oexh} = Quantidade de água por mole de gases de escape

$x_{Ccombdry}$ = Quantidade de carbono do combustível nos gases de escape por mole de gases de escape secos

$x_{H2Oexhdry}$ = Quantidade de água nos gases de escape por mole de gases de escape secos

$x_{prod/intdry}$ = Quantidade de produtos estequiométricos por mole de ar de admissão seco

$x_{dil/exhdry}$ = Quantidade de gás de diluição e/ou excesso de ar por mole de gases de escape secos

$x_{int/exhdry}$ = Quantidade de ar de admissão necessária para produzir os produtos efetivos da combustão por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos

$x_{raw/exhdry}$ = Quantidade de gases de escape não diluídos, sem excesso de ar, por mole de gases de escape (brutos ou diluídos)

$x_{O2intdry}$ = Quantidade de O_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão seco

$x_{CO2intdry}$ = Quantidade de CO_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão seco

$x_{H2Ointdry}$ = Quantidade de H_2O no ar de admissão por mole de ar de admissão seco

x_{CO2int} = Quantidade de CO_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão

x_{CO2dil} = Quantidade de CO_2 no gás de diluição por mole de gás de diluição

$x_{CO2dildry}$ = Quantidade de CO_2 no gás de diluição por mole de gás de diluição seco

$x_{H2Odildry}$ = Quantidade de H_2O no gás de diluição por mole de gás de diluição seco

x_{H2Odil} = Quantidade de H_2O no gás de diluição por mole de gás de diluição

$x_{[emission]meas}$ = Quantidade da emissão medida na amostra no respetivo analisador de gases

$x_{[emission]dry}$ = Quantidade da emissão por mole da amostra seca

$x_{H2O[emission]meas}$ = Quantidade de água da amostra no local de deteção da emissão

x_{H2Oint} = Quantidade de água no ar de admissão com base numa medição da humidade do ar de admissão

3.3. Parâmetros fundamentais e relações

3.3.1. Ar seco e espécies químicas

O presente ponto usa os seguintes valores para a composição do ar seco:

$x_{O2airdry}$ = 0,209445 mol/mol

$x_{Arairdry}$ = 0,00934 mol/mol

$x_{N2airdry}$ = 0,78084 mol/mol

$x_{CO2airdry}$ = 375 μmol/mol

O presente ponto usa as seguintes massas molares ou massas molares efetivas das espécies químicas:

M_{air} = 28,96559 g/mol (ar seco)

M_{Ar} = 39,948 g/mol (árgon)

M_{C} = 12,0107 g/mol (carbono)

M_{CO} = 28,0101 g/mol (monóxido de carbono)

M_{CO2} = 44,0095 g/mol (dióxido de carbono)

M_{H} = 1,00794 g/mol (hidrogénio atómico)

M_{H2} = 2,01588 g/mol (hidrogénio molecular)

M_{H2O} = 18,01528 g/mol (água)

M_{He} = 4,002602 g/mol (hélio)

M_{N} = 14,0067 g/mol (azoto atómico)

M_{N2} = 28,0134 g/mol (azoto molecular)

M_{Nox} = 46,0055 g/mol (óxidos de azoto (*))

M_{O} = 15,9994 g/mol (oxigénio atómico)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (oxigénio molecular)

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (propano)

M_{S} = 32,065 g/mol (enxofre)

M_{HC} = 13,875389 g/mol (hidrocarbonetos totais (**))

(**) A massa molar efetiva de HC é definida por uma razão atómica hidrogénio/carbono, α, de 1,85;
(*) A massa molar efetiva dos NOx é definida pela massa molar do dióxido de azoto, NO_2.

O presente ponto usa a seguinte constante molar *R* dos gases perfeitos:

R = 8,314472J/(mol · K)

O presente ponto usa as seguintes razões dos calores específicos γ [J/(kg · K)]/[J/(kg · K)] para o ar de diluição e para os gases de escape diluídos:

γ_{air} = 1,399 (razão dos calores específicos para o ar de admissão ou o ar de diluição)

γ_{dil} = 1,399 (razão dos calores específicos para os gases de escape diluídos)

γ_{exh} = 1,385 (razão dos calores específicos para os gases de escape brutos)

3.3.2. Ar húmido

O presente ponto descreve a forma de determinar a quantidade de água num gás perfeito:

3.3.2.1. Pressão do vapor de água

A pressão do vapor de água p_{H2O} [kPa] para uma dada condição de temperatura de saturação, T_{sat} [K], calcula-se por meio das equações (7-77) ou (7-78):

a) No caso de medições da humidade efetuadas a temperaturas ambientes de 0 a 100 °C ou de medições da humidade efetuadas com água sobrearrefecida a temperaturas ambientes de – 50 a 0 °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = 10{,}79574 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) - 5{,}02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) + 1{,}50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8{,}2969 \cdot \left(\frac{T_{sat}}{273{,}16} - 1\right)}\right) + 0{,}42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4{,}76955 \cdot \left(1 - \frac{273{,}16}{T_{sat}}\right)} - 1\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}77)$$

em que:

p_{H2O} = pressão do vapor de água na condição de temperatura de saturação [kPa]

T_{sat} = temperatura de saturação da água na condição medida [K]

b) No caso de medições da humidade efetuadas com gelo a temperaturas ambientes de (– 100 a 0) °C:

$$\log_{10}(p_{H2O}) = -9{,}096853 \cdot \left(\frac{273{,}16}{T_{sat}} - 1\right) - 3{,}566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273{,}16}{T_{sat}}\right) + 0{,}876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273{,}16}\right) - 0{,}2138602 \quad (7\text{-}78)$$

em que:

T_{sat} = temperatura de saturação da água na condição medida [K]

3.3.2.2. Ponto de orvalho

Se a humidade for medida enquanto ponto de orvalho, a quantidade de água num gás perfeito x_{H2O} [mol/mol] obtém-se por meio da equação (7-79):

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad (7\text{-}79)$$

em que:

x_{H2O} = quantidade de água num gás perfeito [mol/mol]

p_{H2O} = pressão do vapor de água no ponto de medição do ponto de orvalho, $T_{sat}=T_{dew}$ [kPa]

p_{abs} = pressão estática absoluta húmida no local de medição do ponto de orvalho [kPa]

3.3.2.3. Humidade relativa

Se a humidade for medida enquanto humidade relativa, *RH %*, a quantidade de água num gás perfeito x_{H2O} [mol/mol] calcula-se por meio da equação (7-80):

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{P_{H2O}}{P_{abs}} \quad (7\text{-}80)$$

em que:

RH % = humidade relativa [%]

p_{H2O} = pressão do vapor de água a 100 % de humidade relativa no local de medição da humidade relativa, $T_{sat}=T_{amb}$ [kPa]

p_{abs} = pressão estática absoluta húmida no local de medição da humidade relativa [kPa]

3.3.2.4. Determinação do ponto de orvalho a partir da humidade relativa e da temperatura do bolbo seco

Se a humidade for medida enquanto humidade relativa, *RH %*, o ponto de orvalho, T_{dew}, é determinado a partir da *RH %* e da temperatura do bolbo seco, por meio da equação (7-81):

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233 \cdot 10^{2} - 2{,}0156028 \cdot 10^{1} \cdot \ln(p_{H2O}) + 4{,}6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln(p_{H2O})^{2} - 9{,}2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln(p_{H2O})^{3}}{1 - 1{,}3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln(p_{H2O}) + 5{,}6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(p_{H2O}^{2}) - 7{,}517286510 \cdot 10^{-5} \ln(p_{H2O}^{3})} \quad (7\text{-}81)$$

em que

p_{H2O} = pressão do vapor de água associada à humidade relativa no local de medição da humidade relativa, $T_{sat} = T_{amb}$

T_{dew} = ponto de orvalho determinado a partir das medições da humidade relativa e da temperatura do bolbo seco

3.3.3. Propriedades do combustível

A fórmula química geral do combustível é $H_{\alpha}O_{\beta}S_{\gamma}N_{\delta}$, sendo α a razão atómica hidrogénio/carbono (H/C), β a razão atómica oxigénio/carbono (O/C), γ a razão atómica enxofre/carbono (S/C) e δ a razão atómica azoto/carbono (N/C). Com base nesta fórmula a fração mássica de carbono do combustível w_C pode ser calculada. No caso do combustível para motores diesel, pode usar-se a fórmula simples $CH_{\alpha}O_{\beta}$. Os valores por defeito para a composição do combustível podem ser obtidos no quadro 7.3:

Quadro 7.3

Valores por defeito da razão atómica hidrogénio/carbono, α, da razão atómica oxigénio/carbono, β, da razão atómica enxofre/carbono, γ, da razão atómica azoto/carbono, δ, e da fração mássica de carbono do combustível, w_C, nos combustíveis de referência

Combustível	Razões atómicas hidrogénio, oxigénio, enxofre e azoto/carbono $CH_{\alpha}O_{\beta}S_{\gamma}N_{\delta}$	Concentração mássica de carbono, w_C [g/g]
Diesel (gasóleo não rodoviário)	$CH_{1,80}O_0S_0N_0$	0,869
Etanol para motores de ignição por compressão específicos (ED95)	$CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$	0,538
Gasolina (E10)	$CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$	0,833
Gasolina (E0)	$CH_{1,85}O_0S_0N_0$	0,866
Etanol (E85)	$CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$	0,576
GPL	$CH_{2,64}O_0S_0N_0$	0,819
Gás natural/biometano	$CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$	0,747

3.3.3.1. Cálculo da concentração mássica de carbono w_C

Em alternativa aos valores por defeito do quadro 7.3., ou se os valores por defeito não forem indicados para o combustível de referência utilizado, é possível calcular a concentração mássica de carbono w_C a partir das propriedades do combustível medidas por meio da equação (7-82). Determinam-se os valores de α e β para o combustível, que são introduzidos na equação em todos os casos, mas γ e δ podem ser facultativamente fixados em zero se forem zero na linha correspondente do quadro 7.3:

$$W_C = \frac{1 \cdot M_C}{M_C + \alpha \cdot M_H + \beta M_o + \gamma \cdot M_S + \delta M_N} \quad (7\text{-}82)$$

em que:

M_C = massa molar do carbono.

α = razão atómica hidrogénio/carbono da mistura de combustível(eis) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.

M_H = massa molar do hidrogénio.

β = razão atómica oxigénio/carbono da mistura de combustível(eis) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.

M_O = massa molar do oxigénio.

γ = razão atómica enxofre/carbono da mistura de combustível(eis) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.

M_S = massa molar do enxofre.

δ = razão atómica azoto/carbono da mistura de combustível(eis) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.

M_N = massa molar do azoto.

3.3.4. Correção da contaminação inicial da concentração dos HC totais (THC)

Para a medição dos HC, $x_{THC[THC\text{-}FID]}$ é calculado usando a concentração da contaminação inicial dos THC $x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ do ponto 7.3.1.2 do anexo VI, por meio da equação (7-83):

$$x_{THC[THC\text{-}FID]_{cor}} = x_{THC[THC\text{-}FID]_{uncorr}} - x_{THC[THC\text{-}FID]_{init}} \quad (7\text{-}83)$$

em que:

$x_{THC[THC\text{-}FID]cor}$ = Concentração de THC corrigida da contaminação [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr}$ = Concentração de THC não corrigida [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ = Concentração da contaminação inicial dos THC [mol/mol]

3.3.5. Concentração média ponderada em função do caudal

Em alguns dos presentes pontos, poderá ser necessário calcular uma concentração média ponderada em função do caudal a fim de determinar a aplicabilidade de certas disposições. Uma média ponderada em função do caudal é a média de uma quantidade depois de ser ponderada proporcionalmente ao caudal correspondente. Por exemplo, se uma concentração for medida continuamente a partir dos gases de escape brutos de um motor, a sua concentração média ponderada em função do caudal é a soma dos produtos de cada concentração registada vezes o respetivo caudal molar dos gases de escape, dividida pela soma dos valores de caudal registados. Outro exemplo: a concentração do saco de um sistema CVS é a mesma que a concentração média ponderada em função do caudal porque o próprio sistema CVS pondera a concentração do saco em função do caudal. Deverá ser possível prever uma certa concentração média de uma emissão ponderada em função do caudal na sua norma com base em ensaios anteriores com motores semelhantes ou ensaios com equipamento e instrumentos semelhantes.

3.4. Balanços químicos do combustível, do ar de admissão e dos gases de escape

3.4.1. Generalidades

Os balanços químicos do combustível, do ar de admissão e dos gases de gases de escape podem ser utilizados para calcular caudais, a quantidade de água nos respetivos caudais e a concentração em base húmida dos constituintes nos respetivos caudais. Com um caudal de combustível, de ar de admissão ou de gases de escape, os balanços químicos podem ser utilizados para determinar os caudais dos outros dois. Por exemplo, podem ser usados balanços químicos tanto com o caudal do ar de admissão como com o caudal de combustível para determinar o caudal dos gases de escape brutos.

3.4.2. Procedimentos que exijam balanços químicos

São necessários balanços químicos para determinar o seguinte:

a) A quantidade de água num caudal de gases de escape brutos ou diluídos, x_{H2Oexh}, quando a quantidade de água para corrigir a quantidade de água eliminada por um sistema de recolha de amostras não é medida;

b) A fração média ponderada em função do caudal do ar de diluição nos gases de escape diluídos, $x_{dil/exh,}$ quando o caudal do ar de diluição não é medido para corrigir as emissões de fundo. Importa salientar que, se forem utilizados balanços químicos para este fim, deve considerar-se que os gases de escape são estequiométricos, ainda que não o sejam.

3.4.3. Procedimento do balanço químico

Os cálculos para um balanço químico implicam um sistema de equações que exigem iteração. Os valores iniciais até três quantidades devem ser estimados: a quantidade de água no caudal medido, x_{H2Oexh}, a fração do ar de diluição nos gases de escape diluídos (ou o excesso de ar nos gases de escape brutos), $x_{dil/exh}$, e a quantidade de produtos numa base seca C1 por mole seca de caudal medido, $x_{Ccombdry}$. Podem usar-se os valores médios ponderados em função do tempo da humidade do ar de combustão e da humidade do ar de diluição no balanço químico; desde que a humidade do ar de combustão e do ar de diluição permaneça dentro das tolerâncias de ± 0,0025 mol/mol dos respetivos valores médios durante o intervalo de ensaio. Para cada concentração das emissões, x, e quantidade de água x_{H2Oexh}, determinam-se as suas concentrações completamente secas, x_{dry} e $x_{H2Oexhdry}$. Utiliza-se igualmente a razão atómica hidrogénio/carbono, α, a razão oxigénio/carbono, β, e a fração mássica de carbono do combustível, w_C. Para o combustível de ensaio, podem usar-se α e β ou os valores por defeito indicados no quadro 7.3.

Utilizar os passos seguintes para completar um balanço químico:

a) As concentrações medidas, tais como $x_{CO2meas}$, x_{NOmeas}, e x_{H2Oint}, devem ser convertidas para concentrações em base seca dividindo-as por 1 menos a quantidade de água presente durante as respetivas medições; por exemplo: $x_{H2OxCO2meas}$, $x_{H2OxNOmeas}$, e x_{H2Oint}. Se a quantidade de água presente durante uma medição «húmida» for a mesma que a quantidade desconhecida de água no caudal de gases de escape, x_{H2Oexh}, tem de ser resolvido de forma iterativa para esse valor no sistema de equações. Se apenas se medirem os NO_x totais e não o NO e o NO_2 separadamente, usam-se as boas práticas de engenharia para estimar a separação na concentração de NO_x entre NO e NO_2 para os balanços químicos. Pode presumir-se que a concentração molar de NO_x, x_{NOx}, é 75 % de NO e 25 % de NO_2. No caso dos sistemas de pós-tratamento do armazenamento do NO_2, pode presumir-se que x_{NOx} é 25 % de NO e 75 % de NO_2. Para calcular a massa das emissões de NO_x, usa-se a massa molar de NO_2 para a massa molar efetiva de todas as espécies de NO_x, independentemente da fração efetiva de NO_2 nos NO_x;

b) As equações (7-82) a (7-99) constantes da alínea d) do presente ponto devem ser introduzidas num programa informático para resolver de forma iterativa x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ e $x_{dil/exh}$. Recorre-se às boas práticas de engenharia para estimar os valores iniciais para x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$, e $x_{dil/exh}$. Recomenda-se dar uma quantidade inicial de água cerca de duas vezes superior à quantidade do ar de admissão ou de diluição. Recomenda-se dar um valor inicial de $x_{Ccombdry}$ correspondente à soma dos valores medidos de CO_2, CO e THC. Recomenda-se também dar a x_{dil} um valor inicial entre 0,75 e 0,95, como 0,8. Os valores no sistema de equações devem ser iterados até que as estimativas mais recentes estejam todas dentro do intervalo de ±1 % dos respetivos valores calculados mais recentemente;

c) Usam-se os seguintes símbolos e índices no sistema de equações da alínea d) do presente ponto, em que a unidade de x é mol/mol:

Símbolo	Descrição
$x_{dil/exh}$	Quantidade de gás de diluição ou excesso de ar por mole de gases de escape
x_{H2Oexh}	Quantidade de H_2O nos gases de escape por mole de gases de escape
$x_{Ccombdry}$	Quantidade de carbono do combustível nos gases de escape por mole de gases de escape secos
$x_{H2Oexhdry}$	Quantidade de água nos gases de escape por mole de gases de escape secos

Símbolo	Descrição
$x_{prod/intdry}$	Quantidade de produtos estequiométricos por mole de ar de admissão seco
$x_{dil/exhdry}$	Quantidade de gás de diluição e/ou excesso de ar por mole de gases de escape secos
$x_{int/exhdry}$	Quantidade de ar de admissão necessária para produzir os produtos efetivos da combustão por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos
$x_{raw/exhdry}$	Quantidade de gases de escape não diluídos, sem excesso de ar, por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos
$x_{O2intdry}$	Quantidade de O_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão seco; pode presumir-se que $x_{O2intdry}$ = 0,209445 mol/mol
$x_{CO2intdry}$	Quantidade de CO_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão seco. Pode usar-se $x_{CO2intdry}$ = 375 μmol/mol, mas recomenda-se a medição da concentração efetiva no ar de admissão
$x_{H2Ointdry}$	Quantidade de H_2O no ar de admissão por mole de ar de admissão seco
x_{CO2int}	Quantidade de CO_2 no ar de admissão por mole de ar de admissão
x_{CO2dil}	Quantidade de CO_2 no gás de diluição por mole de gás de diluição
$x_{CO2dildry}$	Quantidade de CO_2 no gás de diluição por mole de gás de diluição seco. Se o diluente for o ar, pode usar-se $x_{CO2dildry}$ = 375 μmol/mol, mas recomenda-se a medição da concentração efetiva no ar de admissão
$x_{H2Odildry}$	Quantidade de H_2O no gás de diluição por mole de gás de diluição seco
x_{H2Odil}	Quantidade de H_2O no gás de diluição por mole de gás de diluição
$x_{[emission]meas}$	Quantidade da emissão medida na amostra no respetivo analisador de gases
$x_{[emission]dry}$	Quantidade da emissão por mole da amostra seca
$x_{H2O[emission]meas}$	Quantidade de água da amostra no local de deteção da emissão. Estes valores devem ser medidos ou estimados em conformidade com o ponto 9.3.2.3.1.
x_{H2Oint}	Quantidade de água no ar de admissão com base numa medição da humidade do ar de admissão
K_{H2Ogas}	Coeficiente de equilíbrio da reação água-gás. 3,5 ou calcula-se um valor diferente, de acordo com as boas práticas de engenharia.
α	Razão atómica hidrogénio/carbono da mistura de combustível(eis) ($CH_\alpha O_\beta$) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.
β	Razão atómica oxigénio/carbono da mistura de combustível(eis) ($CH_\alpha O_\beta$) usada na combustão, ponderada pelo consumo molar.

d) Usam-se as seguintes equações [(7-84) a (7-101)] para resolver de forma iterativa $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} e $x_{Ccombdry}$:

$$x_{dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad (7\text{-}84)$$

$$x_{H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad (7\text{-}85)$$

$$x_{Ccombdry} = x_{CO2dry} + x_{COdry} + x_{THCdry} - x_{CO2dil} \cdot x_{dil/exhdry} - x_{CO2int} \cdot x_{int/exhdry} \quad (7\text{-}86)$$

$$x_{H2dry} = \frac{x_{COdry} \cdot (x_{H2Oexhdry} - x_{H2Odil} \cdot x_{dil/exhdry})}{K_{H2Ogas} \cdot (x_{CO2dry} - x_{CO2dil} \cdot x_{dil/exhdry})} \quad (7\text{-}87)$$

$$x_{H2Oexhdry} = \frac{\alpha}{2}(x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) + x_{H2Odil} \cdot x_{dil/exhdry} + x_{H2Oint} \cdot x_{int/exhdry} - x_{H2dry} \quad (7\text{-}88)$$

$$x_{dil/exhdry} = \frac{x_{dil/exh}}{1 - x_{H2Oexh}} \quad (7\text{-}89)$$

$$x_{int/exhdry} = \frac{1}{2 \cdot x_{O2int}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) - (x_{COdry} - x_{NOdry} - 2x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] \quad (7\text{-}90)$$

$$x_{raw/exhdry} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) (x_{Ccombdry} - x_{THCdry}) + (2x_{THCdry} + x_{COdry} - x_{NO2dry} + x_{H2dry}) \right] + x_{int/exhdry} \quad (7\text{-}91)$$

$$x_{O2int} = \frac{0{,}209820 - x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \quad (7\text{-}92)$$

$$x_{CO2int} = \frac{x_{CO2intdry}}{1 + x_{H2Ointdry}} \quad (7\text{-}93)$$

$$x_{H2Ointdry} = \frac{x_{H2Oint}}{1 - x_{H2Oint}} \quad (7\text{-}94)$$

$$x_{CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \quad (7\text{-}95)$$

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad (7\text{-}96)$$

$$x_{COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \quad (7\text{-}97)$$

$$x_{CO2dry} = \frac{x_{CO2meas}}{1 - x_{H2OCO2meas}} \quad (7\text{-}98)$$

$$x_{NOdry} = \frac{x_{NOmeas}}{1 - x_{H2ONOmeas}} \quad (7\text{-}99)$$

$$x_{NO2dry} = \frac{x_{NO2meas}}{1 - x_{H2ONO2meas}} \quad (7\text{-}100)$$

$$x_{THCdry} = \frac{x_{THCmeas}}{1 - x_{H2OTHCmeas}} \quad (7\text{-}101)$$

No final do balanço químico, calcula-se o caudal molar como especificado nos pontos 3.5.3 e 3.6.3.

3.4.4. Correção da humidade nos NO_x

Todas as concentrações de NO_x, incluindo concentrações de fundo do ar de diluição, devem ser corrigidas da humidade do ar de admissão utilizando a equação (7-102) ou (7-103):

a) Para os motores de ignição por compressão

$$x_{NOxcor} = x_{NOxuncor} \cdot (9{,}953 \cdot x_{H2O} + 0{,}832) \qquad (7\text{-}102)$$

b) Para os motores de ignição comandada

$$x_{NOxcor} = x_{NOxuncor} \cdot (18{,}840 \cdot x_{H2O} + 0{,}68094) \qquad (7\text{-}103)$$

em que:

$x_{NOxuncor}$ = concentração molar não corrigida de NO_x nos gases de escape [µmol/mol]

x_{H2O} = quantidade de água no ar de admissão [mol/mol]

3.5. Emissões gasosas brutas

3.5.1. Massa das emissões gasosas

Para calcular a massa total por ensaio das emissões gasosas m_{gas} [g/ensaio], multiplica-se a sua concentração molar pelo respetivo caudal molar e pela massa molar dos gases de escape; em seguida efetua-se a integração ao longo do ciclo de ensaio [equação (7-104)]:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \qquad (7\text{-}104)$$

em que:

M_{gas} = massa molar da emissão gasosa genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

x_{gas} = concentração genérica molar instantânea dos gases em base húmida [mol/mol]

t = tempo [s]

Uma vez que a equação (7-104) tem de ser resolvida por integração numérica, é transformada na equação (7--105):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \Rightarrow$$
$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \qquad (7\text{-}105)$$

em que:

M_{gas} = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

x_{gasi} = concentração genérica molar instantânea dos gases em base húmida [mol/mol]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

A equação geral pode ser alterada de acordo com o sistema de medição utilizado, a recolha de amostras por lote ou em contínuo, e em função do caudal constante ou variável da recolha de amostras.

a) No caso da recolha de amostras em contínuo, no caso geral de um caudal variável, calcula-se a massa da emissão gasosa m_{gas} [g/ensaio] por meio da equação (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \qquad (7\text{-}106)$$

em que:

M_{gas} = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

x_{gasi} = fração molar instantânea da emissão gasosa em base húmida [mol/mol]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

b) Ainda com a recolha de amostras em contínuo, mas no caso específico de um caudal constante, calcula-se a massa da emissão gasosa m_{gas} [g/ensaio] por meio da equação (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \Delta t \qquad (7\text{-}107)$$

em que:

M_{gas} = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape em base húmida [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fração molar média da emissão gasosa em base húmida [mol/mol]

Δt = duração do intervalo de ensaio

c) No caso da recolha de amostras por lote, independentemente de o caudal ser variável ou constante, a equação (7-104) pode ser simplificada por meio da equação (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \qquad (7\text{-}108)$$

em que:

M_{gas} = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fração molar média da emissão gasosa em base húmida [mol/mol]

f = frequência de recolha de dados [Hz]

N = número de medições [-]

3.5.2. Conversão da concentração base seca/base húmida

Os parâmetros do presente ponto são obtidos a partir dos resultados do balanço químico calculado no ponto 3.4.3. Existe a seguinte relação entre as concentrações molares dos gases no caudal medido x_{gasdry} e x_{gas} [mol/mol] expressas numa base seca e húmida, respetivamente [equações (7-109) e (7-110)]:

$$x_{gasdry} = \frac{x_{gas}}{1 - x_{H2O}} \qquad (7\text{-}109)$$

$$x_{gas} = \frac{x_{gasdry}}{1 + x_{H2Odry}} \qquad (7\text{-}110)$$

em que:

x_{H2O} = fração molar da água no caudal medido em base húmida [mol/mol]

x_{H2Odry} = fração molar da água no caudal medido em base seca [mol/mol]

No caso das emissões gasosas, efetua-se uma correção da água eliminada à concentração genérica x [mol/ /mol], por meio da equação (7-111):

$$x = x_{[emission]meas}\left[\frac{(1 - x_{H2Oexh})}{1 - x_{H2O[emission]meas}}\right] \qquad (7\text{-}111)$$

em que:

$x_{[emission]meas}$ = fração molar da emissão no caudal medido no local de medição [mol/mol]

$x_{H2O[emission]meas}$ = quantidade de água no caudal medido na medição da concentração [mol/mol]

x_{H2Oexh} = quantidade de água no medidor de caudais [mol/mol]

3.5.3. Caudal molar dos gases de escape

O caudal dos gases de escape brutos pode ser medido diretamente ou pode ser calculado com base no balanço químico do ponto 3.4.3. O cálculo do caudal molar dos gases de escape brutos efetua-se a partir do caudal molar do ar de admissão ou do caudal mássico do combustível. O caudal molar dos gases de escape brutos pode ser calculado a partir das emissões recolhidas, $\dot{n}_{exh}$, com base no caudal molar do ar de admissão medido, $\dot{n}_{int}$, ou no caudal mássico do combustível medido, $\dot{m}_{fuel}$, e nos valores calculados utilizando o balanço químico do ponto 3.4.3. Deve resolver-se o balanço químico do ponto 3.4.3 com a mesma frequência que $\dot{n}_{int}$ ou $\dot{m}_{fuel}$ é atualizado e registado.

a) Caudal dos gases do cárter. O caudal dos gases de escape brutos só pode ser calculado com base em $\dot{n}_{int}$ ou $\dot{m}_{fuel}$ se pelo menos uma das afirmações seguintes for verdadeira sobre o caudal das emissões do cárter:

   i) O motor de ensaio dispõe de série de um sistema de controlo das emissões com um cárter fechado que encaminha o caudal de gases do cárter de volta ao ar de admissão, a jusante do medidor do caudal do ar de admissão;

   ii) Durante os ensaios das emissões o caudal de gases do cárter é encaminhado para o escape em conformidade com o ponto 6.10 do anexo VI;

   iii) As emissões e o caudal do cárter são medidos e adicionados aos cálculos das emissões específicas ao freio;

   iv) Utilizando dados das emissões ou uma análise técnica, pode demonstrar-se que negligenciar o caudal das emissões do cárter não afeta negativamente a observância das normas aplicáveis;

b) Cálculo do caudal molar baseado no ar de admissão.

   Com base em $\dot{n}_{int}$, calcula-se o caudal molar dos gases de escape $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] por meio da equação (7-112):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{n}_{int}}{1 + \frac{(x_{int/exhdry} - x_{raw/exhdry})}{(1+x_{H2Oexhdry})}} \qquad (7\text{-}112)$$

   em que:

   $\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape brutos a partir do qual são medidas as emissões [mol/ /s]

   $\dot{n}_{int}$ = caudal molar do ar de admissão, incluindo a humidade do ar de admissão [mol/s]

$x_{int/exhdry}$ = quantidade de ar de admissão necessária para produzir os produtos efetivos da combustão por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos [mol/mol]

$x_{raw/exhdry}$ = quantidade de gases de escape não diluídos, sem excesso de ar, por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos [mol/mol]

$x_{H2Oexhdry}$ = quantidade de água nos gases de escape por mole de gases de escape secos [mol/mol]

c) Cálculo do caudal molar baseado no caudal mássico do combustível

Com base em$\dot{m}_{fuel}$, $\dot{n}_{exh}$, [mol/s] calcula-se do seguinte modo:

Na realização de ensaios laboratoriais, este cálculo só pode ser utilizado para o NRSC em modo discreto e RMC [equação (7-113)]:

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot (1 + x_{H2Oexhdry})}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \qquad (7\text{-}113)$$

em que:

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape brutos a partir do qual são medidas as emissões

$\dot{m}_{fuel}$ = caudal do combustível incluindo a humidade do ar de admissão [g/s]

w_C = fração mássica de carbono de um dado combustível [g/s]

$x_{H2Oexhdry}$ = quantidade de H_2O por mole seca de caudal medido [mol/mol]

M_C = massa molecular do carbono 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = quantidade de carbono do combustível nos gases de escape por mole de gases de escape secos [mol/mol]

d) Cálculo do caudal molar dos gases de escape com base no caudal molar do ar de admissão medido, no caudal molar dos gases de escape diluídos e no balanço químico diluído

O caudal molar dos gases de escape $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] pode ser calculado com base no caudal molar do ar de admissão medido, $\dot{n}_{int}$, no caudal mássico dos gases de escape diluídos medido, $\dot{n}_{dexh}$, e nos valores calculados utilizando o balanço químico do ponto 3.4.3. Note-se que o balanço químico deve basear-se nas concentrações dos gases de escape diluídos. Para os cálculos do caudal contínuo, deve resolver-se o balanço químico do ponto 3.4.3 com a mesma frequência que $\dot{n}_{int}$ e $\dot{n}_{dexh}$ são atualizados e registados. Este $\dot{n}_{dexh}$ calculado pode ser utilizado para a verificação da razão de diluição das partículas, o cálculo do caudal molar do ar de diluição na correção quanto às condições de fundo do ponto 3.6.1 e o cálculo da massa das emissões do ponto 3.5.1 para as espécies medidas nos gases de escape brutos.

Com base no caudal molar do ar de admissão e dos gases de escape diluídos, o caudal molar dos gases de escape, $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] é calculado do seguinte modo:

$$\dot{n}_{exh} = (x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}) \cdot (1 - x_{H2Oexh}) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \qquad (7\text{-}114)$$

em que

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape brutos a partir do qual são medidas as emissões [mol/s];

$x_{int/exhdry}$ = quantidade de ar de admissão necessária para produzir os produtos efetivos da combustão por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos [mol/mol];

$x_{raw/exhdry}$ = quantidade de gases de escape não diluídos, sem excesso de ar, por mole de gases de escape (brutos ou diluídos) secos [mol/mol];

x_{H2Oexh} = quantidade de água por mole de gases de escape [mol/mol];

$\dot{n}_{dexh}$ = caudal molar dos gases de escape diluídos a partir do qual são medidas as emissões [mol/s];

$\dot{n}_{int}$ = caudal molar do ar de admissão, incluindo a humidade do ar de admissão [mol/s].

3.6. Emissões gasosas diluídas

3.6.1. Cálculo da massa da emissão e correção de fundo

O cálculo da massa das emissões gasosas m_{gas} [g/ensaio] como função do caudal molar das emissões é efetuado do seguinte modo:

a) Recolha de amostras em contínuo, caudal variável, calcula-se por meio da equação (7-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \qquad \text{[ver equação (7-106)]}$$

em que:

Mgas = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

x_{gasi} = concentração genérica molar instantânea dos gases em base húmida [mol/mol]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

Recolha de amostras em contínuo, caudal constante, calcula-se por meio da equação (7-107):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \Delta t \qquad \text{[ver equação (7-107)]}$$

em que:

Mgas = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape em base húmida [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fração molar média da emissão gasosa em base húmida [mol/mol]

Δt = duração do intervalo de ensaio

b) Recolha de amostras por lote, independentemente de o caudal ser variável ou constante, calcula-se por meio da equação (7-108):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \qquad \text{[ver equação (7-108)]}$$

em que:

Mgas = massa molar da emissão genérica [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape em base húmida [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = fração molar média da emissão gasosa em base húmida [mol/mol]

f = frequência de recolha de dados [Hz]

N = número de medições [-]

c) No caso dos gases de escape diluídos, os valores calculados para a massa dos poluentes devem ser corrigidos subtraindo a massa das emissões de fundo, devidas ao ar de diluição:

i) Em primeiro lugar, o caudal molar do ar de diluição $\dot{n}_{airdil}$ [mol/s] é determinado durante o intervalo de ensaio. Pode tratar-se de uma quantidade medida ou de uma quantidade calculada a partir do caudal dos gases de escape diluídos e da fração média ponderada em função do caudal do ar de diluição nos gases de escape diluídos, $\overline{x}_{dil/exh}$;

ii) Multiplica-se o caudal total do ar de diluição n_{airdil} [mol] pela concentração média da emissão de fundo. Pode tratar-se de uma média ponderada em função do tempo ou média ponderada em função do caudal (p. ex., amostras de emissões de fundo recolhidas proporcionalmente). O produto de n_{airdil} pela concentração média de uma emissão residual é a quantidade total de uma emissão de fundo;

iii) Se o resultado for uma quantidade molar, deve ser convertida numa massa de emissão residual m_{bkgnd} [g] multiplicando-o pela massa molar da emissão, M_{gas} [g/mol];

iv) A massa de fundo deve ser subtraída da massa total para efetuar a correção das emissões de fundo;

v) O caudal total do ar de diluição pode ser determinado por uma medição direta do caudal. Neste caso, a massa total das emissões de fundo deve ser calculada usando o caudal do ar de diluição, n_{airdil}. Subtrai-se a massa de fundo à massa total. Usa-se o resultado nos cálculos das emissões específicas ao freio;

vi) O caudal total do ar de diluição pode ser determinado a partir do caudal total dos gases de escape diluídos e de um balanço químico do combustível, do ar de admissão e dos gases de escape conforme descrito no ponto 3.4. Neste caso, a massa total das emissões de fundo deve ser calculada usando o caudal total dos gases de escape diluídos, n_{dexh}. Em seguida, multiplica-se este resultado pela fração média ponderada em função do caudal do ar de diluição nos gases de escape diluídos, $\overline{x}_{dil/exh}$.

Considerando os dois casos v) e vi), usam-se as equações (7-115) e (7-116):

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \text{ ou}$$
$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \overline{x}_{dil/exh} \cdot \overline{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh} \quad (7\text{-}115)$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad (7\text{-}116)$$

em que:

m_{gas} = massa total da emissão gasosa [g]

m_{bkgnd} = massas totais de fundo [g]

m_{gascor} = massa do gás corrigida das emissões de fundo [g]

M_{gas} = massa molecular da emissão gasosa genérica [g/mol]

x_{gasdil} = concentração da emissão gasosa no ar de diluição [mol/mol]

n_{airdil} = caudal molar do ar de diluição [mol]

$\overline{x}_{dil/exh}$ = fração média ponderada em função do caudal do ar de diluição nos gases de escape diluídos [mol/mol]

$\overline{x}_{bkgnd}$ = fração de gás do fundo [mol/mol]

n_{dexh} = caudal total dos gases de escape diluídos [mol]

3.6.2. Conversão da concentração base seca/base húmida

Usam-se as mesmas relações dos gases brutos (ponto 3.5.2) para a conversão base seca/base húmida das amostras diluídas. Para o ar de diluição efetua-se uma medição da humidade com o objetivo de calcular a sua fração de vapor de água $x_{H2Odildry}$ [mol/mol] por meio da equação (7-96):

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{[(ver equação (7-96)]}$$

em que:

x_{H2Odil} = fração molar da água no caudal do ar de diluição [mol/mol]

3.6.3. Caudal molar dos gases de escape

a) Cálculo através do balanço químico;

Calcula-se o caudal molar $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] com base no caudal mássico do combustível $\dot{m}_{fuel}$ or meio da equação (7-113):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot (1 + x_{H2Oexhdry})}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \qquad \text{(ver equação 7-113)}$$

em que:

$\dot{n}_{exh}$ = caudal molar dos gases de escape brutos a partir do qual são medidas as emissões

$\dot{m}_{fuel}$ = caudal do combustível incluindo a humidade do ar de admissão [g/s]

w_C = fração mássica de carbono de um dado combustível [g/s]

$x_{H2Oexhdry}$ = quantidade de H_2O por mole seca de caudal medido [mol/mol]

M_C = massa molecular do carbono 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = quantidade de carbono do combustível nos gases de escape por mole de gases de escape secos [mol/mol]

b) Medição

O caudal molar dos gases de escape pode ser medido por meio de três sistemas:

i) Caudal molar da PDP. Com base na velocidade a que a bomba volumétrica (PDP) funciona durante um intervalo de ensaio, usa-se o declive a_1 e a ordenada na origem, a_0 [-], correspondentes, tal como calculados com o procedimento de calibração estabelecido no apêndice 1, para calcular o caudal molar constante $\dot{n}$ [mol/s] por meio da equação (7-117):

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \qquad (7\text{-}117)$$

com:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0} \qquad (7\text{-}118)$$

em que:

a_1 = coeficiente de calibração [m³/s]

a_0 = coeficiente de calibração [m³/rot]

p_{in}, p_{out} = pressão à entrada/saída [Pa]

R = constante molar dos gases [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura à entrada [K]

V_{rev} = volume bombeado pela PDP [m³/rot]

$f_{n.,PDP}$ = velocidade da PDP [rot/s]

ii) Caudal molar do SSV. Com base na equação C_d em função de R_e# determinada em conformidade com o apêndice 1, o caudal molar do venturi subsónico (SSV) durante um ensaio de emissões $\dot{n}$ [mol/s] calcula-se por meio da equação (7-119):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \qquad (7\text{-}119)$$

em que:

p_{in} = pressão à entrada [Pa]

A_t = secção transversal da garganta do venturi [m²]

R = constante molar dos gases [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura à entrada [K]

Z = fator de compressibilidade

M_{mix} = massa molar dos gases de escape diluídos [g/mol]

C_d = coeficiente de descarga do SSV [-]

C_f = coeficiente do caudal do SSV [-]

iii) Caudal molar do CFV. Para calcular o caudal molar através de um venturi ou de uma combinação de venturis, usam-se a respetiva média C_d e outras constantes, determinadas em conformidade com o apêndice 1. O cálculo do seu caudal molar $\dot{n}$ [mol (s)] durante um ensaio de emissões é efetuado por meio da equação (7-120):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \qquad (7\text{-}120)$$

em que:

p_{in} = pressão à entrada [Pa]

A_t = secção transversal da garganta do venturi [m²]

R = constante molar dos gases [J/(mol K)]

T_{in} = temperatura à entrada [K]

Z = fator de compressibilidade

M_{mix} = massa molar dos gases de escape diluídos [kg/mol]

C_d = coeficiente de descarga do CFV [-]

C_f = coeficiente do caudal do CFV [-]

3.7. Determinação das partículas

3.7.1. Recolha de amostras

a) Recolha de amostras a partir de um caudal variável:

Se for recolhido um lote de amostras a partir de um caudal de gases de escape variável, extrai-se uma amostra proporcional ao caudal de gases de escape variável. O caudal deve ser integrado durante um intervalo de ensaio para determinar o caudal total. Multiplica-se a concentração média de partículas $\overline{M}_{PM}$ (que já está em unidades de massa por mole de amostra) pelo caudal total para obter a massa total de partículas m_{PM} [g] por meio da equação (7-121):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \qquad (7\text{-}121)$$

em que:

$\dot{n}_i$ = caudal molar instantâneo dos gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentração média de partículas [g/mol]

Δt_i = intervalo de amostragem [s]

b) Recolha de amostras a partir de um caudal constante

Se se recolher um lote de amostras a partir de um caudal de gases de escape constante, determina-se o caudal molar médio a partir do qual se extrai a amostra. Multiplica-se a concentração média de partículas pelo caudal total para obter a massa total de partículas m_{PM}[g] por meio da equação (7-122):

$$m_{PM} = \overline{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \qquad (7\text{-}122)$$

em que:

$\dot{n}$ = caudal molar dos gases de escape [mol/s]

$\overline{M}_{PM}$ = concentração média de partículas [g/mol]

Δt = duração do intervalo de ensaio [s]

No caso da recolha de amostras com uma razão de diluição (*DR*) constante, calcula-se m_{PM} [g] por meio da equação (7-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \qquad (7\text{-}123)$$

em que:

m_{PMdil} = massa das partículas no ar de diluição [g]

DR = razão de diluição [-] definida como a razão entre a massa da emissão *m* e a massa dos gases de escape diluídos $m_{dil/exh}$ ($DR = m/m_{dil/exh}$).

A razão de diluição *DR* pode ser expressa em função de $x_{dil/exh}$ [equação (7-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/exh}} \qquad (7\text{-}124)$$

3.7.2. Correção quanto às condições de fundo

Aplica-se a mesma abordagem do ponto 3.6.1 para corrigir a massa de partículas quanto às condições de fundo. Multiplicando $\overline{M}_{PMbkgnd}$ pelo caudal total do ar de diluição, obtém-se a massa total de fundo ($m_{PMbkgnd}$ [g]). A subtração da massa total de fundo da massa total dá a massa de partículas corrigida das condições de fundo m_{PMcor} [g] [equação (7-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \overline{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \qquad (7\text{-}125)$$

em que:

$m_{PMuncor}$ = massa de partículas não corrigida [g]

$\overline{M}_{PMbkgnd}$ = concentração média de partículas no ar de diluição [g/mol]

n_{airdil} = caudal molar do ar de diluição [mol]

3.8. Trabalho do ciclo e emissões específicas

3.8.1. Emissões gasosas

3.8.1.1. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Remete-se para os pontos 3.5.1 e 3.6.1, para os gases de escape brutos e diluídos, respetivamente. Os valores resultantes para a potência P_i [kW] são integrados durante um intervalo de ensaio. O trabalho total W_{act} [kWh] calcula-se por meio da equação (7-126):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3\,600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^{N} (n_i \cdot T_i) \qquad (7\text{-}126)$$

em que:

P_i = potência instantânea do motor [kW]

n_i = velocidade instantânea do motor [rpm]

T_i = binário instantâneo do motor [N·m]

W_{act} = trabalho efetivo do ciclo [kWh]

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

Sempre que tenham sido instalados dispositivos auxiliares em conformidade com o apêndice 2 do anexo VI, não se efetua a regulação do binário instantâneo do motor prevista na equação (7-126). Se, de acordo com os pontos 6.3.2 ou 6.3.3 do anexo VI do presente regulamento, não forem instalados os dispositivos auxiliares necessários que deveriam ter sido montados para o ensaio, ou forem instalados dispositivos auxiliares que deveriam ter sido removidos, o valor de T_i utilizado na equação (7-126) deve ser ajustado do por meio da equação (7-127):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \qquad (7\text{-}127)$$

em que:

$T_{i,meas}$ = valor medido do binário instantâneo do motor

$T_{i,AUX}$ = valor do binário correspondente necessário ao acionamento de dispositivos auxiliares determinado em conformidade com o ponto 7.7.2.3.2 do anexo VI do presente regulamento.

As emissões específicas e_{gas} [g/kWh] calculam-se das maneiras que seguem, em função do tipo de ciclo de ensaio.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \qquad (7\text{-}128)$$

em que:

m_{gas} = massa total da emissão [g/ensaio]

W_{act} = trabalho do ciclo [kWh]

No caso do NRTC, para as emissões gasosas que não o CO_2, o resultado final do ensaio e_{gas} [g/kWh] deve ser uma média ponderada do ensaio com arranque a frio e do ensaio com arranque a quente, calculada por meio da equação (7-129):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{actcold}) + (0{,}9 \cdot W_{acthot})} \qquad (7\text{-}129)$$

em que:

m_{cold} são as emissões mássicas de gases do ciclo NRTC com arranque a frio [g]

$W_{act,\ cold}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a frio [kWh]

m_{hot} são as emissões mássicas de gases do ciclo NRTC com arranque a quente [g]

$W_{act,\ hot}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a quente [kWh]

No caso do ciclo NRTC, para o CO_2 o resultado final do ensaio e_{CO2} [g/kWh] deve ser calculado a partir do ensaio com arranque a quente por meio da equação (7-130):

$$e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}} \qquad (7\text{-}130)$$

em que:

$m_{CO2,\ hot}$ são as emissões mássicas de CO_2 do ensaio NRTC com arranque a quente [g]

$W_{act,\ hot}$ é o trabalho efetivo do ciclo NRTC com arranque a quente [kWh]

3.8.1.2. NRSC em modo discreto

As emissões específicas e_{gas} [g/kWh] calculam-se por meio da equação (7-131):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{gasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}131)$$

em que:

$\dot{m}_{gas,i}$ = caudal mássico médio das emissões para o modo *i* [g/h]

P_i = potência do motor para o modo *i* [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

3.8.2. Emissões de partículas

3.8.2.1. Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

As emissões específicas de partículas calculam-se através da transformação da equação (7-128) na equação (7--132) em que e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/ensaio] são substituídos por e_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/ensaio], respetivamente:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \qquad (7\text{-}132)$$

em que:

m_{PM} = massa total da emissão de partículas, calculada em conformidade com o ponto 3.7.1 [g/ensaio]

W_{act} = trabalho do ciclo [kWh]

As emissões do ciclo compósito em condições transitórias (isto é, com fase a frio e fase a quente) calculam-se como indicado no ponto 3.8.1.1.

3.8.2.2. NRSC em modo discreto

A emissão específica de partículas e_{PM} [g/kWh] calcula-se do seguinte modo:

3.8.2.2.1. Para o método do filtro único por meio da equação (7-133):

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N}(P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}133)$$

em que:

P_i = potência do motor para o modo *i* [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

$\dot{m}_{PM}$ = caudal mássico de partículas [g/h]

3.8.2.2.2. Para o método dos filtros múltiplos por meio da equação (7-134):

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N}(P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}134)$$

em que:

P_i = potência do motor para o modo i [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i = fator de ponderação para o modo *i* [-]

$\dot{m}_{PMi}$ = caudal mássico de partículas no modo *i* [g/h]

Para o método do filtro único, calcula-se o fator de ponderação efetivo WF_{ei} para cada modo por meio da equação (7-135):

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \qquad (7\text{-}135)$$

em que:

$m_{smpldexhi}$ = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelos filtros de recolha de amostras de partículas no modo *i* [kg]

$m_{smpldexh}$ = massa da amostra de gases de escape diluídos que passou pelos filtros de recolha de amostras de partículas [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ = caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos no modo *i* [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ = caudal mássico médio equivalente dos gases de escape diluídos [kg/s]

O valor dos fatores de ponderação efetivos deve estar a 0,005 (valor absoluto) dos fatores de ponderação indicados no apêndice 1 do anexo XVII.

3.8.3. Correção em função dos controlos das emissões de regeneração infrequente (periódica)

No caso dos motores, que não os da categoria RLL, equipados com sistemas de pós-tratamento dos gases de escape de regeneração infrequente (periódica) (ver ponto 6.6.2 do anexo VI), as emissões específicas de gases e de partículas poluentes calculadas de acordo com o ponto 3.8.1 e 3.8.2 devem ser corrigidas com o fator de correção multiplicativo aplicável ou com o fator de correção aditivo aplicável. Caso a regeneração infrequente não tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator ascendente ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Caso a regeneração infrequente tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator descendente ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). No caso do NRSC em modo discreto, no qual tenham sido determinados os fatores de correção para cada modo, estes devem ser aplicados a cada modo durante o cálculo do resultado ponderado das emissões.

3.8.4. Correção em função do fator de deterioração

As emissões específicas de gases e de partículas poluentes calculadas de acordo com os pontos 3.8.1 e 3.8.2, se aplicáveis, incluindo o fator de correção da regeneração infrequente em conformidade com o ponto 3.8.3, também devem ser corrigidas pelo fator de deterioração multiplicativo ou aditivo aplicável determinado segundo os requisitos do anexo III.

3.9. Calibração do caudal dos gases de escape diluídos (CVS) e cálculos conexos

O presente ponto descreve os cálculos para a calibração de vários medidores de caudais. O ponto 3.9.1 descreve, em primeiro lugar, como converter os resultados do medidor de caudais de referência para utilização nas equações de calibração, que são apresentadas em base molar. Os restantes pontos descrevem os cálculos de calibração que são específicos a determinados tipos de medidores de caudais.

3.9.1. Conversões do medidor de referência

As equações de calibração do presente ponto usam caudais molares, $\dot{n}_{ref}$, como uma quantidade de referência. Se o medidor de referência indicar um caudal numa quantidade diferente, como o caudal volúmico normalizado, $\dot{V}_{stdref}$, o caudal volúmico efetivo, $\dot{V}_{actdref}$, ou caudal mássico, $\dot{m}_{ref}$, o resultado do medidor de referência deve ser convertido num caudal molar por meio das equações (7-136), (7-137) e (7-138), salientando-se que, embora os valores para o caudal volúmico, caudal mássico, pressão, temperatura, e massa molar possam variar durante um ensaio de emissões, devem ser mantidos tão constantes quanto praticável para cada ponto de regulação durante a calibração de um medidor de caudais:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \qquad (7\text{-}136)$$

em que:

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referência [mol/s]

$\dot{V}_{stdref}$ = caudal volúmico de referência, corrigido para uma pressão e uma temperatura normalizadas [m³/s]

$\dot{V}_{actref}$ = caudal volúmico de referência, corrigido para a pressão e a temperatura efetivas [m³/s]

$\dot{m}_{ref}$ = caudal mássico de referência [g/s]

p_{std} = pressão normalizada [Pa]

p_{act} = pressão efetiva do gás [Pa]

T_{std} = temperatura normalizada [K]

T_{act} = temperatura efetiva do gás [K]

R = Constante molar do gás [J/(mol · K)]

M_{mix} = massa molar do gás [g/mol]

3.9.2. Cálculos para a calibração da PDP

Para cada posição de uma válvula, calculam-se os seguintes valores a partir dos valores médios determinados no ponto 8.1.8.4,do anexo VI, do seguinte modo:

a) volume da PDP bombeado por rotação, V_{rev} (m^3/rot):

$$V_{rev} = \frac{\overline{\dot{n}_{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{in}}{\overline{p}_{in} \cdot \overline{f}_{nPDP}} \qquad (7\text{-}137)$$

em que:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = valor médio do caudal molar de referência [mol/s]

R = constante molar do gás

$\overline{T}_{in}$ = temperatura média à entrada [K]

$\overline{P}_{in}$ = pressão média à entrada [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocidade de rotação média [rot/s]

b) Fator de correção do escorregamento da PDP, K_s [s/rot]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}}} \qquad (7\text{-}138)$$

em que:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = caudal molar médio de referência [mol/s]

$\overline{T}_{in}$ = temperatura média à entrada [K]

$\overline{P}_{in}$ = pressão média à entrada [Pa]

$\overline{P}_{out}$ = pressão média à saída [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = velocidade de rotação média da PDP [rot/s]

R = constante molar do gás [J/(mol · K)]

c) Deve efetuar-se uma regressão dos mínimos quadrados do volume da PDP bombeado por rotação, V_{rev}, em função do fator de correção do escorregamento da PDP, K_s, calculando o declive, a_1, e a ordenada na origem, a_0, como descrito no apêndice 4;

d) Repetem-se os passos das alíneas a) a c) do presente ponto para cada velocidade a que se faça funcionar a PDP;

e) O quadro 7.4 ilustra estes cálculos para diferentes valores de $\overline{f}_{nPDP}$:

Quadro 7.4

Exemplo de dados de calibração da PDP

$\overline{f}_{nPDP}$ [rot/min]	$\overline{f}_{nPDP}$ [rot/s]	a_1 [m^3/min]	a_1 [m^3/s]	a_0 [m^3/rot]
755,0	12,58	50,43	0,8405	0,056
987,6	16,46	49,86	0,831	– 0,013

$\overline{f}_{nPDP}$ [rot/min]	$\overline{f}_{nPDP}$ [rot/s]	a_1 [m³/min]	a_1 [m³/s]	a_0 [m³/rot]
1 254,5	20,9	48,54	0,809	0,028
1 401,3	23,355	47,30	0,7883	– 0,061

f) Para cada velocidade a que a PDP funciona, usam-se o declive, a_1, e a ordenada na origem, a_0, para calcular o caudal durante o ensaio de emissões tal como descrito no ponto 3.6.3, alínea b).

3.9.3. Equações fundamentais e pressupostos admissíveis para os venturi

O presente ponto descreve as equações fundamentais e os pressupostos admissíveis para calibrar um venturi e calcular o caudal utilizando um venturi. Dado que um venturi subsónico (SSV) e um venturi de escoamento crítico (CFV) funcionam ambos de forma semelhante, as respetivas equações fundamentais são quase as mesmas, exceto a equação que descreve a razão de pressão, r (i.e., r_{SSV} em função de r_{CFV}). Estas equações fundamentais pressupõem um caudal unidimensional isentrópico invíscido compressível de um gás perfeito. No ponto 3.9.3, alínea d), encontram-se descritos outros pressupostos possíveis. Se o pressuposto de um gás perfeito para o caudal medido não for permitido, as equações fundamentais incluem uma correção de primeira ordem para o comportamento de um gás real: a saber, o fator de compressibilidade, Z. Se as boas práticas de engenharia ditarem o uso de um valor diferente de $Z = 1$, pode usar-se uma equação de estado adequada para determinar os valores de Z enquanto função das pressões e temperaturas medidas ou podem desenvolver-se equações de calibração específicas com base nas boas práticas de engenharia. É de assinalar que a equação para o coeficiente do caudal, C_f, se baseia no pressuposto do gás perfeito em que o expoente isentrópico, γ, é igual à razão dos calores específicos, c_p/c_V. Se as boas práticas de engenharia ditarem o uso de um expoente isentrópico de um gás real, pode usar-se uma equação de estado adequada para determinar os valores de γ enquanto função das pressões e temperaturas medidas ou podem desenvolver-se equações de calibração específicas. O caudal molar, $\dot{n}$ [mol/s], calcula-se por meio da equação (7-139):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \qquad (7\text{-}139)$$

em que:

C_d = coeficiente de descarga, conforme determinado no ponto 3.9.3, alínea a) [-]

C_f = coeficiente do caudal, conforme determinado no ponto 3.9.3, alínea b) [-]

A_t = secção transversal da garganta do venturi [m²]

p_{in} = pressão estática absoluta à entrada do venturi [Pa]

Z = Fator de compressibilidade [-]

M_{mix} = massa molar da mistura de gases [kg/mol]

R = Constante molar do gás

T_{in} = temperatura absoluta à entrada do venturi [K]

a) Com os dados recolhidos no ponto 8.1.8.4 do anexo VI, calcula-se C_d por meio da equação (7-140):

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{in}} \qquad (7\text{-}140)$$

em que:

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referência [mol/s]

Outros símbolos, de acordo com a equação (7-139).

b) Determina-se C_f com um dos seguintes métodos:

i) Apenas nos casos dos medidores de caudais CFV, C_{fCFV} é obtido a partir do quadro 7.5 com base nos valores de β (razão garganta do venturi/diâmetros de entrada) e γ (razão dos calores específicos da mistura de gases), utilizando uma interpolação linear para encontrar os valores intermédios:

Quadro 7.5

C_{fCFV} em função de β and γ para os medidores de caudais CFV

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} = 1,385	$\gamma_{dexh} = \gamma_{air}$ = 1,399
0,000	0,6822	0,6846
0,400	0,6857	0,6881
0,500	0,6910	0,6934
0,550	0,6953	0,6977
0,600	0,7011	0,7036
0,625	0,7047	0,7072
0,650	0,7089	0,7114
0,675	0,7137	0,7163
0,700	0,7193	0,7219
0,720	0,7245	0,7271
0,740	0,7303	0,7329
0,760	0,7368	0,7395
0,770	0,7404	0,7431
0,780	0,7442	0,7470
0,790	0,7483	0,7511
0,800	0,7527	0,7555
0,810	0,7573	0,7602
0,820	0,7624	0,7652
0,830	0,7677	0,7707
0,840	0,7735	0,7765
0,850	0,7798	0,7828

ii) No caso de um medidor de caudais CFV ou SSV, pode ser utilizada a equação (7-141) para calcular C_f:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot (r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1)}{(\gamma - 1) \cdot (\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}})}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (7\text{-}141)$$

em que:

γ = expoente isentrópico [-]. No caso de um gás perfeito, é a razão dos calores específicos da mistura de gases, c_p/c_V

r = razão de pressão, conforme determinado na alínea c) (3) do presente ponto

β = razão entre a garganta do venturi e os diâmetros de entrada

c) A razão de pressão r calcula-se do seguinte modo:

i) Apenas nos casos dos sistemas SSV, r_{SSV} é calculado por meio da equação (7-142):

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{p_{in}} \quad (7\text{-}142)$$

em que:

Δp_{ssv} = pressão diferencial estática; entrada do venturi menos garganta do venturi [Pa]

ii) Apenas nos casos dos sistemas CFV, r_{CFV} é calculado iterativamente por meio da equação (7-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma - 1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (7\text{-}143)$$

d) Pode-se usar qualquer um dos pressupostos de simplificação das equações fundamentais ou as boas práticas de engenharia para desenvolver valores mais adequados para os ensaios:

i) Para o ensaio de emissões ao longo de todas a gamas de gases de escape brutos, dos gases de escape diluídos e do ar de diluição, pode presumir-se que a mistura de gases se comporta como um gás perfeito: Z = 1;

ii) Para toda a gama de gases de escape brutos, pode presumir-se uma razão constante dos calores específicos de γ = 1,385;

iii) Para a gama completa de gases de escape diluídos e do ar (p. ex., ar de calibração ou ar de diluição), pode presumir-se uma razão constante dos calores específicos de γ = 1,399;

iv) Para a gama completa do ar e dos gases de escape diluídos, a massa molar da mistura, M_{mix} [g/mol], poderá ser considerada uma função apenas da quantidade de água no ar de diluição ou ar de calibração, x_{H2O}, determinada conforme descrito no ponto 3.3.2 e calcula-se por meio da equação (7--144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H2O}) + M_{H2O} \cdot (x_{H2O}) \quad (7\text{-}144)$$

em que:

M_{air} = 28,96559 g/mol

M_{H2O} = 18,01528 g/mol

x_{H2O} = quantidade de água no ar de diluição ou de calibração [mol/mol]

v) Para a gama completa do ar e dos gases de escape diluídos, pode presumir-se uma massa molar constante da mistura, M_{mix}, para todas as calibrações e todos os ensaios desde que a massa molar presumida não difira em mais de ± 1 % da massa molar estimada mínima e máxima durante a calibração e os ensaios. Pode aplicar-se este pressuposto se se garantir um controlo suficiente da quantidade de água no ar de calibração e no ar de diluição, ou se for eliminada água em quantidade suficiente tanto do ar de calibração como do ar de diluição. O quadro 7.6 dá exemplos de gamas admissíveis do ponto de orvalho do ar de diluição em função do ponto de orvalho do ar de calibração:

Quadro 7.6

Exemplos de pontos de orvalho do ar de diluição e do ar calibração em que se pode presumir uma M_{mix} constante

Se a calibração T_{dew} (°C) for …	presume-se a seguinte M_{mix} constante (g/mol)	para as seguintes gamas de T_{dew} (C) durante os testes de emissões [a]
seca	28,96559	seca a 18
0	28,89263	seca a 21
5	28,86148	seca a 22
10	28,81911	seca a 24
15	28,76224	seca a 26
20	28,68685	− 8 a 28
25	28,58806	12 a 31
30	28,46005	23 a 34

[a] Gama válida para todas calibrações e ensaios de emissões ao longo da gama da pressão atmosférica (80,000 a 103,325) kPa.

3.9.4. Calibração do SSV

a) Abordagem molar. Para calibrar um medidor de caudais SSV, efetuam-se as operações seguintes:

i) Calcula-se o número de Reynolds, $Re^{\#}$, para cada caudal molar de referência utilizando o diâmetro da garganta do venturi, d_t [equação (7-145)]. Dado que a viscosidade dinâmica, μ, é necessária para calcular $Re^{\#}$, pode usar-se um modelo de viscosidade específico para determinar μ para o gás de calibração (habitualmente, o ar), de acordo com as boas práticas de engenharia [equação (7-146)]. Em alternativa, pode usar-se o modelo de viscosidade de Sutherland com três coeficientes para calcular μ por aproximação (ver quadro 7.7):

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{mix} \cdot \dot{n}_{ref}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \qquad (7\text{-}145)$$

em que:

d_t = diâmetro da garganta do SSV [m]

M_{mix} = massa molar da mistura [kg/mol]

$\dot{n}_{ref}$ = caudal molar de referência [mol/s]

e, usando o modelo de viscosidade de Sutherland com três coeficientes:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{in}}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{in} + S}\right) \quad (7\text{-}146)$$

em que:

μ = viscosidade dinâmica do gás de calibração [kg/(m•s)]

μ_0 = viscosidade de referência de Sutherland [kg/(m·s)]

S = constante de Sutherland [K]

T_0 = temperatura de referência de Sutherland [K]

T_{in} = temperatura absoluta à entrada do venturi [K]

Quadro 7.7

Parâmetros do modelo de viscosidade de Sutherland com três coeficientes

Gás (a)	μ_0	T_0	S	Gama de temp com ± 2 % de erro	Limite de pressão
	kg /(m · s)	K	K	K	kPa
Ar	$1{,}716 \times 10^{-5}$	273	111	170 a 1 900	≤ 1 800
CO_2	$1{,}370 \times 10^{-5}$	273	222	190 a 1 700	≤ 3 600
H_2O	$1{,}12 \times 10^{-5}$	350	1,064	360 a 1 500	≤ 10 000
O_2	$1{,}919 \times 10^{-5}$	273	139	190 a 2 000	≤ 2 500
N_2	$1{,}663 \times 10^{-5}$	273	107	100 a 1 500	≤ 1 600

(a) Devem usar-se parâmetros em forma tabular apenas para os gases puros, tal como enumerado. Não se combinam parâmetros para calcular as viscosidades das misturas de gases.

ii) Cria-se uma equação para C_d em função de $Re^{\#}$, utilizando valores emparelhados de ($Re^{\#}$, C_d). Calcula-se C_d por meio da equação (7-140), obtendo-se C_f pela equação (7-141), podendo usar-se qualquer outra expressão matemática, incluindo uma função polinomial ou uma série de potências. A equação (7-147) é um exemplo de uma expressão matemática utilizada frequentemente para estabelecer uma relação entre C_d e $Re^{\#}$;

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \quad (7\text{-}147)$$

iii) Efetua-se uma análise com uma regressão dos mínimos quadrados para determinar os melhores coeficientes para a equação e calcular a estatística da regressão da equação, o erro-padrão da estimativa *SEE* e o coeficiente de determinação r^2, em conformidade com o apêndice 3;

iv) Se a equação preencher os critérios de *SEE* < 0,5 % $n_{ref\ max}$ (ou $\dot{m}_{refmax}$) e $r^2 \geq 0{,}995$, a equação pode ser utilizada para determinar C_d para os ensaios de emissões, conforme descrito no ponto 3.6.3, alínea b);

v) Se os critérios de *SEE* e r^2 não estiverem preenchidos, podem usar-se as boas práticas de engenharia para omitir pontos de dados de calibração a fim de satisfazer as estatísticas de regressão. É necessário usar pelo menos sete pontos de dados de calibração para satisfazer os critérios;

vi) Se a omissão de pontos não resolver os valores aberrantes, devem tomar-se medidas corretivas. Por exemplo, selecionar outra expressão matemática para a equação C_d em função de $Re^{\#}$, verificar eventuais fugas ou repetir o processo de calibração. Se o processo for repetido, aplicam-se tolerâncias mais rigorosas às medições e é permitido dar mais tempo aos caudais para estabilizarem;

vii) Quando a equação satisfizer os critérios de regressão, a equação só pode ser utilizada para determinar os caudais dentro da gama de caudais de referência usada para satisfazer os critérios da equação de regressão de C_d em função de $Re^{\#}$.

3.9.5. Calibração do CFV

a) Alguns medidores de caudais CFV consistem num venturi único e outros são compostos por vários venturis, em que se usam diferentes combinações de venturis para medir diferentes caudais. No caso dos medidores de caudais CFV compostos por vários venturis, pode-se calibrar cada venturi separadamente para determinar um coeficiente de descarga, C_d, para cada venturi, ou calibrar cada combinação de venturis como um só. No caso se calibrar uma combinação de venturis, a soma da superfície da garganta dos venturis ativos é usada como A_t, a raiz quadrada da soma dos quadrados dos diâmetros da garganta dos venturis ativos como d_t e a razão entre os diâmetros da garganta e da entrada dos venturis como a razão entre a raiz quadrada da soma dos diâmetros das gargantas dos venturis ativos (d_t) e o diâmetro da entrada comum a todos os venturis (D). Para determinar o C_d de um venturi único ou de uma única combinação de venturis, é necessário realizar as seguintes etapas:

i) Com os dados recolhidos em cada ponto de regulação da calibração, calcula-se um C_d para cada ponto através da equação (7-140);

ii) Calcula-se a média e o desvio-padrão de todos os valores de C_d em conformidade com as equações (7--155) e (7-156);

iii) Se o desvio-padrão de todos os valores do C_d for inferior ou igual a 0,3 % do C_d médio, então usa-se o C_d médio na equação (7-120), e o CFV só deve ser utilizado até ao r mais baixo medido durante a calibração;

$$r = 1 - (\Delta p / p_{in}) \qquad (7\text{-}148)$$

iv) Se o desvio-padrão de todos os valores do C_d exceder 0,3 % do C_d médio, omitem-se os valores de C_d correspondentes ao ponto de dados colhido no r mais baixo medido durante a calibração;

v) Se o número de pontos de medição restantes for inferior a sete, devem tomar-se medidas corretivas, verificando os dados de calibração ou repetindo o processo de calibração. Se o processo de calibração for repetido, recomenda-se a verificação de fugas, a aplicação de tolerâncias mais rigorosas às medições e dar mais tempo aos caudais para estabilizarem;

vi) Se o número de valores restantes do C_d for sete ou superior, volta a calcular-se a média e o desvio--padrão dos restantes valores do C_d;

vii) Se o desvio-padrão dos valores restantes do C_d for inferior ou igual a 0,3 % da média dos restantes C_d, usa-se esse C_d médio na equação (7-120), e os valores CFV apenas até ao r mais baixo associado aos restantes C_d;

viii) Se o desvio-padrão dos restantes C_d ainda exceder 0,3 % da média dos restantes C_d, repetem-se os passos estabelecidos na alínea e), subalíneas iv) a viii), do presente ponto.

Apêndice 1

Correção da deriva

1. **Âmbito e frequência**

Os cálculos do presente apêndice efetuam-se para determinar se a deriva do analisador de gases invalida os resultados de um intervalo de ensaio. Se a deriva não invalidar os resultados de um intervalo de ensaio, corrige-se a deriva das respostas do analisador de gases no intervalo de ensaio em conformidade com o presente apêndice. As respostas do analisador de gases corrigidas da deriva utilizam-se em todos os cálculos de emissões posteriores. O limiar aceitável para a deriva de um analisador de gases durante um intervalo de ensaio encontra-se especificado no ponto 8.2.2.2 do anexo VI.

2. **Princípios de correção**

Os cálculos do presente apêndice utilizam as respostas de um analisador de gases às concentrações de referência de gases de análise de colocação a zero e de regulação da sensibilidade, conforme determinadas algum tempo antes e após um intervalo de ensaio. Os cálculos corrigem as respostas do analisador de gases que foram registadas durante um intervalo de ensaio. A correção baseia-se na média das respostas aos gases de referência de colocação a zero e de regulação da sensibilidade e baseia-se nas concentrações de referência dos próprios gases de colocação a zero e de regulação da sensibilidade. A validação e a correção dos efeitos da deriva devem ser efetuadas como se segue:

3. **Validação da deriva**

Após a aplicação de todas as outras correções — exceto a correção da deriva — a todos os sinais do analisador de gases, calculam-se as emissões específicas ao freio em conformidade com o ponto 3.8. Em seguida, corrigem-se todos os sinais do analisador de gases dos efeitos da deriva em conformidade com o presente apêndice. Recalculam-se as emissões específicas ao freio usando todos os sinais do analisador de gases corrigidos da deriva. Os resultados das emissões específicas ao freio são validados e comunicados antes e após a correção da deriva em conformidade com o ponto 8.2.2.2 do anexo VI.

4. **Correção da deriva**

Corrigem-se todos os sinais do analisador de gases do seguinte modo:

a) Corrige-se cada concentração registada, x_i, para a recolha de amostras em contínuo ou por lote, $\overline{x}$;

b) A correção da deriva é calculada por meio da equação (7-149):

$$x_{\text{idriftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \quad (7\text{-}149)$$

em que:

$x_{\text{idriftcor}}$ = concentração corrigida da deriva [μmol/mol]

x_{refzero} = concentração de referência do gás de colocação a zero, que é geralmente zero a não ser que se lhe conheça outro valor [μmol/mol]

x_{refspan} = concentração de referência do gás de regulação da sensibilidade [μmol/mol]

x_{prespan} = resposta do analisador de gases, no intervalo pré-ensaio, à concentração do gás de regulação da sensibilidade [μmol/mol]

x_{postspan} = resposta do analisador de gases, no intervalo pós-ensaio, à concentração do gás de regulação da sensibilidade [μmol/mol]

x_i ou $\overline{x}$ = concentração registada, ou seja, medida, durante o ensaio, antes de correção da deriva [μmol/mol]

x_{prezero} = resposta do analisador de gases, no intervalo pré-ensaio, à concentração do gás de colocação a zero [μmol/mol]

x_{postzero} = resposta do analisador de gases, no intervalo pós-ensaio, à concentração do gás de colocação a colocação a zero [μmol/mol]

c) Para quaisquer concentrações do intervalo pré-ensaio, usam-se as concentrações determinadas mais recentemente antes do intervalo de ensaio. Para alguns intervalos de ensaio, a concentração pré-zero ou pré-sensibilidade mais recente pode ter ocorrido um ou mais intervalos de ensaio antes;

d) Para quaisquer concentrações do intervalo pós-ensaio, usam-se as concentrações determinadas mais recentemente após o intervalo de ensaio. Para alguns intervalos de ensaio, a concentração pós-zero ou pós-sensibilidade mais recente pode ter ocorrido um ou mais intervalos de ensaio depois;

e) Se não se tiver registado qualquer resposta, $x_{prespan}$, do analisador à concentração do gás de regulação da sensibilidade num intervalo pré-ensaio, considera-se $x_{prespan}$ igual à concentração de referência do gás de regulação da sensibilidade: $x_{prespan} = x_{refspan}$;

f) Se não se tiver registado qualquer resposta, $x_{prezero}$, do analisador à concentração do gás de colocação a zero num intervalo pré-ensaio, considera-se $x_{prezero}$ igual à concentração de referência do gás de colocação a zero: $x_{prezero} = x_{refzero}$;

g) Em geral, a concentração de referência do gás de colocação a zero, $x_{refzero}$, é zero: $x_{refzero}$ = 0 µmol/mol. No entanto, em alguns casos, poderá saber-se de antemão que $x_{refzero}$ possui uma concentração diferente de zero. Por exemplo, se um analisador de CO_2 for colocado a zero utilizando o ar ambiente, pode usar-se a concentração de CO_2 por defeito no ar ambiente, que é 375 µmol/mol. Neste caso, $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol. Se um analisador for colocado a zero utilizando um $x_{refzero}$ diferente de zero, o analisador deve ser calibrado para indicar a concentração real de xrefzero. Por exemplo, se $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol, o analisador deve ser calibrado para indicar um valor de 375 µmol/mol quando o gás de colocação a zero passa no analisador.

Apêndice 2

Verificação do caudal de carbono

1. **Introdução**

Todo o carbono nos gases de escape, à exceção de uma pequena parte, provém do combustível e a sua quase totalidade, excluindo-se apenas uma ínfima parte, ocorre nos gases de escape sob a forma de CO_2. Esta é a justificação para um controlo do sistema de verificação que se baseia nas medições de CO_2. No caso dos motores SI sem controlo do quociente de excesso de ar λ ou motores SI que funcionam fora do intervalo $0,97 \leq \lambda \leq 1,03$, o procedimento deve igualmente incluir a medição de HC e CO.

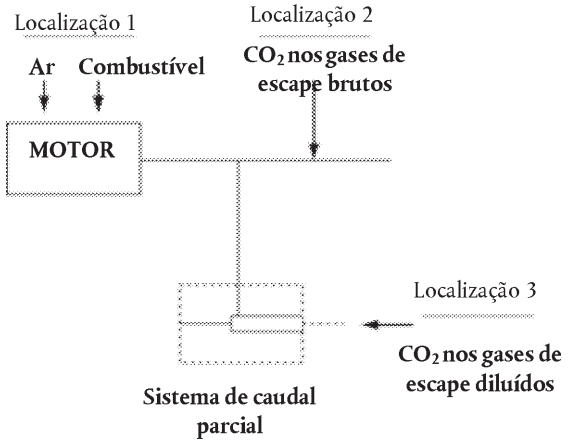
O caudal de carbono nos sistemas de medição de gases de escape é determinado com base no caudal de combustível. O caudal de carbono em vários pontos de recolha dos sistemas de recolha de amostras de emissões e de partículas é determinado com base nas concentrações de CO_2 (ou CO_2, HC e CO) e nos caudais de gás nesses mesmos pontos.

Por conseguinte, o motor constitui uma fonte identificada do caudal de carbono e observando o mesmo caudal de carbono no tubo de escape e à saída do sistema de recolha de partículas do caudal parcial, verifica-se a estanquidade e a exatidão da medição dos caudais. Este controlo tem a vantagem de os componentes funcionarem em condições de ensaio reais do motor relativamente à temperatura e ao caudal.

A figura 7.1 mostra os pontos de recolha de amostras em que o caudal de carbono deve ser verificado. As equações específicas aplicáveis aos caudais de carbono em cada um dos pontos de recolha de amostras são indicadas nos pontos seguintes.

Figura 7.1

Pontos de medição para verificação do caudal de carbono



2. **Caudal de carbono que entra no motor (ponto 1)**

O caudal mássico de carbono que entra no motor q_{mCf} [kg/s] para um combustível $CH\alpha O\varepsilon$ calcula-se por meio da equação (7-150):

$$q_{mCF} = \frac{12,011}{12,011 + \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon} \cdot g_{mf} \qquad (7\text{-}150)$$

em que:

q_{mf} = caudal mássico do combustível [kg/s]

3. **Caudal de carbono nos gases de escape brutos (ponto 2)**

3.1. Com base no CO_2

O caudal mássico de carbono no tubo de escape do motor, q_{mCe} [kg/s], deve ser determinado a partir da concentração de CO_2 nos gases brutos e do caudal mássico dos gases de escape por meio da equação (7-151):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \qquad (7\text{-}151)$$

em que:

$c_{CO2,r}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 nos gases de escape brutos [%]

$c_{CO2,a}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 no ar ambiente [%]

q_{mew} = caudal mássico dos gases de escape em base húmida [kg/s]

M_e = massa molar dos gases de escape [g/mol]

Se o CO_2 for medido em base seca, deve ser convertido em base húmida, em conformidade com os pontos 2.1.3 ou 3.5.2.

3.2. Com base no CO_2, HC e CO

Em alternativa à realização do cálculo exclusivamente com base no CO_2 do ponto 3.1, o caudal mássico de carbono no tubo de escape do motor, q_{mCe} [kg/s], deve ser determinado a partir da concentração de CO_2, HC e CO nos gases brutos e do caudal mássico dos gases de escape por meio da equação (7-152):

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),r} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,r} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \qquad (7\text{-}152)$$

em que:

$c_{CO2,r}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 nos gases de escape brutos [%]

$c_{CO2,a}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 no ar ambiente [%]

$c_{THC(C1),r}$ = concentração de THC(C1) nos gases de escape brutos [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentração de THC(C1) no ar ambiente [%]

$c_{CO,r}$ = concentração, em base húmida, do CO nos gases de escape brutos [%]

$c_{CO,a}$ = concentração, em base húmida, do CO no ar ambiente [%]

q_{mew} = caudal mássico dos gases de escape em base húmida [kg/s]

M_e = massa molar dos gases de escape [g/mol]

Se o CO_2 ou o CO forem medidos em base seca, devem ser convertidos em base húmida, em conformidade com os pontos 2.1.3 ou 3.5.2.

4. **Caudal de carbono no sistema de diluição (ponto 3)**

4.1. Com base no CO_2

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, a razão da separação deve igualmente ser tida em conta. O caudal de carbono num sistema de diluição equivalente q_{mCp} [kg/s] (equivalente a um sistema de diluição do caudal total, em que o caudal total é diluído) deve ser determinado a partir da concentração do CO_2 diluído, do caudal mássico dos gases de escape e do caudal da amostra; a nova equação (7-153) é idêntica à equação (7-151), sendo apenas completada pelo fator de diluição q_{mdew}/q_{mp}.

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}153)$$

em que:

$c_{CO2,d}$ = concentração em base húmida do CO_2 nos gases de escape diluídos à saída do túnel de diluição [%]

$c_{CO2,a}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 no ar ambiente [%]

q_{mdew} = caudal diluído da amostra que entra no sistema de diluição do caudal parcial [kg/s]

q_{mew} = caudal mássico dos gases de escape em base húmida [kg/s]

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

M_e = massa molar dos gases de escape [g/mol]

Se o CO_2 for medido em base seca, deve ser convertido em base húmida, em conformidade com os pontos 2.1.3 ou 3.5.2.

4.2. Com base no CO_2, HC e CO

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, a razão da separação deve igualmente ser tida em conta. Em alternativa à realização do cálculo exclusivamente com base no CO_2 do ponto 4.1, o caudal de carbono num sistema de diluição equivalente q_{mCp} [kg/s] (equivalente a um sistema de diluição do caudal total, em que o caudal total é diluído) deve ser determinado a partir das concentrações do CO_2, HC e CO diluídos, do caudal mássico dos gases de escape e do caudal da amostra; a nova equação (7-154) é idêntica à equação (7-152), sendo apenas completada pelo fator de diluição q_{mdew}/q_{mp}.

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} + \frac{c_{THC(C1),d} - c_{THC(C1),a}}{100} + \frac{c_{CO,d} - c_{CO,a}}{100}\right) \cdot q_{mew} \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \qquad (7\text{-}154)$$

em que:

$c_{CO2,d}$ = concentração em base húmida do CO_2 nos gases de escape diluídos à saída do túnel de diluição [%]

$c_{CO2,a}$ = concentração, em base húmida, do CO_2 no ar ambiente [%]

$c_{THC(C1),d}$ = concentração de THC(C1) nos gases de escape diluídos à saída do túnel de diluição [%]

$c_{THC(C1),a}$ = concentração de THC(C1) no ar ambiente [%]

$c_{CO,d}$ = concentração, em base húmida, de CO nos gases de escape diluídos à saída do túnel de diluição [%]

$c_{CO,a}$ = concentração, em base húmida, do CO no ar ambiente [%]

q_{mdew} = caudal diluído da amostra que entra no sistema de diluição do caudal parcial [kg/s]

q_{mew} = caudal mássico dos gases de escape em base húmida [kg/s]

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

M_e = massa molar dos gases de escape [g/mol]

Se o CO_2 ou o CO forem medidos em base seca, devem ser convertidos em base húmida, em conformidade com os pontos 2.1.3 ou 3.5.2 do presente anexo.

5. **Cálculo da massa molar dos gases de escape**

Calcula-se a massa molar dos gases de escape por meio da equação (7-13) (ver ponto 2.1.5.2 do presente anexo).

Alternativamente, podem ser utilizadas as seguintes massas molares dos gases de escape:

M_e (diesel) = 28,9 g/mol

M_e (GPL) = 28,6 g/mol

M_e (Gás natural/biometano) = 28,3 g/mol

M_e (Gasolina) = 29,0 g/mol

Apêndice 3

Estatísticas

1. **Média aritmética**

Calcula-se a média aritmética, $\bar{y}$, por meio da equação (7-155):

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \qquad (7\text{-}155)$$

2. **Desvio-padrão**

O desvio-padrão de uma amostra não enviesada (*p. ex.*, *N*–1), σ, calcula-se por meio da equação (7-156):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2}{(N-1)}} \qquad (7\text{-}156)$$

3. **Valor quadrático médio**

O valor quadrático médio, rms_y, calcula-se por meio da equação (7-157):

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \qquad (7\text{-}157)$$

4. **Teste t**

Determina-se se os dados passam um teste t recorrendo às seguintes equações e ao quadro 7.8:

a) No caso de um teste *t* não emparelhado, calcula-se a estatística de *t* e o respetivo número de graus de liberdade, *v,* através das equações (7-158) e (7-159):

$$t = \frac{\left|\bar{y}_{ref} - \bar{y}\right|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \qquad (7\text{-}158)$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref}-1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N-1}} \qquad (7\text{-}159)$$

b) No caso de um teste *t* emparelhado, calcula-se a estatística de *t* e o respetivo número de graus de liberdade, *v,* por meio da equação (7-160), sendo de notar que ε_i são erros (*p. ex.*, diferenças) entre cada par de y_{refi} e y_i:

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \qquad (7\text{-}160)$$

c) Usa-se o quadro 7.8 para comparar *t* aos valores tabelados de t_{crit} em função do número de graus de liberdade. Se t for inferior a t_{crit}, *t* passa o teste *t*.

Quadro 7.8

Valores críticos *t* em função do número de graus de liberdade, *v*

v	Confiança	
	90 %	95 %
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
18	1,734	2,101
20	1,725	2,086
22	1,717	2,074
24	1,711	2,064
26	1,706	2,056
28	1,701	2,048
30	1,697	2,042
35	1,690	2,030
40	1,684	2,021
50	1,676	2,009
70	1,667	1,994
100	1,660	1,984
1 000+	1,645	1,960

Utiliza-se a interpolação linear para estabelecer os valores não indicados aqui.

5. **Teste f**

A estatística de *F* calcula-se por meio da equação (7-161):

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{ref}^2} \qquad (7\text{-}161)$$

a) Para um teste *F* com 90 % de confiança, utiliza-se o quadro 7.9 para comparar *F* com os valores de F_{crit90} tabelados em função de (*N*-1) e (N_{ref}-1). Se *F* for inferior a F_{crit90}, *F* passa o teste *F* com 90 % de confiança;

b) Para um teste *F* com 95 % de confiança, utiliza-se o quadro 7.10 para comparar *F* aos valores de F_{crit95} tabelados em função de (N-1) e (N_{ref}-1). Se *F* for inferior a F_{crit95}, *F* passa o teste *F* com 95 % de confiança.

6. **Declive**

O declive da regressão dos mínimos quadrados, a_{1y}, calcula-se por meio da equação (7-162):

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y}) \cdot (y_{refi} - \bar{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N}(y_{refi} - \bar{y}_{ref})^2} \qquad (7\text{-}162)$$

7. **Ordenada**

A ordenada da regressão dos mínimos quadrados, a_{0y}, calcula-se por meio da equação (7-163):

$$a_{0y} = \bar{y} - (a_{1y} \cdot \bar{y}_{ref}) \qquad (7\text{-}163)$$

8. **Erro-padrão da estimativa**

O erro-padrão da estimativa, *SEE*, calcula-se por meio da equação (7-164):

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{N - 2}} \qquad (7\text{-}164)$$

9. **Coeficiente de determinação**

O coeficiente de determinação, r^2, calcula-se por meio da equação (7-165):

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}\left[y_i - \bar{y}\right]^2} \qquad (7\text{-}165)$$

Apêndice 4

FÓRMULA INTERNACIONAL DA GRAVIDADE DE 1980

A aceleração da gravidade da Terra, a_g, varia em função da localização e a_g é calculada para a respetiva latitude, por meio da equação (7-166):

$$a_g = 9{,}7803267715\ [1 + 5{,}2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \vartheta + 2{,}32718 \times 10^{-5} \sin^4 \vartheta + 1{,}262 \times 10^{-7} \sin^6 \vartheta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \vartheta] \quad (7\text{-}166)$$

em que:

ϑ = Graus de latitude Norte ou Sul

Apêndice 5

Cálculo do número de partículas

1. **Determinação do número de partículas**

1.1. 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 o método definido no ponto 8.2.1.2 do anexo VI. O tempo de transformação do sistema de amostragem e de medição do número de partículas é determinado segundo o ponto 2.1.3.7 do apêndice 1 do anexo VI.

1.2. Determinação do número de partículas para ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e (RMC) com um sistema de diluição do caudal parcial

Se as amostras do número de partículas forem recolhidas utilizando um sistema de diluição do caudal parcial, segundo as especificações estabelecidas no ponto 9.2.3 do anexo VI, calcula-se o número de partículas emitidas ao longo do ciclo de ensaio por meio da equação (7-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}167)$$

em que:

N é o número de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio, em [#/ensaio];

m_{edf} é a massa dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo, determinada por meio da equação (7--45) (ponto 2.3.1.1.2), [kg/ensaio];

k é o fator de calibração para corrigir as medições efetuadas pelo contador do número de partículas para o instrumento de referência, se o contador do número de partículas não o aplicar internamente. Se o fator de calibração for aplicado internamente pelo contador do número de partículas, utiliza-se o valor 1 para k na equação (7-167);

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

$\overline{f}_r$ é o fator de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

com

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}168)$$

em que:

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

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

1.3. Determinação do número de partículas para ciclos em condições transitórias e com rampas de transição (RMC) com um sistema de diluição do caudal total

Se as amostras do número de partículas forem recolhidas utilizando um sistema de diluição do caudal total, segundo as especificações estabelecidas no ponto 9.2.2 do anexo VI, calcula-se o número de partículas emitidas ao longo do ciclo de ensaio por meio da equação (7-169):

$$N = \frac{m_{edf}}{1{,}293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad (7\text{-}169)$$

em que:

N é o número de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio, em [#/ensaio],

m_{ed} é o caudal total dos gases de escape diluídos durante o ciclo, calculado segundo qualquer um dos métodos descritos nos pontos 2.2.4.1 a 2.2.4.3 do anexo VII, em kg/ensaio;

k é o fator de calibração para corrigir as medições do contador do número de partículas para o nível do instrumento de referência caso não seja aplicado internamente no contador do número de partículas. Se o fator de calibração for aplicado internamente no contador do número de partículas, dá-se o valor de 1 para k na equação (7-169),

$\overline{c_s}$ é a concentração média de partículas dos gases de escape diluídos, corrigida para as condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), em partículas por centímetro cúbico;

$\overline{f_r}$ é o fator de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

com

$$\overline{c} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}170)$$

em que:

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

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

1.4. Determinação do número de partículas para NRSC em modo discreto com um sistema de diluição do caudal parcial

Se as amostras do número de partículas forem recolhidas utilizando um sistema de diluição do caudal parcial, segundo as especificações estabelecidas no ponto 9.2.3 do anexo VI, calcula-se o nível da emissão de partículas durante cada modo discreto individual, por meio da equação (7-171), utilizando os valores médios para o modo:

$$= \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c_s} \times \overline{f_r} \times 10^6 \times 3\,600 \qquad (7\text{-}171)$$

em que:

$\dot{N}$ é o nível de emissão de partículas durante o modo discreto individual, [#/h];

q_{medf} é o caudal mássico dos gases de escape diluídos equivalentes, em base húmida, durante o modo discreto individual, determinado em conformidade com a equação (7-51) (ponto 2.3.2.1, [kg/s];

k é o fator de calibração para corrigir as medições efetuadas pelo contador do número de partículas para o instrumento de referência, se o contador do número de partículas não o aplicar internamente. Se o fator de calibração for aplicado internamente pelo contador do número de partículas, utiliza-se o valor 1 para k na equação (1-171);

$\overline{c_s}$ é a concentração média de partículas dos gases de escape diluídos, durante o modo discreto individual, corrigida para as condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), em partículas por centímetro cúbico;

$\overline{f_r}$ é o fator de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

com

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}172)$$

em que:

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

n é o número de medições da concentração de partículas efetuadas durante o período de recolha de amostras em modo discreto individual

1.5. Determinação do número de partículas para ciclos em modo discreto com um sistema de diluição do caudal total

Se as amostras do número de partículas forem recolhidas utilizando um sistema de diluição do caudal total, segundo as especificações estabelecidas no ponto 9.2.2 do anexo VI, calcula-se o nível da emissão de partículas durante cada modo discreto individual, por meio da equação (7-173), utilizando os valores médios para o modo:

$$= \frac{q_{mdew}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3\,600 \qquad (7\text{-}173)$$

em que:

N é o nível de emissão de partículas durante o modo discreto individual, [#/h];

q_{mdew} é o caudal mássico total dos gases de escape diluídos, em base húmida, durante cada modo discreto, [kg/s],

k é o fator de calibração para corrigir as medições do contador do número de partículas para o nível do instrumento de referência caso não seja aplicado internamente no contador do número de partículas. Se o fator de calibração for aplicado internamente no contador do número de partículas, dá-se o valor de 1 a k na equação (7-173),

$\overline{c_s}$ é a concentração média de partículas dos gases de escape diluídos, durante o modo discreto individual, corrigida para as condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), em partículas por centímetro cúbico;

$\overline{f_r}$ é o fator de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

com

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad (7\text{-}174)$$

em que:

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

n é o número de medições da concentração de partículas efetuadas durante o período de recolha de amostras em modo discreto individual.

2. **Resultado do ensaio**

2.1. Cálculo das emissões específicas para ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC

Para cada ensaio RMC, NRTC a quente e NRTC a frio aplicável, as emissões específicas em número de partículas/ /kWh são calculadas por meio da equação (7-175):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \qquad (7\text{-}175)$$

em que:

N é o número de partículas emitidas durante o RMC, o NRTC com arranque a quente ou o NRTC com arranque a frio aplicáveis,

W_{act} é o trabalho efetivo do ciclo em conformidade com o ponto 7.8.3.4 do anexo VI, [kWh].

Relativamente a um ciclo RMC, no caso de um motor com regeneração infrequente (periódica) do sistema de pós-tratamento dos gases de escape (ver ponto 6.6.2 do anexo VI), as emissões específicas devem ser corrigidas com o fator de correção multiplicativo aplicável ou o fator de correção aditivo aplicável. Caso a regeneração infrequente não tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator ascendente ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Caso a regeneração infrequente tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator descendente ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$).

No caso de um ciclo RMC, o resultado final deve igualmente ser ajustado com o fator de deterioração multiplicativo ou aditivo aplicável determinado em conformidade com os requisitos do anexo III.

2.1.1. Resultado médio ponderado do ensaio NRTC

No caso do ensaio NRTC, 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 infrequente, se pertinente), calculada por meio da equação (7-176) ou (7-177):

a) No caso de um fator de correção da regeneração multiplicativo, ou motores sem sistema de pós-tratamento dos gases de escape com regeneração infrequente

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \qquad (7\text{-}176)$$

No caso de um fator de correção da regeneração aditivo

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \qquad (7\text{-}177)$$

em que:

N_{cold} é o número total de partículas emitidas durante o ensaio NRTC com arranque a frio do NRTC,

N_{hot} é o número total de partículas emitidas durante o ensaio NRTC com arranque a quente do NRTC,

$W_{act,cold}$ é o trabalho efetivo durante o NRTC com arranque a quente (kWh) em conformidade com o ponto 7.8.3.4 do anexo VI, [kWh];

$W_{act,\ hot}$ é o trabalho efetivo durante o NRTC com arranque a quente (kWh) conformidade com o ponto 7.8.3.4 do anexo VI, [kWh];

k_r é a correção da regeneração, segundo o ponto 6.6.2 do anexo VI, ou no caso de motores sem sistema de pós-tratamento com regeneração infrequente $k_r = 1$

Caso a regeneração infrequente não tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator ascendente ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Caso a regeneração infrequente tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator descendente ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$).

O resultado, se aplicável incluindo o fator de correção da regeneração infrequente, deve igualmente ser ajustado pelo fator de deterioração multiplicativo ou aditivo aplicável determinado em conformidade com os requisitos do anexo III.

2.2. Cálculo das emissões específicas para os ensaios NRSC em modo discreto

As emissões específicas e [#/kWh] calculam-se por meio da equação (7-178):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \qquad (7\text{-}178)$$

em que:

P_i é a potência do motor para o modo *i* [kW] com $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$ (ver pontos 6.3 e 7.7.1.3 do anexo VI)

WF_i é o fator de ponderação para o modo i [-]

N_i é o valor médio do número de emissões no caudal para o modo i [#/h] da equação (7-171) ou (7-173) em função do método de diluição

No caso de um motor com regeneração infrequente (periódica) do sistema de pós-tratamento dos gases de escape (ver ponto 6.6.2 do anexo VI), as emissões específicas devem ser corrigidas com o fator de correção multiplicativo aplicável ou o fator de correção aditivo aplicável. Caso a regeneração infrequente não tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator ascendente ($k_{ru,m}$ ou $k_{ru,a}$). Caso a regeneração infrequente tenha ocorrido durante o ensaio, aplica-se o fator descendente ($k_{rd,m}$ ou $k_{rd,a}$). Se tiverem sido determinados os fatores de correção para cada modo, estes devem ser aplicados a cada modo durante o cálculo do resultado ponderado das emissões na equação (7-178).

O resultado, se aplicável incluindo o fator de correção da regeneração infrequente, deve igualmente ser ajustado pelo fator de deterioração multiplicativo ou aditivo aplicável determinado em conformidade com os requisitos do anexo III.

2.3. Arredondamento dos resultados finais

Os resultados finais do ensaio NRTC e os resultados finais médios ponderados dos ensaios NRTC 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 emissões específicas ao freio.

2.4. Determinação do número de partículas na concentração de fundo

2.4.1. 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.

2.4.2. A subtração 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 6

Cálculo das emissões de amoníaco

1. **Cálculo da concentração média para ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC**

Deve determinar-se a concentração média de NH_3 nos gases de escape durante o ciclo de ensaio cNH3 [ppm], integrando os valores instantâneos ao longo do ciclo. Aplica-se a equação (7-179):

$$c_{NH3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} c_{NH3,i} \qquad (7\text{-}179)$$

em que:

$c_{NH3,i}$ é a concentração instantânea de NH_3 nos gases de escape [ppm]

n é o número de medições

Para o NRTC, o resultado final do ensaio é calculado por meio da equação (7-180):

$$c_{NH3} = (0{,}1 \times c_{NH3},cold) + (0{,}9 \times c_{NH3},hot) \qquad (7\text{-}180)$$

em que:

$c_{NH3,cold}$ é a concentração média de NH_3 do ensaio com arranque a frio [ppm]

$c_{NH3,hot}$ é a concentração média de NH_3 do ensaio com arranque a quente [ppm]

2. **Cálculo da concentração média para o ciclo NRSC em modo discreto**

A concentração média de NH_3 nos gases de escape durante o ciclo de ensaio cNH3 [ppm] é determinada através da medição da concentração média de cada modo e da ponderação do resultado em conformidade com os fatores de ponderação aplicáveis ao ciclo de ensaio. Aplica-se a equação (7-181):

$$c_{NH3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH3,i} \cdot WF_i \qquad (7\text{-}181)$$

em que:

$\overline{c}_{NH3,i}$ é a concentração média de NH_3 nos gases de escape para o modo i [ppm]

N_{mode} é o número de modos no ciclo de ensaio

WF_i é o fator de ponderação para o modo i [-]

ANEXO VIII

Requisitos de desempenho e procedimentos de ensaio para motores de duplo combustível

1. **Âmbito de aplicação**

O presente anexo é aplicável aos motores com duplo combustível definidos no artigo 3.º, n.º 18, do Regulamento (UE) 2016/1628 quando funcionam simultaneamente com um combustível líquido e um combustível gasoso (modo duplo combustível).

O presente anexo não é aplicável ao ensaio de motores, incluindo motores com duplo combustível, quando estes funcionam exclusivamente com combustíveis líquidos ou exclusivamente com combustíveis gasosos (ou seja, quando a GER for 1 ou 0 de acordo com o tipo de combustível). Neste casos, os requisitos são os mesmos que para qualquer motor monocombustível.

A homologação de motores que funcionam simultaneamente com uma combinação de mais do que um combustível líquido e um combustível gasoso ou um combustível líquido e mais do que um combustível gasoso deve seguir o procedimento aplicável às novas tecnologias ou aos novos conceitos apresentado no artigo 33.º do Regulamento (UE) 2016/1628.

2. **Definições e abreviaturas**

Para efeitos do presente anexo, entende-se por:

2.1. «GER» (razão da energia do gás — sigla inglesa de «*Gas Energy Ratio*»), a aceção definida no artigo 3.º, n.º 20, do Regulamento (UE) 2016/1628 com base no poder calorífico inferior;

2.2. «GER_{cycle}», a razão média da energia do gás ao fazer o motor funcionar no ciclo de ensaio do motor aplicável;

2.3. «Motor com duplo combustível do tipo 1A»:

a) Um motor com duplo combustível de uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), que não funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido, e que não tem modo combustível líquido, ou;

b) Um motor com duplo combustível de qualquer (sub)categoria que não uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), que não funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido, e que não tem modo combustível líquido;

2.4. «Motor com duplo combustível do tipo 1B»:

a) Um motor com duplo combustível de uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante a parte a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), que não funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido no modo duplo combustível, e que tem um modo combustível líquido, ou;

b) Um motor com duplo combustível de qualquer (sub)categoria que não uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), que não funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido no modo duplo combustível, e que tem um modo combustível líquido;

2.5. «Motor com duplo combustível do tipo 2 A»:

a) Um motor com duplo combustível de uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia entre 10 % e 90 % ($0{,}1 < GER_{NRTC,\ hot} < 0{,}9$) e que não tem modo combustível líquido ou que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRTC,\ hot} \geq 0{,}9$), mas que funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido, e que não tem modo combustível líquido, ou;

b) Um motor com duplo combustível de qualquer (sub)categoria que não uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia entre 10 % e 90 % ($0{,}1 < GER_{NRSC} < 0{,}9$), e que não tem modo combustível líquido ou que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$), mas que funciona em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido, e que não tem modo combustível líquido;

2.6. «Motor com duplo combustível do tipo 2 B»:

a) Um motor com duplo combustível de uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia entre 10 % e 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) e que tem um modo combustível líquido ou que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$), e que tem um modo combustível líquido, mas que pode funcionar em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido em modo duplo combustível, ou;

b) Um motor com duplo combustível de qualquer (sub)categoria que não uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia entre 10 % e 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$), e que não tem modo combustível líquido ou que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia não inferior a 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), e que tem um modo combustível líquido, mas que pode funcionar em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido em modo duplo combustível;

2.7. «Motor com duplo combustível do tipo 3 B»:

a) Um motor com duplo combustível de uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o arranque a quente do ciclo de ensaio NRTC com uma razão média da energia não superior a 10 % ($GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$) e que tem um modo combustível líquido, ou:

b) Um motor com duplo combustível de qualquer (sub)categoria que não uma subcategoria de NRE 19 ≤ kW ≤ 560, que funciona durante o NRSC com uma razão média da energia não superior a 10 % ($GER_{NRSC} \leq 0,1$) e que tem um modo combustível líquido;

3. **Requisitos adicionais específicos em matéria de duplo combustível**

3.1. Motores com controlo de GER_{cycle} regulável pelo operador.

No caso de um determinado tipo de motor, o valor de GER_{cycle} pode ser reduzido do máximo por um controlo regulável pelo operador, o GER_{cycle} mínimo não deve ser limitado, mas o motor deve ser capaz de cumprir os valores-limite de emissão em qualquer valor de GER_{cycle} permitido pelo fabricante.

4. **Requisitos gerais**

4.1. Modos de funcionamento de motores com duplo combustível

4.1.1. Condições para um motor com duplo combustível funcionar no modo líquido

Um motor com duplo combustível só pode funcionar em modo combustível líquido se, quando ao funcionar em modo combustível líquido, tiver sido certificado de acordo com todos os requisitos do presente regulamento no que diz respeito ao funcionamento exclusivamente com o combustível líquido especificado.

Quando se desenvolve um motor com duplo combustível a partir de um motor a combustível líquido já certificado, é exigido um novo certificado de homologação UE no modo combustível líquido.

4.1.2. Condições para um motor com duplo combustível funcionar em marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido

4.1.2.1. Os motores com duplo combustível do tipo 1A não funcionam a marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido exceto nas condições definidas no ponto 4.1.3 para aquecimento e arranque.

4.1.2.2. Os motores com duplo combustível do tipo 1B não funcionam a marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido em modo de duplo combustível.

4.1.2.3. Os motores com duplo combustível dos tipos 2A, 2B e 3B podem funcionar a marcha lenta sem carga utilizando exclusivamente combustível líquido.

4.1.3. Condições para um motor com duplo combustível aquecer ou arrancar utilizando exclusivamente combustível líquido

4.1.3.1. Um motor com duplo combustível dos tipos 1B, 2B, ou 3B pode aquecer ou arrancar utilizando exclusivamente combustível líquido. Caso a estratégia de controlo das emissões durante o aquecimento ou o arranque no modo duplo combustível seja igual à estratégia de controlo das emissões correspondente no modo combustível líquido, o motor pode funcionar no modo duplo combustível durante o aquecimento ou o arranque. Caso esta condição não seja preenchida, o motor só pode aquecer ou arrancar com combustível líquido exclusivamente no modo combustível líquido.

4.1.3.2. Um motor com duplo combustível dos tipos 1A ou 2A pode aquecer ou arrancar utilizando exclusivamente combustível líquido. Todavia, neste caso, a estratégia deve ser declarada como uma EACE e os seguintes requisitos adicionais cumpridos:

4.1.3.2.1. A estratégia deixa de estar ativa quando a temperatura do fluido de arrefecimento atingir uma temperatura de 343 K (70 °C), ou 15 minutos após ter sido ativada, consoante o que ocorra primeiro; e

4.1.3.2.2. O modo de manutenção deve ser ativado enquanto a estratégia está ativa.

4.2. Modo de manutenção

4.2.1. Condições para os motores com duplo combustível funcionarem em modo de manutenção

Quando um motor estiver a funcionar em modo de manutenção, está sujeito a uma restrição de operacionalidade e está temporariamente isento do cumprimento dos requisitos em matéria de controlo das emissões de escape e NO_x descritos no presente regulamento.

4.2.2. Restrição da operacionalidade em modo de manutenção

4.2.2.1. Requisitos aplicáveis às categorias de motores que não IWP, IWA, RLL e RLR

A restrição da operacionalidade aplicável às máquinas móveis não rodoviárias equipadas com um motor com duplo combustível das categorias de motores que não IWP, IWA, RLL e RLR quando funcionam em modo de manutenção é a que é ativada pelo «sistema de persuasão de alta intensidade» especificado no ponto 5.4 do apêndice 1 do anexo IV.

A fim de ter em conta aspetos de segurança e permitir diagnósticos de autorreparação, é permitida a utilização de uma função de neutralização das medidas de persuasão para libertar a plena potência do motor em conformidade com o ponto 5.5 do apêndice 1 do anexo IV.

A restrição da operacionalidade não pode ser desativada de outro modo, quer pela ativação quer pela desativação dos sistemas de aviso e de persuasão especificados no anexo IV.

A ativação e a desativação do modo de manutenção não podem ativar ou desativar os sistemas de aviso e de persuasão especificados no anexo IV.

4.2.2.2. Requisitos aplicáveis às categorias de motores IWP, IWA, RLL e RLR

No caso dos motores das categorias IWP, IWA, RLL e RLR, a fim de ter em conta aspetos de segurança, o funcionamento em modo de manutenção deve ser permitido sem limitar o binário nem a velocidade do motor. Neste caso, sempre que esteja ativa uma restrição da operacionalidade em conformidade com o ponto 4.2.2.3, o computador a bordo deve registar na memória não volátil do computador todos os incidentes relativos ao funcionamento do motor em que o modo de manutenção esteja ativo, de forma a assegurar que as informações não podem ser intencionalmente apagadas.

As autoridades nacionais de controlo devem poder consultar estes registos com um analisador.

4.2.2.3. Ativação da restrição da operacionalidade

A restrição da operacionalidade deve ser ativada automaticamente quando o modo de manutenção é ativado.

Caso o modo de manutenção seja ativado em conformidade com o ponto 4.2.3 devido a um mau funcionamento do sistema de alimentação de gás, a restrição da operacionalidade deve ficar ativa nos 30 minutos de funcionamento que se seguem à ativação do modo de manutenção.

No caso em que o modo de manutenção é ativado devido ao reservatório de combustível gasoso vazio, a restrição da operacionalidade deve tornar-se ativa logo que o modo de manutenção seja ativado.

4.2.2.4. Desativação da restrição da operacionalidade

O sistema de restrição da operacionalidade deve ser desativado quando o motor deixar de funcionar em modo de manutenção.

4.2.3. Indisponibilidade de combustível gasoso em funcionamento em modo duplo combustível

A fim de permitir à máquina móvel não rodoviária mover-se para uma posição de segurança na sequência da deteção de um reservatório de combustível gasoso vazio ou de uma anomalia no sistema de alimentação de gás:

a) Os motores com duplo combustível dos tipos 1A e 2A devem ativar o modo de manutenção;

b) Os motores com duplo combustível dos tipos 1B, 2B e 3B devem funcionar em modo líquido.

4.2.3.1. Indisponibilidade de combustível gasoso — reservatório de combustível gasoso vazio

No caso de um reservatório de combustível gasoso vazio, o modo de manutenção ou, se for caso disso de acordo com o ponto 4.2.3, o modo combustível líquido deve ser ativado logo que o sistema motor tenha detetado que o reservatório está vazio.

Quando a disponibilidade de gás no reservatório voltar a atingir o nível que justificou a ativação do sistema de aviso de reservatório vazio especificado no ponto 4.3.2, o modo de manutenção pode ser desativado, ou, se for caso disso, o modo duplo combustível pode ser reativado.

4.2.3.2. Indisponibilidade de combustível gasoso — anomalia na alimentação de gás

No caso de uma anomalia no sistema de alimentação de gás que provoque a indisponibilidade do combustível gasoso, o modo de manutenção ou, se for caso disso, de acordo com o ponto 4.2.3, o modo combustível líquido deve ser ativado quando a alimentação de combustível gasoso não se encontrar disponível.

Logo que a alimentação de combustível gasoso fique disponível, o modo de manutenção pode ser desativado, ou, se for caso disso, o modo de duplo combustível pode ser reativado.

4.3. Indicadores do duplo combustível

4.3.1. Indicador do modo de funcionamento duplo combustível

As máquinas móveis não rodoviárias devem fornecer ao operador uma indicação visual do modo em que o motor funciona (modo duplo combustível, modo líquido ou modo de manutenção).

As características e a localização deste indicador são deixadas ao critério do OEM e podem fazer parte de um sistema de indicação visual já existente.

Este indicador pode ser completado pela afixação de uma mensagem. O sistema usado para mostrar as mensagens referidas neste ponto pode ser o mesmo que o usado para o diagnóstico do controlo dos NO_x ou para outros fins de manutenção.

O elemento visual do modo de funcionamento duplo combustível não deve ser o mesmo que o utilizado para efeitos de diagnóstico do controlo dos NO_x nem para outros fins de manutenção do motor.

Os alertas relativos à segurança têm sempre prioridade de visualização sobre a indicação do modo de funcionamento.

4.3.1.1. O indicador do modo de funcionamento duplo combustível deve ser colocado em modo de manutenção logo que o modo de manutenção é ativado (ou seja, antes de ficar realmente ativo) e a indicação deve permanecer enquanto o modo de manutenção estiver ativo.

4.3.1.2. O indicador do modo de funcionamento duplo combustível deve ser colocado durante, pelo menos, um minuto no modo duplo combustível ou no modo combustível líquido logo que o modo de funcionamento do motor seja alterado do modo combustível líquido para o modo duplo combustível ou vice-versa. Esta indicação é também necessária quando se dá à chave de ignição durante, pelo menos, um minuto ou mediante pedido do fabricante no arranque do motor. A indicação deve igualmente ser dada a pedido do operador.

4.3.2. Sistema de aviso de reservatório de combustível gasoso vazio (sistema de aviso duplo combustível)

As máquinas móveis não rodoviárias equipadas com um motor com duplo combustível devem estar equipadas com um sistema de aviso duplo combustível que alerta o operador para o facto de o reservatório de combustível gasoso ir ficar em breve vazio.

O sistema de aviso duplo combustível deve permanecer ativo até o reservatório ser reabastecido a um nível superior àquele em que o sistema de aviso é ativado.

O sistema de aviso duplo combustível pode ser temporariamente interrompido por outros sinais de aviso que transmitam mensagens de segurança importantes.

Não deve ser possível desligar o sistema de aviso duplo combustível com um analisador enquanto a causa da ativação do aviso não tiver sido corrigida.

4.3.2.1. Características do sistema de aviso duplo combustível

O sistema de aviso duplo combustível deve consistir num sistema de alerta ótico (ícone, pictograma, etc.) à escolha do fabricante.

Pode incluir, à escolha do fabricante, uma componente acústica. Nesse caso, a anulação desta componente pelo operador é permitida.

O elemento visual do sistema de aviso duplo combustível não deve ser o mesmo que o utilizado para efeitos de diagnóstico do controlo dos NO_x nem para outros fins de manutenção do motor.

Além disso, o sistema de aviso duplo combustível pode mostrar mensagens curtas, nomeadamente mensagens que indiquem claramente a distância que falta percorrer ou o tempo até à ativação da restrição de operacionalidade.

O sistema usado para mostrar o aviso ou as mensagens referidos neste ponto pode ser o mesmo que o usado para mostrar os avisos ou as mensagens relativos ao diagnóstico do controlo dos NO_x, ou avisos ou mensagens para outros fins de manutenção.

Pode ser facultado um dispositivo de regulação da intensidade luminosa dos alarmes óticos emitidos pelo sistema de aviso nas máquinas móveis não rodoviárias utilizadas pelos serviços de salvamento ou nas máquinas móveis não rodoviárias projetadas e fabricadas para utilização pelas forças armadas, proteção civil, bombeiros e forças responsáveis pela manutenção da ordem pública.

4.4. Binário comunicado

4.4.1. Binário comunicado quando um motor com duplo combustível funciona em modo duplo combustível

Quando um motor com duplo combustível funciona em modo duplo combustível:

a) A curva do binário de referência que é possível obter deve ser aquela que é obtida quando esse motor for ensaiado num banco de ensaio de motores no modo duplo combustível;

b) Os valores dos binários reais registados (binário indicado e binário de atrito) são o resultado da combustão duplo combustível e não o que se obtém durante o funcionamento utilizando exclusivamente combustível líquido.

4.4.2. Binário comunicado quando um motor com duplo combustível funciona em modo combustível líquido

Quando um motor com duplo combustível funciona em modo combustível líquido, a curva do binário de referência que é possível obter deve ser aquela que é obtida quando o motor for ensaiado num banco de ensaio de motores no modo combustível líquido.

4.5. Requisitos complementares

4.5.1. Quando utilizadas para um motor com duplo combustível, as estratégias de adaptação devem, para além de cumprir os requisitos do anexo VI, cumprir também os seguintes requisitos:

a) O motor não deve deixar de ser do tipo de motor com duplo combustível (isto é, tipo 1A, tipo 2B, etc.) que foi declarado para homologação UE; e

b) No caso de um motor do tipo 2, a diferença entre o valor máximo de GER_{cycle} mais alto e mais baixo no seio da família nunca deve exceder a percentagem estabelecida no ponto 3.1.1, exceto conforme permitido pelo ponto 3.2.1.

4.6 A homologação deve estar subordinada ao fornecimento ao OEM e aos utilizadores finais, tal como exigido em conformidade com os anexos XIV e XV, de instruções de instalação e funcionamento do motor com duplo combustível, incluindo o modo de manutenção estabelecido no ponto 4.2 e o sistema de indicação do duplo combustível estabelecido no ponto 4.3.

5. **Requisitos de desempenho**

5.1. Os requisitos de desempenho, nomeadamente os valores-limite de emissão, bem como os requisitos de homologação UE aplicáveis aos motores com duplo combustível são idênticos aos de qualquer outro motor da respetiva categoria de motores estabelecida no presente regulamento e no regulamento (UE) 2016/1628, exceto nos casos previstos no presente anexo.

5.2 O limite de hidrocarbonetos (HC) para o funcionamento em modo duplo combustível é determinado através da razão média da energia do gás (GER) durante o ciclo de ensaio especificado, tal como estabelecido no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628.

5.3 Os requisitos técnicos aplicáveis às estratégias de controlo das emissões, designadamente a documentação necessária para demonstrar estas estratégias, disposições técnicas para resistir a intervenções abusivas e a proibição de dispositivos manipuladores, são idênticos aos de qualquer outro motor da respetiva categoria de motores, tal como estabelecido no anexo IV.

5.4 Os requisitos técnicos pormenorizados relativos à zona associada ao NRSC relevante, dentro da qual é controlada a quantidade de emissões que podem exceder os valores-limite estabelecidos no anexo II do Regulamento (UE) 2016/1628 são idênticos aos de qualquer outro motor da respetiva categoria de motores estabelecida no anexo IV.

6. **Requisitos de demonstração**

6.1. As prescrições em matéria de demonstração aplicáveis aos motores com duplo combustível são idênticas às de qualquer outro motor da respetiva categoria de motores estabelecida no presente regulamento e no regulamento (UE) 2016/1628, exceto nos casos previstos no ponto 6.

6.2. A conformidade com os valores-limite aplicáveis deve ser demonstrada no modo duplo combustível.

6.3. Para os tipos de motores com duplo combustível com um modo de combustível líquido (ou seja, tipos 1B, 2B, 3B) o cumprimento dos valores-limite aplicáveis deve, além disso, ser demonstrado no modo combustível líquido.

6.4. Requisitos de demonstração complementares de um motor do tipo 2

6.4.1 O fabricante deve apresentar à entidade homologadora dados que provem que a gama GER_{cycle} de todos os membros da família de motores com duplo combustível não ultrapassa a percentagem indicada no ponto 3.1.1 ou, no caso de motores com GER_{cycle} regulável pelo operador, cumpre os requisitos do ponto 6.5. (p. ex., através de algoritmos, análises funcionais, cálculos, simulações, resultados de ensaios anteriores, etc.).

6.5 Requisitos de demonstração suplementares no caso de um motor com GER_{cycle} regulável pelo operador

6.5.1 A conformidade com os valores-limite aplicáveis deve ser demonstrada no valor mínimo e máximo de GER_{cycle} permitido pelo fabricante.

6.6. Requisitos para a demonstração da durabilidade de um motor com duplo combustível

6.6.1 São aplicáveis as disposições do anexo III.

6.7. Demonstração dos indicadores, da restrição da operacionalidade e do aviso do duplo combustível

6.7.1 No âmbito do pedido de homologação UE nos termos do presente regulamento, o fabricante deve demonstrar o funcionamento dos indicadores do duplo combustível e da restrição da operacionalidade e do aviso em conformidade com as disposições do apêndice 1.

7. **Requisitos para garantir o funcionamento correto das medidas de controlo dos NO_x**

7.1. O anexo IV (relativo aos requisitos técnicos aplicáveis às medidas de controlo dos NO_x) é aplicável aos motores com duplo combustível, independentemente de funcionarem em modo duplo combustível ou em modo líquido.

7.2. Requisitos gerais suplementares para o controlo dos NO_x no caso de motores com duplo combustível dos tipos 1B, 2B e 3B

7.2.1. O binário considerado para aplicar a persuasão de alta intensidade definida no ponto 5.4 do apêndice 1 do anexo IV deve ser o mais baixo dos valores de binário obtidos no modo combustível líquido e no modo duplo combustível.

7.2.2 Não deve ser utilizada uma possível influência do modo de funcionamento sobre a deteção de anomalias para dilatar o tempo que leva uma persuasão a ser ativada.

7.2.3. No caso de anomalias cuja deteção não depende do modo de funcionamento do motor, os mecanismos previstos no apêndice 1 do anexo IV que estão associados ao estado do DTC não devem depender do modo de funcionamento do motor (por exemplo, se um DTC atingiu o estado de potencial em modo duplo combustível, irá passar a ter o estado confirmado e ativo da próxima vez que a anomalia for detetada, mesmo em modo combustível líquido).

7.2.4. No caso de anomalias em que a deteção depende do modo de funcionamento do motor, não deve ser atribuído aos DTC um estado anteriormente ativo de um modo diferente do modo em que o estado passou a confirmado e ativo.

7.2.5. Uma mudança de modo de funcionamento (duplo combustível para combustível líquido ou vice-versa) não deve interromper nem reiniciar os mecanismos aplicados para cumprir os requisitos estabelecidos no anexo IV (contadores, etc.). No entanto, no caso de um destes mecanismos (por exemplo, um sistema de diagnóstico) depender do modo de funcionamento, o contador associado a esse mecanismo pode, a pedido do fabricante, e com o acordo da entidade homologadora:

a) Parar e, se aplicável, conservar o valor no momento da mudança de modo de funcionamento;

b) Reiniciar e, se aplicável, continuar a contagem a partir do ponto de paragem quando o modo de funcionamento voltar ao modo inicial.

Apêndice 1

Indicador de duplo combustível, sistema de aviso e restrição da operacionalidade num motor com duplo combustível — Requisitos de demonstração

1. **Indicadores do duplo combustível**

1.1. Indicadores do modo duplo combustível

A capacidade do motor para comandar a ativação do indicador do modo duplo combustível quando estiver a funcionar em modo duplo combustível deve ser demonstrada aquando da homologação UE.

1.2. Indicadores do modo combustível líquido

No caso de um motor com duplo combustível dos tipos 1B, 2B ou 3B, a capacidade do motor para comandar a ativação do indicador do modo combustível líquido quando estiver a funcionar em modo combustível líquido deve ser demonstrada aquando da homologação UE.

1.3. Indicador do modo de manutenção

A capacidade do motor para comandar a ativação do indicador do modo de manutenção quando estiver a funcionar em modo de manutenção deve ser demonstrada aquando da homologação UE.

1.3.1. Com este equipamento, basta realizar a demonstração relativa ao indicador do modo de manutenção ativando um comutador de ativação do modo de manutenção e provar à entidade homologadora que a ativação ocorre quando o modo de manutenção é comandado pelo próprio sistema motor (por exemplo, através de algoritmos, simulações, resultados de ensaios internos, etc.).

2. **Sistema de aviso**

A capacidade do motor para comandar a ativação do sistema de aviso quando a quantidade de combustível gasoso no reservatório descer abaixo do nível de alerta deve ser demonstrada aquando da homologação UE. Para esse efeito, a quantidade efetiva de combustível gasoso pode ser simulada.

3. **Restrição da operacionalidade**

No caso de um motor com duplo combustível do tipo 1A ou 2A, a capacidade do motor para comandar a ativação da restrição da operacionalidade após a deteção de um reservatório de combustível gasoso vazio e de um sistema de alimentação de gás anómalo deve ser demonstrada aquando da homologação UE. Para esse efeito, o reservatório de combustível gasoso vazio e o sistema de alimentação de gás anómalo podem ser simulados.

3.1. Basta realizar a demonstração com um caso de utilização típico selecionado com o acordo da entidade homologadora e provar a essa entidade que a restrição da operacionalidade ocorre nos outros casos de utilização possíveis (por exemplo, através de algoritmos, simulações, resultados de ensaios internos, etc.).

Apêndice 2

Requisitos metodológicos para os ensaios de emissões nos motores com duplo combustível

1. **Considerações gerais**

O presente ponto define os requisitos adicionais e as exceções ao presente anexo de modo a permitir ensaiar as emissões dos motores com duplo combustível independentemente de as emissões serem exclusivamente emissões de escape ou também emissões do cárter acrescentadas às emissões de escape em conformidade com o ponto 6.10 do anexo VI. Caso não seja enumerado qualquer requisito adicional ou exceção, os requisitos do presente regulamento são aplicáveis aos motores com duplo combustível da mesma forma que são aplicáveis a quaisquer outros tipos ou famílias de motores homologados nos termos do Regulamento (UE) 2016/1628.

Ensaiar as emissões de um motor com duplo combustível é complicado pelo facto de o combustível utilizado pelo motor poder variar entre o combustível líquido puro e uma combinação de combustível essencialmente gasoso com apenas uma pequena quantidade de combustível líquido enquanto fonte de ignição. A razão entre os combustíveis utilizados por um motor com duplo combustível pode alterar-se de forma dinâmica em função das condições de funcionamento do motor. Por isso são necessárias precauções especiais e restrições para se poder ensaiar as emissões destes motores.

2. **Condições de ensaio**

É aplicável o disposto no ponto 6 do anexo VI.

3. **Procedimentos de ensaio**

É aplicável o disposto no ponto 7 do anexo VI.

4. **Procedimentos de medição**

O ponto 8 do anexo VI é aplicável, exceto conforme estabelecido no presente apêndice.

A figura 6.6 do anexo VI (sistema CVS) ilustra um procedimento de medição da diluição do caudal total para motores com duplo combustível.

Este procedimento de medição garante que a variação da composição do combustível durante o ensaio influencia sobretudo os resultados da medição dos hidrocarbonetos. Este fenómeno deve ser compensado por um dos métodos descritos no ponto 5.1.

A medição do caudal parcial/dos gases de escape brutos ilustrada na figura 6.7 do anexo VI pode ser utilizada com alguma precaução relativamente aos métodos de determinação e cálculo do caudal mássico dos gases de escape.

5. **Equipamento de medição**

É aplicável o disposto no ponto 9 do anexo VI.

6. **Medição do número de partículas emitidas**

É aplicável o disposto no apêndice 1 do anexo VI.

7. **Cálculo das emissões**

O cálculo das emissões deve ser efetuado de acordo com o Anexo VII, exceto conforme estabelecido no presente ponto. Os requisitos adicionais previstos no ponto 7.1 são aplicáveis aos cálculos em base mássica e os requisitos adicionais estabelecidos no ponto 7.2 são aplicáveis aos cálculos em base molar.

O cálculo das emissões exige o conhecimento da composição dos combustíveis utilizados. Quando um combustível gasoso for fornecido com um certificado que confirma as propriedades do combustível (por exemplo, gás de garrafas) é admissível usar a composição especificada pelo fornecedor. Caso a composição não se encontre disponível (por exemplo, combustível transportado por conduta) a composição do combustível deve ser analisada pelo menos antes e após a realização do ensaio das emissões do motor. Permite-se uma análise mais frequente e os resultados são utilizados no cálculo.

Caso se utilize a razão da energia do gás (GER), esta deve ser coerente com a definição constante do artigo 3.º, n.º 2, do Regulamento (UE) 2016/1628 e as disposições específicas em matéria de limites de hidrocarbonetos (HC) totais aplicáveis aos motores total e parcialmente alimentados a gás do anexo II desse regulamento. O valor médio de GER durante o ciclo é calculado através de um dos seguintes métodos:

a) No caso do NRSC com arranque a quente e do NRSC com rampas de transição, mediante a divisão da soma de GER em cada ponto de medição pelo número de pontos de medição;

b) No caso do ciclo NRSC com modos discretos, através da multiplicação da razão média da energia do gás de cada modo de ensaio pelo fator de ponderação correspondente desse modo e do cálculo da soma para todos os modos. Os fatores de ponderação são extraídos do apêndice 1 do anexo XVII para o ciclo aplicável.

7.1. Cálculo das emissões mássicas

O ponto 2 do anexo VII é aplicável, exceto conforme estabelecido no presente ponto.

7.1.1. Correção base seca/base húmida

7.1.1.1. Gases de escape brutos

Utilizam-se as equações (7-3) e (7-4) constantes do anexo VII para calcular a correção base seca/base húmida.

Os parâmetros específicos do combustível devem ser determinados em conformidade com o ponto 7.1.5.

7.1.1.2. Gases de escape diluídos

Utiliza-se a equação (7-3) com a equação (7-25) ou (7-26) do anexo VII para calcular a correção base seca/ /base húmida.

Utiliza-se a razão molar do hidrogénio α da combinação dos dois combustíveis para a correção base seca/base húmida. Esta razão molar do hidrogénio calcula-se a partir dos valores da medição do consumo de ambos os combustíveis em conformidade com o ponto 7.1.5.

7.1.2. Correção da humidade nos NO_x

Utiliza-se a correção dos NO_x em função da humidade no que diz respeito aos motores de ignição por compressão, tal como especificado na equação (7-9) do anexo VII.

7.1.3. Diluição do caudal parcial (PFS) e medição dos gases brutos

7.1.3.1. Determinação do caudal mássico dos gases de escape

O caudal mássico dos gases de escape deve ser determinado usando um medidor do caudal dos gases de escape brutos, tal como descrito no ponto 9.4.5.3 do anexo VI.

Em alternativa, o método de medição do caudal de ar e da razão ar/combustível em conformidade com as equações (7-17) a (7-19) do anexo VII pode ser utilizado apenas se os valores α, γ, δ e ε forem determinados em conformidade com o ponto 7.1.5.3. A utilização de um sensor do tipo zircónio para determinar a razão ar/combustível não é autorizada.

No caso de motores de ensaio submetidos a ciclos de ensaio em condições estacionárias, apenas o caudal mássico dos gases de escape pode ser determinado pelo método de medição do ar e do combustível em conformidade com a equação (7-15) do anexo VII.

7.1.3.2. Determinação dos componentes gasosos

O ponto 2.1 do anexo VII é aplicável, exceto conforme estabelecido no presente ponto.

A possível variação da composição do combustível influenciará todos os fatores u_{gas} e as razões molares dos componentes utilizados nos cálculos das emissões. Deve utilizar-se uma das seguintes abordagens para determinar os fatores u_{gas} e as razões molares dos componentes ao critério do fabricante.

a) Aplicam-se as equações exatas do ponto 2.1.5.2 ou 2.2.3 do anexo VII para calcular os valores instantâneos de u_{gas} usando as proporções instantâneas de combustível líquido e gasoso (determinadas a partir dos cálculos ou medições do consumo instantâneo de combustível) e as razões molares instantâneas dos componentes determinadas em conformidade com o ponto 7.1.5; ou,

b) Sempre que o cálculo em base mássica do ponto 2 do anexo VII seja utilizado para o caso específico de um motor com duplo combustível que funcione a gás ou diesel, é possível utilizar os valores em forma tabelar para as razões molares dos componentes e os valores de u_{gas}. Estes valores em forma tabelar devem ser utilizados como se segue:

i) No caso dos motores a funcionar no ciclo de ensaio aplicável com uma razão média da energia do gás igual ou superior a 90 % (GER ≥ 0,9) os valores necessários são os relativos ao combustível gasoso extraídos do quadro 7.1 ou 7.2 do anexo VII.

ii) No caso dos motores a funcionar no ciclo de ensaio aplicável com uma razão média da energia do gás entre 10 % e 90 % (0,1 < GER < 0,9), presume-se que os valores necessários são representados pelos relativos a uma mistura de 50 % de combustível gasoso e 50 % de diesel extraídos dos quadros 8.1 e 8.2.

iii) No caso dos motores a funcionar no ciclo de ensaio aplicável com uma razão média da energia do gás inferior ou igual a 10 % (GER ≤ 0,1) os valores necessários são os relativos ao diesel retirados do quadro 7.1 ou 7.2 do anexo VII.

iv) Para o cálculo das emissões de HC, utiliza-se o valor de u_{gas} do combustível gasoso em todos os casos, independentemente da razão média da energia do gás (GER).

Quadro 8.1

Razões molares dos componentes para uma mistura de 50 % de combustível gasoso e 50 % de diesel (em % da massa)

Combustível gasoso	α	γ	δ	ε
CH_4	2,8681	0	0	0,0040
G_R	2,7676	0	0	0,0040
G_{23}	2,7986	0	0,0703	0,0043
G_{25}	2,7377	0	0,1319	0,0045
Propano	2,2633	0	0	0,0039
Butano	2,1837	0	0	0,0038
GPL	2,1957	0	0	0,0038
GPL — combustível A	2,1740	0	0	0,0038
GPL — combustível B	2,2402	0	0	0,0039

7.1.3.2.1. Massa por ensaio de uma emissão gasosa

Caso sejam aplicadas as equações exatas para calcular os valores instantâneos de u_{gas} em conformidade com o ponto 7.1.3.2.1, alínea a), ao calcular a massa por ensaio de uma emissão gasosa para um ciclo de ensaios em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) ou RMC, inclui-se u_{gas} na soma da equação (7-2) do ponto 2.1.2 do anexo VII por meio da equação (8-1):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} (u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \qquad (8\text{-}1)$$

em que:

$u_{gas,i}$ é o valor instantâneo de u_{gas}

Os restantes termos da equação são os estabelecidos no ponto 2.1.2 do anexo VII.

Quadro 8.2

Valores de u gas para os gases de escape brutos e densidades dos componentes para uma mistura de 50 % de combustível gasoso e 50 % de combustível para motores diesel (em% da massa)

Combustível gasoso	Gás						
	r_e	NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
				$r_{gas\ [kg/m^3]}$			
		2,053	1,250	([a])	1,9636	1,4277	0,716
				u_{gas} ([b])			
GNC/GNL ([c])	1,2786	0,001606	0,000978	0,000528 ([d])	0,001536	0,001117	0,000560
Propano	1,2869	0,001596	0,000972	0,000510	0,001527	0,001110	0,000556
Butano	1,2883	0,001594	0,000971	0,000503	0,001525	0,001109	0,000556
GPL ([e])	1,2881	0,001594	0,000971	0,000506	0,001525	0,001109	0,000556

([a]) Consoante o combustível.
([b]) Com λ = 2, ar seco, 273 K, 101,3 kPa
([c]) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C = 58 – 76 %; H = 19 – 25 %; N = 0 – 14 % (CH_4, G_{20}, G_{23}, e G_{25})
([d]) NMHC com base em $CH_{2,93}$ (para HC total, deve usar-se o coeficiente u_{gas} de CH_4)
([e]) *u* com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C_3 = 27 – 90 %; C4 = 10 – 73 % (combustíveis GPL A e B)

7.1.3.3. Determinação das partículas

Para a determinação das emissões de partículas com o método de medição para a diluição parcial, o cálculo deve ser efetuado em conformidade com as equações do ponto 2.3 do anexo VII.

Os requisitos do ponto 8.2.1.2. do anexo VI são aplicáveis para controlar a razão de diluição. Em particular, se o tempo de transformação combinado da medição do caudal dos gases de escape e do sistema de caudal parcial exceder 0 segundos, utiliza-se o controlo antecipado, baseado num ensaio pré-registado. Neste caso, o tempo de subida combinado deve ser ≤ 1 segundo e o tempo de reação combinado ≤ 10 segundos. Exceto no caso de o caudal mássico dos gases de escape ser medido diretamente, a determinação do caudal mássico dos gases de escape deve utilizar os valores de *α*, *γ*, *δ* e *ε* determinados de acordo com o ponto 7.1.5.3.

O controlo da qualidade de cada medição deve ser efetuado em conformidade com o ponto 8.2.1.2 do anexo VI.

7.1.3.4. Requisitos adicionais relativos ao medidor do caudal mássico dos gases de escape

O medidor de caudais referido nos pontos 9.4.1.6.3 e 9.4.1.6.3.3 do anexo VI não deve ser sensível às alterações da composição e da densidade dos gases de escape. Os pequenos erros de medição, p. ex., devidos ao tubo de Pitot ou ao tipo de orifício (equivalentes à raiz quadrada da densidade dos gases de escape) podem ser desprezados.

7.1.4. Medição da diluição do caudal total (CVS)

O ponto 2.2 do anexo VII é aplicável, exceto conforme estabelecido no presente ponto.

A possível variação da composição do combustível influencia sobretudo o valor de u_{gas} dos hidrocarbonetos em forma tabelar. Devem ser aplicadas as equações exatas ao cálculo das emissões de hidrocarbonetos utilizando as razões molares dos componentes determinadas a partir das medições do consumo de ambos os combustíveis em conformidade com o ponto 7.1.5.

7.1.4.1. Determinação das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo (ponto 5.2.5)

Para determinar o fator estequiométrico, calcula-se a razão molar do hidrogénio *α* do combustível como a média da razão molar do hidrogénio da mistura de combustível durante o ensaio em conformidade com o ponto 7.1.5.3.

Em alternativa, o valor F_s do combustível gasoso pode ser utilizado na equação (7-28) do anexo VII.

7.1.5. Determinação das razões molares dos componentes

7.1.5.1. Considerações gerais

Deve utilizar-se o presente ponto para determinar as razões molares dos componentes quando se conhece a mistura de combustível (método exato).

7.1.5.2. Cálculo dos componentes da mistura de combustível

Utilizam-se as equações (8-2) a (8-7) para calcular a composição elementar da mistura de combustível:

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad (8\text{-}2)$$

$$w_{H} = \frac{w_{H1} \times q_{mf1} + w_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}3)$$

$$w_{C} = \frac{w_{C1} \times q_{mf1} + w_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}4)$$

$$w_{S} = \frac{w_{S1} \times q_{mf1} + w_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}5)$$

$$w_{N} = \frac{w_{N1} \times q_{mf1} + w_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}6)$$

$$w_{O} = \frac{w_{O1} \times q_{mf1} + w_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (8\text{-}7)$$

em que:

q_{mf1} é o caudal mássico do combustível 1, em kg/s

q_{mf2} é o caudal mássico do combustível 2, em kg/s

w_{H} é o teor de hidrogénio do combustível, % massa

w_{H} é o teor de carbono do combustível, % massa

w_{S} é o teor de enxofre do combustível, % massa

w_{N} é o teor de azoto do combustível, % massa

w_{O} é o teor de oxigénio do combustível, % massa

Cálculo das razões molares de H, C, S, N e O em relação a C para a mistura de combustível

O cálculo das razões atómicas (em especial a razão H/C-α) é indicado no anexo VII por meio das equações (8--8) a (8-11):

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_{H}}{w_{C}} \quad (8\text{-}8)$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_{S}}{w_{C}} \quad (8\text{-}9)$$

$$\delta = 0{,}85752 \cdot \frac{w_{N}}{w_{C}} \quad (8\text{-}10)$$

$$\varepsilon = 0{,}75072 \cdot \frac{w_{O}}{w_{C}} \quad (8\text{-}11)$$

Em que:

w_{H} é o teor de hidrogénio do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

w_{C} é o teor de carbono do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

w_S é o teor de enxofre do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

w_N é o teor de azoto do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

w_O é o teor de oxigénio do combustível, fração mássica [g/g] ou [% massa]

α é a razão molar do hidrogénio (H/C)

γ é a razão molar do enxofre (S/C)

δ é a razão molar do azoto (N/C)

ε é a razão molar do oxigénio (N/C)

referente a um combustível $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$

7.2. Cálculo das emissões molares

O ponto 3 do anexo VII é aplicável, exceto conforme estabelecido no presente ponto.

7.2.1. Correção da humidade nos NO_x

Utiliza-se a equação (7-102) do anexo VII (correção no que diz respeito aos motores de ignição por compressão).

7.2.2. Determinação do caudal mássico dos gases de escape quando não se utiliza um medidor do caudal dos gases de escape brutos

Utiliza-se a equação (7-112) do anexo VII (cálculo do caudal molar baseado no ar de admissão). Em alternativa, é possível utilizar a equação (7-113) do anexo VII (cálculo do caudal molar baseado no caudal mássico do combustível) apenas na realização de um ensaio NRSC.

7.2.3. Razões molares dos componentes para determinação dos componentes gasosos

Utiliza-se a abordagem exata para determinar as razões molares dos componentes usando as proporções instantâneas dos combustíveis líquido e gasoso determinadas a partir dos cálculos ou das medições do consumo instantâneo de combustível. A razão molar instantânea dos componentes deve ser utilizada nas equações (7-91), (7-89) e (7-94) do anexo VII para o balanço químico contínuo.

A determinação das razões é efetuada em conformidade com o ponto 7.2.3.1 ou o ponto 7.1.5.3.

Os combustíveis gasosos, misturados ou extraídos de uma conduta, podem conter quantidades significativas de constituintes inertes, tais como CO_2 e N_2. O fabricante deve incluir estes constituintes nos cálculos da razão atómica descritos no ponto 7.2.3.1 ou 7.1.5.3, conforme aplicável, ou, em alternativa, o fabricante deve excluir os constituintes inertes das razões atómicas e atribuí-los de forma adequada aos parâmetros para o balanço químico do ar de admissão x_{O2int}, x_{CO2int}, e x_{H2Oint} do ponto 3.4.3 do anexo VII.

7.2.3.1. Determinação das razões molares dos componentes

As razões molares instantâneas dos componentes do número de átomos de hidrogénio, oxigénio, enxofre e azoto em relação aos átomos de carbono no combustível misturado para os motores com duplo combustível podem ser calculadas por meio das equações (8-12) a (8-15):

$$\alpha(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas})\right]}{M_H \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})\right]} \quad (8\text{-}12)$$

$$\beta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas})\right]}{M_O \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})\right]} \quad (8\text{-}13)$$

$$\gamma(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas})\right]}{M_S \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})\right]} \quad (8\text{-}14)$$

$$\delta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas})\right]}{M_N \times \left[(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}) + (\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas})\right]} \quad (8\text{-}15)$$

em que:

$w_{i,fuel}$ = a fração mássica do elemento de interesse, C, H, O, S ou N, do combustível líquido ou gasoso;

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = o caudal mássico instantâneo do combustível líquido no instante t [kg/hr];

$\dot{m}_{gas}(t)$ = o caudal mássico instantâneo do combustível líquido no instante t [kg/hr];

Nos casos em que o caudal mássico dos gases de escape seja calculado com base no caudal do combustível misturado, calcula-se na equação (7-111) do anexo VII por meio da equação (8-16):

$$w_C = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad (8\text{-}16)$$

em que:

w_C = a fração mássica de carbono no combustível gasoso ou diesel;

$\dot{m}_{liquid}$ = o caudal mássico do combustível líquido [kg/h];

$\dot{m}_{gas}$ = o caudal mássico do combustível gasoso [kg/h].

7.3. Determinação do CO_2

É aplicável o anexo VII, salvo quando o motor é ensaiado num ciclo de ensaios em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) ou RMC com recolha de amostras de gases brutos.

7.3.1 Determinação do CO_2 aquando da realização do ensaio num ciclo de ensaios em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) ou RMC com recolha de amostras de gases brutos

O cálculo das emissões de CO_2 a partir da medição do CO_2 nos gases de escape em conformidade com o anexo VII não é aplicável. Em vez disso, são aplicáveis as seguintes disposições:

O consumo de combustível médio medido no ensaio é determinado a partir da soma dos valores instantâneos durante o ciclo e é utilizado como base para calcular a média do ensaio das emissões de CO_2.

A massa de cada combustível consumido é utilizada para determinar, em conformidade com o ponto 7.1.5, a razão molar do hidrogénio e as frações mássicas da mistura de combustíveis no ensaio.

A massa de combustível total corrigida de ambos os combustíveis $m_{fuel,corr}$ [g/ensaio] e as emissões mássicas de CO_2 provenientes do combustível $m_{CO2,\ fuel}$ [g/ensaio] são determinadas por meio das equações (8-17) e (8-18).

$$m_{fuel,corr} = m_{fuel} - \left(m_{THC} + \frac{A_C + a \cdot A_H}{M_{CO}} x m_{CO} + \frac{W_{GAM} + W_{DEL} + W_{EPS}}{100} \cdot m_{fuel}\right) \quad (8\text{-}17)$$

$$m_{CO_2 fuel} = \frac{M_{CO_2}}{A_C + a + A_H} \cdot m_{fuel,corr} \quad (8\text{-}18)$$

em que:

m_{fuel} = massa total de ambos os combustíveis [g/ensaio]

m_{THC} = massa das emissões totais de hidrocarbonetos nos gases de escape [g/ensaio]

m_{CO} = massa das emissões de monóxido de carbono nos gases de escape [g/ensaio]

w_{GAM} = teor de enxofre dos combustíveis [% massa]

w_{DEL} = teor de azoto dos combustíveis [% massa]

w_{EPS} = é o teor de oxigénio dos combustíveis [% massa]

α = é a razão molar do hidrogénio dos combustíveis (H/C) [-]

A_C = é a massa atómica do carbono: 12,011 [g/mol]

A_H = é a massa atómica do hidrogénio: 1,0079 [g/mol]

M_{CO} = é a massa molecular do monóxido de carbono: 28,011 [g/mol]

M_{CO2} = é a massa molecular do dióxido de carbono: 44,01 [g/mol]

As emissões de CO_2 resultantes da ureia $m_{CO2,urea}$ [g/ensaio] são calculadas por meio da equação (8-19):

$$m_{CO_2,urea} = \frac{c_{urea}}{100} \times \frac{M_{CO2}}{M_{CO(NH_2)_2}} \times m_{urea} \qquad (8\text{-}19)$$

em que:

c_{urea} = concentração de ureia [%]

m_{urea} = consumo total de ureia em massa [g/ensaio]

$M_{CO(NH2)2}$ = Massa molecular da ureia: 60,056 [g/mol]

Em seguida, calcula-se a emissão total de CO_2 m_{CO2} [g/ensaio] por meio da equação (8-20):

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \qquad (8\text{-}20)$$

A emissão total de CO_2 calculada por meio da equação (8-20) é utilizada no cálculo das emissões de CO_2 específicas ao freio, e_{CO2} [g/kWh] no ponto 2.4.1.1 ou 3.8.1.1 do anexo VII. Se for caso disso, a correção do CO_2 nos gases de escape decorrente do CO_2 no combustível gasoso é realizada em conformidade com o apêndice 3 do anexo IX.

Apêndice 3

Tipos de motores com duplo combustível que funcionam com gás natural/biometano ou GPL e um combustível líquido – ilustração das definições e requisitos essenciais

Tipo de duplo combustível	GER_{cycle}	Marcha lenta sem carga com combustível líquido	Aquecimento com combustível líquido	Funcionamento exclusivamente com combustível líquido	Funcionamento na ausência de gás	Observações
1A	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC,} \geq 0,9$	NÃO admitido	Admitido apenas em modo de manutenção	Admitido apenas em modo de manutenção	Modo de manutenção	
1B	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$	Admitido apenas em modo combustível líquido	Admitido apenas em modo combustível líquido	Admitido apenas nos modos combustível líquido e de manutenção	Modo combustível líquido	
2A	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ ou $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Admitido	Admitido apenas em modo de manutenção	Admitido apenas em modo de manutenção	Modo de manutenção	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$ Admitido
2B	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ ou $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Admitido	Admitido	Admitido	Modo combustível líquido	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ ou $GER_{NRSC} \geq 0,9$ admitido
3A	Nem definido nem admitido					
3B	$GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$ ou $GER_{NRSC} \leq 0,1$	Admitido	Admitido	Admitido	Modo combustível líquido	

ANEXO IX

Combustíveis de referência

1. Características técnicas dos combustíveis a utilizar para o ensaio dos motores de ignição por compressão

1.1. Tipo: Diesel (gasóleo não rodoviário)

Parâmetro	Unidade	Limites (1)		Método de ensaio
		mínimo	máximo	
Índice de cetano (2)		45	56,0	EN-ISO 5165
Densidade a 15 °C	kg/m³	833	865	EN-ISO 3675
Destilação:				
ponto de 50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
ponto de 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Ponto de ebulição final	°C	—	370	EN-ISO 3405
Ponto de inflamação	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	– 5	EN 116
Viscosidade a 40 °C	mm²/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Teor de enxofre (3)	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosão do cobre		—	classe 1	EN-ISO 2160
Resíduo carbonoso Conradson [10 % no resíduo de destilação (DR)]	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Teor de cinzas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contaminação total	mg/kg	—	24	EN 12662
Teor de água	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Índice de neutralização (ácido forte)	mg KOH/g	—	0,10	ASTM D 974
Estabilidade à oxidação (3)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Poder lubrificante (diâmetro da marca de desgaste em HFRR a 60 ° C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
Estabilidade à oxidação a 110 °C (3)	H	20,0	—	EN 15751
FAME	% v/v	—	7,0	EN 14078

(1) Os valores indicados nas especificações são «valores reais». Para fixar os valores-limite, aplicaram-se os termos da norma ISO 4259, «*Petroleum products — Determination and application of precision data in relation to methods of test*» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima de zero; na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade).
Não obstante esta medida, que é necessária por razões técnicas, o fabricante de combustíveis deve, no entanto, tentar obter o valor zero quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não condições das especificações, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.

(2) O intervalo indicado para o índice de cetano não está em conformidade com os requisitos de um mínimo de 4R. No entanto, em caso de diferendo entre o fornecedor e o utilizador do combustível, podem aplicar-se os termos da norma ISO 4259 para resolver tais diferendos, desde que se efetue um número suficiente de medições repetidas para obter a precisão necessária, sendo tais medições preferíveis a uma determinação única.

(3) Embora a estabilidade à oxidação seja controlada, é provável que o prazo de validade do produto seja limitado. Recomenda-se que se consulte o fornecedor em relação às condições de armazenamento e ao prazo de validade.

1.2. Tipo: Etanol para motores de ignição por compressão específicos (ED95) [1]

Parâmetro	Unidade	Limites [2]		Método de ensaio [3]
		Mínimo	Máximo	
Álcoois totais (etanol, incluindo teor de álcoois superiores saturados)	% m/m	92,4		EN 15721
Outros álcoois superiores monossaturados (C_3-C_5)	% m/m		2,0	EN 15721
Metanol	% m/m		0,3	EN 15721
Densidade a 15 °C	kg/m³	793,0	815,0	EN ISO 12185
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m		0,0025	EN 15491
Aspeto		Claro e brilhante		
Ponto de inflamação	°C	10		EN 3679
Resíduo seco	mg/kg		15	EN 15691
Teor de água	% m/m		6,5	EN 15489 [4] EN-ISO 12937 EN15692
Aldeídos, calculados como acetaldeído	% m/m		0,0050	ISO 1388-4
Ésteres, calculados como acetato de etilo	% m/m		0,1	ASTM D1617
Teor de enxofre	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486
Sulfato	mg/kg		4,0	EN 15492
Contaminação por partículas	mg/kg		24	EN 12662
Fósforo	mg/l		0,20	EN 15487
Cloreto inorgânico	mg/kg		1,0	EN 15484 ou EN 15492
Cobre	mg/kg		0,100	EN 15488
Condutividade elétrica	µS/cm		2,50	DIN 51627-4 ou prEN 15938

Notas:

(1) Podem adicionar-se aditivos ao etanol, como um aditivo para melhorar o índice de cetano, conforme especificado pelo fabricante do motor, desde que não se conheçam efeitos secundários negativos. Caso se cumpram estas condições, a quantidade máxima permitida é de 10 % m/m.

(2) Os valores indicados nas especificações são «valores reais». Para fixar os valores-limite, aplicaram-se os termos da norma ISO 4259, «Petroleum products — Determination and application of precision data in relation to methods of test» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima de zero; na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade). Não obstante esta medida, que é necessária por razões técnicas, o fabricante de combustíveis deve, no entanto, tentar obter o valor zero quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições das especificações, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.

(3) Serão adotados métodos EN/ISO equivalentes quando forem publicados para as propriedades acima enumeradas.

(4) Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições das especificações, aplicam-se os termos constantes da norma EN 15489.

2. **Características técnicas dos combustíveis a utilizar para o ensaio dos motores de ignição comandada**

2.1. Tipo: Gasolina (E10)

Parâmetro	Unidade	Limites (1)		Método de ensaio (2)
		Mínimo	Máximo	
Índice de octano teórico, RON		91,0	98,0	EN ISO 5164:2005 (3)
Índice de octano motor, MON		83,0	89,0	EN ISO 5163:2005 (3)
Densidade a 15 °C	kg/m3	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Pressão de vapor	kPa	45,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Teor de água			máx. 0,05 % v/v Aspeto a – 7 °C: claro e brilhante	EN 12937
Destilação:				
— Evaporada a 70 °C	% v/v	18,0	46,0	EN-ISO 3405
— Evaporada a 100 °C	% v/v	46,0	62,0	EN-ISO 3405
— Evaporada a 150 °C	% v/v	75,0	94,0	EN-ISO 3405
— Ponto de ebulição final	°C	170	210	EN-ISO 3405
Produto residual	% v/v	—	2,0	EN-ISO 3405
Análise dos hidrocarbonetos:				
— olefinas	% v/v	3,0	18,0	EN 14517 EN 15553
— aromáticos	% v/v	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— benzeno	% v/v	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— saturados	% v/v	Relatório		EN 14517 EN 15553
Razão carbono/hidrogénio		Relatório		
Razão carbono/oxigénio		Relatório		
Período de indução (4)	minutos	480		EN-ISO 7536
Teor de oxigénio (5)	% m/m	3,3 (8)	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Goma existente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246
Teor de enxofre (6)	mg/kg	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosão do cobre (3 h a 50 °C)	classificação	—	Classe 1	EN-ISO 2160

Parâmetro	Unidade	Limites ([1])		Método de ensaio ([2])
		Mínimo	Máximo	
Teor de chumbo	mg/l	—	5	EN 237
Teor de fósforo ([7])	mg/l	—	1,3	ASTM D 3231
Etanol ([4])	% v/v	9,0 ([8])	10,2 ([8])	EN 22854

Notas:

([1]) Os valores indicados nas especificações são «valores reais». Para fixar os valores-limite, aplicaram-se os termos da norma ISO 4259, «Petroleum products — Determination and application of precision data in relation to methods of test» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima do zero; na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade). Não obstante esta medida, que é necessária por razões técnicas, o fabricante de combustíveis deve, no entanto, tentar obter o valor zero quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições das especificações, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.

([2]) Serão adotados métodos EN/ISO equivalentes quando forem publicados para as propriedades acima enumeradas.

([3]) Para o cálculo do resultado final, deve ser subtraído um fator de correção de 0,2 para o MON e o RON, em conformidade com a norma EN 228:2008.

([4]) O combustível pode conter antioxidantes e desativadores de metais normalmente utilizados para a estabilização da circulação da gasolina nas refinarias, mas não deve comportar nenhum aditivo detergente/dispersante ou óleos solventes.

([5]) O etanol que cumpra as especificações da norma EN 15376 é o único composto oxigenado que deve ser intencionalmente adicionado a este combustível de referência.

([6]) Deve ser indicado o teor real de enxofre do combustível utilizado no ensaio de tipo 1.

([7]) Não deve haver adição intencional de compostos que contenham fósforo, ferro, manganês, ou chumbo a este combustível de referência.

([8]) O teor de etanol e o teor de oxigénio correspondente podem ser zero para os motores da categoria SMB, ao critério do fabricante. Neste caso, todos os ensaios da família de motores, ou do tipo de motores para os quais não exista família, devem ser realizados usando gasolina com teor de etanol nulo.

2.2. Tipo: Etanol (E85)

Parâmetro	Unidade	Limites ([1])		Método de ensaio
		Mínimo	Máximo	
Índice de octano teórico, RON		95,0	—	EN ISO 5164
Índice de octano motor, MON		85,0	—	EN ISO 5163
Densidade a 15 °C	kg/m³	Relatório		ISO 3675
Pressão de vapor	kPa	40,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Teor de enxofre ([2])	mg/kg	—	10	EN 15485 ou EN 15486
Estabilidade à oxidação	Minutos	360		EN ISO 7536
Teor de goma existente (lavado com solvente)	mg/100 ml	—	5	EN-ISO 6246
Aspeto Deve ser determinado à temperatura ambiente ou a 15 °C, consoante a que for mais elevada		Claro e brilhante, visivelmente livre de contaminantes suspensos ou precipitados		Inspeção visual

Parâmetro	Unidade	Limites (1)		Método de ensaio
		Mínimo	Máximo	
Etanol e álcoois superiores (3)	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 E DIN 51627-3
Álcoois superiores (C_3-C_8)	% v/v	—	2,0	E DIN 51627-3
Metanol	% v/v		1,00	E DIN 51627-3
Gasolina (4)	% v/v	Restante		EN 228
Fósforo	mg/l	0,20 (5)		EN 15487
Teor de água	% v/v		0,300	EN 15489 ou EN 15692
Teor de cloreto inorgânico	mg/l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Corrosão em lâmina de cobre (3 h a 50 °C)	Classificação	Classe 1		EN ISO 2160
Acidez (como ácido acético CH_3COOH)	% m/m (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Condutividade elétrica	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 ou prEN 15938
Razão carbono/hidrogénio		Relatório		
Razão carbono/oxigénio		Relatório		

Notas:

(1) Os valores indicados nas especificações são «valores reais». Para fixar os valores-limite, aplicaram-se os termos da norma ISO 4259, «Petroleum products — Determination and application of precision data in relation to methods of test» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima do zero; na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade). Não obstante esta medida, que é necessária por razões técnicas, o fabricante de combustíveis deve, no entanto, tentar obter o valor zero quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições das especificações, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.

(2) Deve ser indicado o teor real de enxofre do combustível utilizado nos ensaios de emissões.

(3) O etanol que cumpra as especificações da norma EN 15376 é o único composto oxigenado que deve ser intencionalmente adicionado a este combustível de referência.

(4) O teor de gasolina sem chumbo pode ser determinado subtraindo a 100 a soma da percentagem do teor de água, de álcoois, de MTBE e de ETBE.

(5) Não deve haver adição intencional de compostos que contenham fósforo, ferro, manganês, ou chumbo a este combustível de referência.

3. **Características técnicas dos combustíveis gasosos para motores monocombustível ou com duplo combustível**

3.1. Tipo: GPL

Parâmetro	Unidade	Combustível A	Combustível B	Método de ensaio
Composição:				EN 27941
Teor de C_3	% v/v	30 ± 2	85 ± 2	

Parâmetro	Unidade	Combustível A	Combustível B	Método de ensaio
Teor de C_4	% v/v	Restante (1)	Restante (1)	
$< C_3$, $> C_4$	% v/v	Máximo 2	Máximo 2	
Olefinas	% v/v	Máximo 12	Máximo 15	
Resíduo de evaporação	mg/kg	Máximo 50	Máximo 50	EN 15470
Água a 0 °C		Isenção	Isenção	EN 15469
Teor total de enxofre, incluindo agentes odorizantes	mg/kg	Máximo 10	Máximo 10	EN 24260, ASTM D 3246, ASTM 6667
Sulfureto de hidrogénio		Nenhum	Nenhum	EN ISO 8819
Corrosão em lâmina de cobre (1 h a 40 °C)	Classificação	Classe 1	Classe 1	ISO 6251 (2)
Odor		Característica	Característica	
Índice de octano motor (3)		Mínimo 89,0	Mínimo 89,0	EN 589 Anexo B

Notas:
(1) Por «restante» entende-se a seguinte determinação por diferença: restante = 100 – C_3 – $<C_3$ – $>C_4$.
(2) Este método pode não determinar, com precisão, a presença de materiais corrosivos se a amostra contiver inibidores de corrosão ou outros produtos químicos que diminuam a agressividade da amostra à lâmina de cobre. Por conseguinte, é proibida a adição de tais compostos com a única finalidade de influenciar o método de ensaio.
(3) A pedido do fabricante do motor, pode utilizar-se um MON mais elevado na realização dos ensaios de homologação.

3.2. Tipo: Gás natural/biometano

3.2.1. Especificação para combustíveis de referência fornecidos com propriedades fixas (por exemplo, de um recipiente selado)

Em alternativa aos combustíveis de referência estabelecidos no presente ponto, é possível utilizar os combustíveis equivalentes do ponto 3.2.2.

Características	Unidades	Base	Limites		Método de ensaio
			mínimo	máximo	
Combustível de referência G_R					
Composição:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	
Restante (1)	% mole	—	—	1	ISO 6974
Teor de enxofre	mg/m³ (2)	—		10	ISO 6326-5

Notas:
(1) Inertes + C_{2+}
(2) Valor a determinar às condições normais 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Características	Unidades	Base	Limites		Método de ensaio
			mínimo	máximo	
Combustível de referência G_{23}					
Composição:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Restante (1)	% mole	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mole	7,5	6,5	8,5	
Teor de enxofre	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5

Notas:
(1) Inertes (diferentes de N_2) + C_2+ C_{2+}
(2) Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Combustível de referência G_{25}					
Composição:					
Metano	% mole	86	84	88	
Restante (1)	% mole	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mole	14	12	16	
Teor de enxofre	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5

Notas:
(1) Inertes (diferentes de N_2) + C_2+ C_{2+}
(2) Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Combustível de referência G_{20}					
Composição:					
Metano	% mole	100	99	100	ISO 6974
Restante (1)	% mole	—	—	1	ISO 6974
N_2	% mole				ISO 6974
Teor de enxofre	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5
Índice de Wobbe (líquido)	MJ/m³ (3)	48,2	47,2	49,2	

(1) Inertes (diferentes de N_2) + C_2 + C_2+.
(2) Valor a determinar a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.
(3) Valor a determinar a 273,2 K (0 °C) e 101,3 kPa.

3.2.2. Especificação para combustível de referência fornecido de conduta com mistura de outros gases com as propriedades dos gases determinadas por medição no local

Em alternativa aos combustíveis de referência do presente ponto, é possível utilizar os combustíveis de referência equivalentes do ponto 3.2.1.

3.2.2.1. A base de cada combustível de referência transportado por conduta (G_R, G_{20}, etc.) deve ser o gás retirado de uma rede de distribuição pública de gás, misturado, se necessário para cumprir a correspondente especificação do desvio lambda (S_λ) do quadro 9.1, com uma mistura de um ou mais dos seguintes gases disponíveis no mercado ([1]):

a) Dióxido de carbono;

b) Etano;

c) Metano;

d) Azoto;

e) Propano.

([1]) Não é necessária a utilização de gás de calibração para este efeito.

3.2.2.2. O valor de S_λ da mistura resultante do gás transportado por condutas e do gás de mistura deve situar-se na gama especificada no quadro 9.1 para o combustível de referência especificado.

Quadro 9.1

Gama de S_λ exigida para cada combustível de referência

Combustível de referência	S_λ mínimo	S_λ máximo
G_R ([1])	0,87	0,95
G_{20}	0,97	1,03
G_{23}	1,05	1,10
G_{25}	1,12	1,20

([1]) Não é necessário que o motor seja ensaiado com uma mistura de gás com um índice de metano (MN) inferior a 70. Caso a gama exigida de S_λ para G_R resulte num MN inferior a 70, o valor de S_λ para G_R pode ser ajustado conforme necessário até que se obtenha um valor de MN não inferior a 70.

3.2.2.3. O relatório de ensaio do motor para cada ensaio deve incluir os seguintes elementos:

a) O gás ou os gases de mistura escolhidos a partir da lista do ponto 3.2.2.1;

b) O valor de S_λ para a mistura de combustível resultante;

c) O índice de metano (MN) da mistura de combustível resultante.

3.2.2.4. Os requisitos constantes dos apêndices 1 e 2 devem ser cumpridos a respeito da determinação das propriedades dos gases transportados por condutas e de mistura, da determinação de S_λ e MN para a mistura de gases resultante e da verificação de que a mistura se manteve durante o ensaio.

3.2.2.5. Caso uma ou mais das correntes de gás [gás transportado por condutas ou mistura de gás(es)] contenham CO_2 numa proporção superior a uma proporção *de minimis*, o cálculo das emissões específicas de CO_2 do anexo VII deve ser corrigido em conformidade com o apêndice 3.

Apêndice 1

Requisitos adicionais para a realização de ensaios de emissão com combustíveis gasosos de referência constituídos por gás transportado por condutas com uma mistura de outros gases

1. **Método de análise dos gases e medição do caudal dos gases**

1.1. Para efeitos do presente apêndice, se necessário, determina-se a composição dos gases através da análise por cromatografia gasosa de acordo com a norma EN ISO 6974, ou de uma técnica alternativa que obtenha um nível pelo menos semelhante de exatidão e repetibilidade.

1.2. Para efeitos do presente apêndice, se necessário, realiza-se a medição do caudal de gases com um medidor do caudal mássico.

2. **Análise e caudal do gás de distribuição pública**

2.1. A composição do gás de distribuição pública deve ser analisada antes do sistema de mistura.

2.2. Deve medir-se o caudal do gás de distribuição pública que entra no sistema de mistura.

3. **Análise e caudal da mistura**

3.1. Sempre que se encontre disponível um certificado de análise aplicável a uma mistura (por exemplo, emitido pelo fornecedor do gás), este pode ser utilizado como fonte da composição dessa mistura. Neste caso, a análise no local da composição dessa mistura é permitida, mas não é necessária.

3.2. Caso não se encontre disponível um certificado de análise aplicável à mistura, analisa-se a composição dessa mistura.

3.3. Deve medir-se o caudal de cada mistura que entra no sistema de mistura.

4. **Análise da mistura de gases**

4.1. A análise da composição dos gases fornecidos ao motor após a saída do sistema de mistura é permitida para além da análise exigida pelos pontos 2.1 ou 3.1 ou em alternativa à mesma, mas não é necessária.

5. **Cálculo de S_λ e MN da mistura de gases**

5.1. Os resultados da análise dos gases de acordo com o ponto 2.1, 3.1 ou 3.2 e, se aplicável, o ponto 4.1, conjugados com o caudal mássico dos gases medido em conformidade com os pontos 2.2 e 3.3, são utilizados para calcular o MN de acordo com a norma EN 16726:2015. Utiliza-se o mesmo conjunto de dados para calcular S_λ em conformidade com o procedimento estabelecido no apêndice 2.

6. **Controlo e verificação da mistura de gases durante o ensaio**

6.1 O controlo e a verificação da mistura de gases durante o ensaio devem ser efetuados com recurso a um sistema de controlo de circuito fechado ou de circuito aberto.

6.2 Sistema de controlo da mistura de circuito aberto

6.2.1 Neste caso, a análise dos gases, os cálculos e as medições do caudal estabelecidos nos pontos 1, 2, 3 e 4 são efetuados antes do ensaio das emissões.

6.2.2 Deve fixar-se a proporção do gás de distribuição pública e da(s) mistura(s) a fim de assegurar que S_λ se situa na gama permitida para o combustível de referência pertinente do quadro 9.1.

6.2.3 Sempre que se tenham fixado as proporções relativas, estas devem ser mantidas ao longo do ensaio das emissões. São permitidos ajustamentos aos caudais individuais a fim de manter as proporções relativas.

6.2.4 Sempre que o ensaio das emissões tenha sido concluído, repetem-se a análise da composição dos gases, os cálculos e as medições do caudal estabelecidos nos pontos 2, 3, 4 e 5. Para que o ensaio seja considerado válido, o valor de S_λ deve permanecer na gama especificada para o respetivo combustível de referência indicada no quadro 9.1.

6.3 Sistema de controlo da mistura de circuito fechado

6.3.1 Neste caso, realizam-se a análise da composição dos gases, os cálculos e as medições do caudal estabelecidos nos pontos 2, 3, 4 e 5 a intervalos durante o ensaio das emissões. Os intervalos são escolhidos tomando em consideração a capacidade do cromatógrafo de fase gasosa em termos de frequência, bem como o sistema de cálculo correspondente.

6.3.2 Os resultados das medições e dos cálculos periódicos devem ser utilizados para ajustar as proporções relativas do gás de distribuição pública e da mistura a fim de manter o valor de S_λ na gama especificada no quadro 9.1 para o respetivo combustível de referência. A frequência de ajustamento não deve ultrapassar a frequência da medição.

6.3.3 Para que o ensaio seja considerado válido, o valor de S_λ deve situar-se na gama especificada no quadro 9.1 para o respetivo combustível de referência em, pelo menos, 90 % dos pontos de medição.

Apêndice 2

Cálculo do fator de desvio λ (S_λ)

1. **Cálculos**

O fator de desvio λ (S_λ) ([1]) calcula-se por meio da equação (9-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \qquad (9\text{-}1)$$

em que:

S_λ = fator de desvio λ;

inert % = % em volume de gases inertes no combustível (isto é, N_2, CO_2, He, etc.);

O_2^* = % em volume de oxigénio original no combustível;

n e m = referem-se ao C_nH_m médio que representa os hidrocarbonetos combustíveis, ou seja:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100} + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100} + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100} + ..\right]\right]\right]}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} \qquad (9\text{-}2)$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} + \ldots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100} + ..\right]\right]}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} \qquad (9\text{-}3)$$

em que:

CH_4 = % em volume de metano no combustível;

C_2 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_2 (p. ex. C_2H_6, C_2H_4, etc.) no combustível;

C_3 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_3 (por exemplo: C_3H_8, C_3H_6, etc.) no combustível;

C_4 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_4 (por exemplo: C_4H_{10}, C_4H_8, etc.) no combustível;

C_5 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_5 (por exemplo: C_5H_{12}, C_5H_{10}, etc.) no combustível;

diluent = % em volume de gases de diluição no combustível (isto é: O_2*, N_2, CO_2, He, etc.).

2. **Exemplos de cálculo do fator de desvio λ S_λ:**

Exemplo 1: G_{25}: CH_4 = 86 %, N_2 = 14 % (em volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

([1]) Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels – SAE J1829, junho de 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4 «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Exemplo 2: G_R: CH_4 = 87 %, C_2H_6 = 13 % (em volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Exemplo 3: USA: CH_4 = 89 %, C_2H_6 = 4,5 %, C_3H_8 = 2,3 %, C_6H_{14} = 0,2 %, O_2 = 0,6 %, N_2 = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + ..}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64+4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + .. + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right]}{\frac{1 - diluent\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6+4}{100}} = 4{,}24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

Em alternativa à equação acima, S_λ pode ser calculado a partir da razão entre a carência de ar estequiométrico do metano puro e a carência de ar estequiométrico da mistura de combustível fornecida ao motor, tal como especificado abaixo.

O fator de desvio lambda (S_λ) expressa a carência de oxigénio de qualquer mistura de combustível em relação à carência de oxigénio do metano puro. Entende-se por carência de oxigénio a quantidade de oxigénio necessária para oxidar o metano numa composição estequiométrica de elementos da reação para produtos de combustão completa (ou seja, dióxido de carbono e água).

Para a combustão do metano puro a reação é a estabelecida na equação (9-4):

$$1 \cdot CH_4 + 2 \cdot O_2 \rightarrow 1 \cdot CO_2 + 2 \cdot H_2O \qquad (9\text{-}4)$$

Neste caso, a razão das moléculas na composição estequiométrica dos elementos da reação é exatamente 2:

$$\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} = 2$$

em que:

n_{O2} = número de moléculas de oxigénio

n_{CH4} = número de moléculas de metano

A carência de oxigénio do metano puro é, portanto:

n_{O2} = com um valor de referência de $[n_{CH4}]$= 1 kmol

O valor de S_λ pode ser determinado a partir da razão da composição estequiométrica do oxigénio e do metano em relação à razão da composição estequiométrica do oxigénio e da mistura de combustível fornecida ao motor, tal como estabelecido na equação (9-5):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{\text{blend}}} \qquad (9\text{-}5)$$

em que:

n_{blend} = número de moléculas da mistura de combustível

$(n_{O2})_{blend}$ = a razão entre as moléculas na composição estequiométrica do oxigénio e a mistura de combustível fornecida ao motor

Uma vez que o ar contém 21 % de oxigénio, a carência estequiométrica do ar L_{st} de qualquer combustível é calculada por meio da equação (9-6):

$$L_{st,fuel} = \frac{n_{O2,fuel}}{0{,}21} \qquad (9\text{-}6)$$

em que:

$L_{st,fuel}$ = a carência estequiométrica de ar do combustível

$n_{O2\ fuel}$ = a carência estequiométrica de oxigénio do combustível

Consequentemente, o valor de S_λ também pode ser determinado a partir da razão entre a composição estequiométrica do ar e do metano relativamente à razão entre a composição estequiométrica de ar e da mistura do combustível fornecida ao motor, ou seja, a razão entre a carência estequiométrica de ar do metano e a da mistura de combustível fornecida ao motor, tal como estabelecido na equação (9-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0{,}21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0{,}21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{CH_4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0{,}21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH_4}}{L_{st,blend}} \qquad (9\text{-}7)$$

Portanto, pode utilizar-se qualquer cálculo que especifique a carência estequiométrica de ar para expressar o fator de desvio lambda.

Apêndice 3

Correção do CO_2 nos gases de escape decorrente do CO_2 no combustível gasoso

1. **Caudal mássico instantâneo do CO_2 na corrente de combustível gasoso**

1.1. Determinam-se a composição dos gases e o caudal dos gases em conformidade com os requisitos dos pontos 1 a 4 do apêndice 1.

1.2 Calcula-se o caudal mássico instantâneo do CO_2 numa corrente de gases fornecida ao motor por meio da equação (9-8).

$$\dot{m}_{CO2i} = (M_{CO2}/M_{stream}) \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad (9\text{-}8)$$

em que:

$\dot{m}_{CO2i}$ = caudal mássico instantâneo do CO_2 da corrente de gases [g/s]

$\dot{m}_{streami,}$ = caudal mássico instantâneo da corrente de gases [g/s]

x_{CO2i} = fração molar de CO_2 na corrente gasosa [-]

M_{CO2} = massa molar do CO_2 [g/mol]

M_{stream} = massa molar da corrente de gases [g/mol]

M_{stream} é calculada a partir de todos os constituintes medidos (1, 2, …, n) por meio da equação (9-9).

$$M_{stream} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad (9\text{-}9)$$

em que:

$X_{1, 2, \ldots n}$ = Fração molar de cada componente medido na corrente de gases (CH_4, CO_2, …) [-]

$M_{1, 2, \ldots n}$ = Massa molar de cada componente medido na corrente de gases [g/mol]

1.3. A fim de determinar o caudal mássico total do CO_2 no combustível gasoso que entra no motor, realiza-se o cálculo da equação (9-8) para cada corrente de gases com CO_2 que entra no sistema de mistura de gases e somam-se os resultados para cada corrente de gases ou realiza-se o cálculo para a mistura de gases que sai do sistema de mistura e entra no motor por meio da equação (9-10):

$$\dot{m}_{CO2i, fuel} = \dot{m}_{CO2i, a} + \dot{m}_{CO2i, b} + \ldots + \dot{m}_{CO2i, n} \quad (9\text{-}10)$$

em que:

$\dot{m}_{CO2i, fuel}$ = caudal mássico instantâneo combinado do CO_2 decorrente do CO_2 no combustível gasoso que entra no motor [g/s]

$\dot{m}_{CO2i, a, b, \ldots, n}$ = caudal mássico instantâneo do CO_2 decorrente do CO_2 em cada corrente de gases a, b,..., n [g/s]

2. **Cálculo das emissões específicas de CO_2 para ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) e RMC**

2.1 Calcula-se a massa total por ensaio das emissões de CO_2 do CO_2 no combustível $m_{CO2,\ fuel}$ [g/ensaio] através da soma do caudal mássico instantâneo do CO_2 no combustível gasoso que entra no motor $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/s] durante o ciclo de ensaio por meio da equação (9-11):

$$m_{\ CO2,fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}11)$$

em que:

f = frequência de amostragem dos dados (Hz)

N = número de medições [-]

2.2 A massa total das emissões de CO_2 m_{CO2} [g/ensaio] utilizada na equação (7-61), (7-63), (7-128) ou (7-130) do anexo VII para calcular o resultado das emissões específicas e_{CO2} [g/kWh] é substituída nessas equações pelo valor corrigido $m_{CO2,\ corr}$ [g/ensaio] calculado por meio da equação (9-12).

$$m_{CO2,\ corr} = m_{CO2} - m_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}12)$$

3. **Cálculo das emissões específicas de CO_2 para os NRSC em modo discreto**

3.1 Calcula-se o caudal mássico médio das emissões de CO_2 do CO_2 no combustível por hora $q_{mCO2,\ fuel}$ ou $_{fuel}$ [g/h] para cada modo de ensaio a partir das medições do caudal mássico instantâneo do CO_2 $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/s] dado pela equação (9-10) recolhidas durante o período de recolha de amostras do respetivo modo de ensaio por meio da equação (9-13):

$$q_{\ mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,fuel} = \frac{1}{3\,600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2,fuel} \qquad (9\text{-}13)$$

em que:

N = número de medições efetuadas durante o modo de ensaio [-]

3.2 O caudal mássico médio das emissões de CO_2 q_{mCO2} ou $\dot{m}_{CO2}$ [g/h] para cada modo de ensaio utilizado na equação (7-64) ou (7-131) do anexo VII para calcular o resultado das emissões específicas e_{CO2} [g/kWh] é substituído nessas equações pelo valor corrigido $q_{mCO2,\ corr}$ ou $\dot{m}_{CO2,\ corr}$ [g/h] para cada modo de ensaio calculado por meio da equação (9-14) ou (9-15).

$$q_{mCO2,\ corr} = q_{mCO2} - q_{mCO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}14)$$

$$\dot{m}_{CO2,\ corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,\ fuel} \qquad (9\text{-}15)$$

ANEXO X

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para o fornecimento de um motor separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape

1. O fornecimento separado, tal como estabelecido no artigo 34.º, n.º 3, do Regulamento (UE) 2016/1628, ocorre quando o fabricante e o OEM que instala o motor são entidades jurídicas separadas e o motor é fornecido pelo fabricante de um local separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape, e este sistema é fornecido de um local diferente e/ou num momento diferente.

2. **Neste caso, o fabricante deve:**

2.1. Ser considerado responsável pela colocação do motor no mercado e por assegurar que o motor é posto em conformidade com o tipo de motor homologado;

2.2. Encomendar todas as peças expedidas separadamente antes do fornecimento do motor separadamente do seu sistema de pós-tratamento dos gases de escape ao OEM;

2.3. Disponibilizar ao OEM as instruções para a instalação do motor com o sistema de pós-tratamento dos gases de escape, bem como a marcação de identificação das peças expedidas separadamente e as informações necessárias para verificar o funcionamento correto do motor montado em conformidade com o tipo ou a família de motores homologados.

2.4. Manter registos do seguinte:

1) As instruções disponibilizadas ao OEM;

2) A lista de todas as peças entregues separadamente;

3) Os registos devolvidos pelo OEM que confirmam que os motores entregues foram postos em conformidade, de acordo com o ponto 3;

2.4.1. Conservar estes registos durante, pelo menos, 10 anos;

2.4.2. Disponibilizar os registos à entidade homologadora, à Comissão Europeia ou às autoridades de fiscalização do mercado mediante pedido.

2.5. Assegurar que, para além da marcação regulamentar exigida pelo artigo 32.º do Regulamento (UE) 2016/1628, é afixada uma marcação temporária ao motor sem sistema de pós-tratamento dos gases de escape, tal como exigido pelo artigo 33.º, n.º 1, desse regulamento e em conformidade com as disposições estabelecidas no anexo III do Regulamento de Execução 2017/656.

2.6. Assegurar que as peças expedidas separadamente dos motores dispõem de marcações de identificação (por exemplo, números de peça).

2.7. Assegurar que, no caso de um motor de transição, o motor (incluindo o sistema de pós-tratamento dos gases de escape) tem uma data de produção do motor anterior à data de colocação no mercado de motores estabelecida no anexo III do Regulamento (UE) 2016/1628, tal como exigido pelo artigo 3.º, n.ºs 7, 30 e 32, desse regulamento.

2.7.1. Os registos estabelecidos no ponto 2.4 devem incluir provas de que o sistema de pós-tratamento dos gases de escape que faz parte de um motor de transição foi produzido previamente à referida data, caso a data de produção não seja evidente a partir da marcação no sistema de pós-tratamento dos gases de escape.

3. **O OEM deve:**

3.1. Confirmar ao fabricante que o motor foi posto em conformidade com o tipo ou a família de motores homologados de acordo com as instruções recebidas e que foram realizadas todas as verificações necessárias para assegurar o funcionamento correto do motor montado de acordo com o tipo de motor homologado.

3.2. Se um OEM receber um fornecimento regular de motores de um fabricante, a confirmação estabelecida no ponto 3.1 pode ser facultada em intervalos regulares acordados entre as partes, mas não superiores a um ano.

ANEXO XI

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para a colocação temporária no mercado com o objetivo de realizar ensaios de campo

São aplicáveis as seguintes condições à colocação temporária no mercado de motores para efeitos de ensaios de campo em conformidade com o artigo 34.º, n.º 4, do Regulamento (UE) 2016/1628:

1. O fabricante deve continuar a ser o proprietário do motor até que se conclua o procedimento estabelecido no ponto 5. Tal não impede um acordo financeiro com o OEM ou utilizadores finais que participem no procedimento de ensaio.

2. Antes da colocação do motor no mercado, o fabricante deve informar a entidade homologadora de um Estado-Membro, indicando a sua denominação ou marca registada, o número de série único do motor, a data de produção do motor, quaisquer informações relevantes sobre o desempenho do motor em termos de emissões e o OEM ou os utilizadores finais que participam no procedimento de ensaio.

3. O motor deve ser acompanhado de uma declaração de conformidade entregue pelo fabricante e que cumpra as disposições estabelecidas no anexo II do Regulamento de Execução (UE) 2017/656; a declaração de conformidade deve indicar, nomeadamente, que se trata de um motor para ensaios de campo temporariamente colocado no mercado em conformidade com o artigo 34.º, n.º 4, do Regulamento (UE) 2016/1628.

4. O motor deve ostentar as marcações regulamentares estabelecidas no anexo III do Regulamento de Execução (UE) 2017/656;

5. Após a conclusão dos ensaios e, em qualquer caso, 24 meses após a colocação de um motor no mercado, o fabricante deve assegurar que o motor é retirado do mercado ou posto em conformidade com o Regulamento (UE) 2016/1628. O fabricante deve informar a entidade homologadora da opção selecionada.

6. Sem prejuízo do ponto 5, o fabricante pode solicitar a extensão da duração do ensaio até 24 meses adicionais, perante a mesma entidade de homologação, apresentando a devida justificação para o pedido de extensão.

6.1. A entidade homologadora pode autorizar a extensão, caso a considere justificada. Neste caso:

1) o fabricante deve emitir uma nova declaração de conformidade relativa ao período adicional; e

2) as disposições estabelecidas no ponto 5 são aplicáveis até ao final do período de extensão ou, em qualquer caso, 48 meses após a colocação do motor no mercado.

ANEXO XII

Especificações técnicas pormenorizadas e condições para motores para fins especiais

São aplicáveis as seguintes condições para a colocação no mercado de motores que cumprem os valores-limite de emissões de gases e partículas poluentes para motores para fins especiais estabelecidos no anexo VI do Regulamento (UE) 2016/1628:

1. Antes da colocação do motor no mercado, o fabricante deve tomar medidas razoáveis para assegurar que o motor será instalado numa máquina móvel não rodoviária para utilização exclusiva em atmosferas potencialmente explosivas, em conformidade com o artigo 34.º, n.º 5, desse regulamento ou no lançamento e recuperação de embarcações salva-vidas operadas pelos serviços de emergência nacionais, em conformidade com o artigo 34.º, n.º 6, desse regulamento.

2. Para efeitos do ponto 1, considera-se uma medida razoável uma declaração por escrito do OEM ou operador económico que recebe o motor que confirme que este será instalado numa máquina móvel não rodoviária para utilização exclusivamente para fins especiais.

3. O fabricante deve:

   1) conservar a declaração por escrito estabelecida no ponto 2 durante, pelo menos, 10 anos; e

   2) disponibilizá-la à entidade homologadora, à Comissão Europeia ou às autoridades de fiscalização do mercado mediante pedido.

4. O motor deve ser acompanhado de uma declaração de conformidade entregue pelo fabricante e que cumpra as disposições estabelecidas no anexo II do Regulamento de Execução (UE) 2017/656; a declaração de conformidade deve indicar, nomeadamente, que se trata de um motor para fins especiais colocado no mercado nos termos das condições estabelecidas no artigo 34.º, n.ºs 5 ou 6, do Regulamento (UE) 2016/1628.

5. O motor deve ostentar as marcações regulamentares estabelecidas no anexo III do Regulamento de Execução (UE) 2017/656.

ANEXO XIII

Aceitação de homologações de motores equivalentes

1. No caso dos tipos ou famílias de motores da categoria NRE, as seguintes homologações e, se for caso disso, a correspondente marcação regulamentar, são reconhecidas como equivalentes às homologações UE concedidas e às marcações regulamentares exigidas em conformidade com o Regulamento (UE) 2016/1628:

   1) As homologações UE concedidas com base no Regulamento (CE) n.º 595/2009 e nas respetivas medidas de execução, nos casos em que um serviço técnico confirme que o tipo de motor cumpre:

      a) os requisitos estabelecidos no apêndice 2 do anexo IV, quando o motor se destina exclusivamente à utilização em vez de motores da fase V das categorias IWP e IWA, em conformidade com o artigo 4.º, n.º 1, ponto 1, alínea b), do Regulamento (UE) 2016/1628; ou

      b) os requisitos estabelecidos no apêndice 1 do anexo IV para os motores não abrangidos pela alínea a);

   2) As homologações em conformidade com o Regulamento n.º 49, série 06 de alterações, da UNECE sempre que um serviço técnico confirme que o tipo de motor cumpre:

      a) os requisitos estabelecidos no apêndice 2 do anexo IV, quando o motor se destina exclusivamente à utilização em vez de motores da fase V das categorias IWP e IWA, em conformidade com o artigo 4.º, n.º 1, ponto 1, alínea b), do Regulamento (UE) 2016/1628; ou

      b) os requisitos estabelecidos no apêndice 1 do anexo IV para os motores não abrangidos pela alínea a).

ANEXO XIV

Pormenores das informações e instruções relevantes para os OEM

1. Tal como exigido pelo artigo 43.º, n.º 2, do Regulamento (UE) 2016/1628, o fabricante deve fornecer ao OEM todas as informações e instruções pertinentes para assegurar que o motor é conforme com o tipo de motor homologado quando instalado em máquinas móveis não rodoviárias. As instruções para este efeito devem ser claramente indicadas ao OEM.

2. As instruções podem ser facultadas em papel ou num formato eletrónico de utilização corrente.

3. Se vários motores que exijam as mesmas instruções forem fornecidos ao mesmo OEM, só é necessário facultar um conjunto de instruções.

4. As informações e instruções a fornecer ao OEM devem incluir, no mínimo:

   1) Requisitos de instalação para atingir o desempenho em matéria de emissões do tipo de motor, incluindo o sistema de controlo das emissões, que devem ser tomados em consideração a fim de assegurar o funcionamento correto do sistema de controlo das emissões;

   2) Uma descrição de quaisquer restrições ou condições especiais associadas à instalação ou utilização do motor, como indicado no certificado de homologação UE definido no anexo IV do Regulamento de Execução (UE) 2017/656;

   3) Uma declaração que indique que a instalação do motor não deve limitar o motor de forma permanente para funcionar exclusivamente numa gama de potência correspondente a uma (sub)categoria com limites de emissões de gases e de partículas poluentes mais rigorosos do que a (sub)categoria a que o motor pertence;

   4) no que se refere às famílias de motores às quais o anexo V é aplicável, os limites superior e inferior da zona de controlo aplicável e uma declaração que indique que a instalação do motor não deve limitá-lo para funcionar permanentemente apenas a pontos de carga e velocidade fora da zona de controlo relativa à curva do binário do motor;

   5) Se for caso disso, requisitos de conceção para os componentes fornecidos pelo OEM que não fazem parte do motor e são necessários para garantir que, quando instalado, o motor é conforme com o tipo de motor homologado;

   6) Se for caso disso, requisitos de conceção aplicáveis ao reservatório de reagente, incluindo proteção contra o congelamento, monitorização do nível de reagente e meios para recolher amostras de reagente;

   7) Se for caso disso, informações sobre a possível instalação de um sistema de dosagem do reagente não aquecido;

   8) Se for caso disso, uma declaração que indique que o motor se destina exclusivamente à instalação em sopradores de neve;

   9) Se for caso disso, uma declaração que indique que o OEM deve fornecer um sistema de aviso, tal como estabelecido nos apêndices 1 a 4 do anexo IV;

   10) Se for caso disso, informações sobre a interface entre o motor e a máquina móvel não rodoviária para o sistema de aviso do operador a que se refere o ponto 9;

   11) Se for caso disso, informações sobre a interface entre o motor e a máquina móvel não rodoviária para o sistema de persuasão do operador, tal como estabelecido no ponto 5 do apêndice 1 do anexo IV;

   12) Se for caso disso, informações sobre um meio para desativar temporariamente o sistema de persuasão do operador, tal como definido no ponto 5.2.1 do apêndice 1 do anexo IV;

   13) Se for caso disso, informações sobre a função de neutralização das medidas de persuasão, tal como definida no ponto 5.5 do apêndice 1 do anexo IV;

   14) No caso dos motores com duplo combustível:

      a) Uma declaração que indique que o OEM deve fornecer um indicador do modo de funcionamento duplo combustível, tal como descrito no ponto 4.3.1 do anexo VIII,

b) Uma declaração que indique que o OEM deve fornecer um sistema de aviso duplo combustível, tal como descrito no ponto 4.3.2 do anexo VIII,

c) Informações sobre a interface entre o motor e a máquina móvel não rodoviária para o sistema de indicação e aviso do operador a que se refere o ponto 14, alíneas a) e b);

15) No caso de um motor de velocidade variável da categoria IWP que seja homologado para utilização em uma ou mais outras aplicações em vias navegáveis interiores, tal como estabelecido no ponto 1.1.1.2 do anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656, os dados sobre cada (sub)categoria e modo de funcionamento (velocidade de funcionamento) para os quais o motor está homologado e pode ser regulado quando instalado;

16) No caso de um motor de velocidade constante equipado com velocidades alternativas, tal como estabelecido no ponto 1.1.2.3 do anexo IX do Regulamento de Execução (UE) 2017/656:

a) Uma declaração que indique que a instalação do motor assegura que:

i) O motor é parado antes da reposição do regulador de velocidade constante a uma velocidade alternativa; e,

ii) O regulador de velocidade constante é fixado apenas às velocidades alternativas permitidas pelo fabricante do motor;

b) Dados sobre cada (sub)categoria e modo de funcionamento (velocidade de funcionamento) para os quais o motor está homologado e pode ser regulado quando instalado;

17) Caso o motor seja equipado com uma velocidade de marcha lenta sem carga para o arranque e a paragem, tal como permitido pelo artigo 3.º, n.º 18, do Regulamento (UE) 2016/1628, uma declaração que indique que a instalação do motor deve assegurar que o regulador de velocidade constante está ativo antes do aumento da carga do motor a partir da regulação sem carga.

5. Tal como exigido pelo artigo 43.º, n.º 3, do Regulamento (UE) 2016/1628, o fabricante deve fornecer ao OEM todas as informações e instruções necessárias que o OEM deve fornecer aos utilizadores finais em conformidade com o anexo XV.

6. Tal como exigido pelo artigo 43.º, n.º 4, do Regulamento (UE) 2016/1628, o fabricante deve fornecer ao OEM o valor das emissões de dióxido de carbono (CO2) em g/kWh determinado durante o processo de homologação UE e registado no certificado de homologação UE. Este valor deve ser fornecido pelo OEM aos utilizadores finais acompanhado da seguinte declaração: «*A presente medição de CO_2 resulta do ensaio, durante um ciclo de ensaio fixo em condições de laboratório, realizado com um motor (precursor) representativo do tipo de motor (família de motores) e não implica nem expressa qualquer garantia do desempenho de um motor específico*».

ANEXO XV

Pormenores das informações e instruções relevantes para os utilizadores finais

1. O OEM deve fornecer aos utilizadores finais todas as informações e instruções necessárias para o funcionamento correto do motor a fim de manter as emissões de gases e de partículas poluentes do motor dentro dos limites do tipo ou família de motores homologados. As instruções para este efeito devem ser claramente indicadas aos utilizadores finais.

2. As instruções aos utilizadores finais devem:

2.1. Ser redigidas de forma clara e não técnica utilizando os mesmos termos utilizados nas instruções para os utilizadores finais relativas à máquina móvel não rodoviária;

2.2. Ser facultadas em papel ou, em alternativa, num formato eletrónico de utilização corrente;

2.3. Fazer parte das instruções para os utilizadores finais relativas à máquina não rodoviária ou, em alternativa, ser um documento distinto;

2.3.1. Quando entregues separadamente das instruções para os utilizadores finais relativas à máquina não rodoviária, ser fornecidas no mesmo formato;

3. As informações e instruções a fornecer aos utilizadores finais devem incluir, no mínimo:

1) Uma descrição de quaisquer restrições ou condições especiais associadas à utilização do motor, como indicado no certificado de homologação UE definido no anexo IV do Regulamento de Execução (UE) 2017/656;

2) Uma declaração que indique que o motor, incluindo o sistema de controlo das emissões, deve ser operado, utilizado e mantido em conformidade com as instruções fornecidas aos utilizadores finais a fim de manter o desempenho em matéria de emissões do motor dentro dos requisitos aplicáveis à categoria do motor;

3) Uma declaração que indique que não deve ocorrer qualquer intervenção abusiva ou utilização incorreta do sistema de controlo das emissões do motor; nomeadamente no que se refere à desativação ou falta de manutenção da recirculação dos gases de escape (EGR) ou de dosagem de reagente.

4) Uma declaração que indique que é fundamental tomar medidas imediatas para corrigir qualquer funcionamento, utilização ou manutenção incorretos do sistema de controlo das emissões em conformidade com as medidas corretoras indicadas pelas advertências referidas nos pontos 5 e 6;

5) Explicações pormenorizadas dos possíveis problemas de funcionamento do sistema de controlo das emissões decorrentes da operação, utilização ou manutenção incorretas do motor instalado, acompanhadas dos sinais de aviso associados e das correspondentes medidas corretoras;

6) Explicações pormenorizadas da possível utilização incorreta da máquina móvel não rodoviária que resultaria em problemas de funcionamento do sistema de controlo das emissões, acompanhadas dos sinais de aviso associados e das correspondentes medidas corretoras;

7) Se for caso disso, informações sobre a possível utilização de um reservatório e sistema de dosagem do reagente não aquecido;

8) Se for caso disso, uma declaração que indique que o motor se destina exclusivamente à utilização em sopradores de neve;

9) No caso de máquinas móveis não rodoviárias com um sistema de aviso do operador definido no ponto 4 do apêndice 1 do anexo IV (categoria: NRE, NRG, IWP, IWA ou RLR) e/ou no ponto 4 do apêndice 4 do anexo IV (categoria: NRE, NRG, IWP, IWA ou RLR) ou no ponto 3 do apêndice 3 do anexo IV (categoria RLL), uma declaração que indique que o operador será informado pelo sistema de aviso do operador quando o sistema de controlo das emissões não funcionar corretamente;

10) No caso de máquinas móveis não rodoviárias com um sistema de persuasão do operador definido no ponto 5 do apêndice 1 do anexo IV (categorias NRE e NRG), uma declaração que indique que ignorar os sinais de aviso do operador conduzirá à ativação do sistema de persuasão do operador, o que resultará no bloqueio efetivo do funcionamento da máquina móvel não rodoviária;

11) No caso de máquinas móveis não rodoviárias com uma função de neutralização das medidas de persuasão definida no ponto 5.5 do apêndice 1 do anexo IV para libertar a plena potência do motor, informações sobre o funcionamento desta função;

12) Se for caso disso, explicações sobre o modo de funcionamento dos sistemas de aviso e persuasão do operador referidos nos pontos 9, 10 e 11, designadamente as consequências, em termos de desempenho e de registo de anomalias, de ignorar os sinais do sistema de aviso e de não reabastecer de reagente, se utilizado, ou corrigir o problema identificado;

13) Caso se efetuem registos no computador a bordo de injeção de reagente ou qualidade do reagente inadequada em conformidade com o ponto 4.1 do apêndice 2 do anexo IV (categorias: IWP, IWA e RLR), uma declaração que indique que as autoridades nacionais de controlo conseguirão consultar estes registos com um analisador;

14) No caso de máquinas móveis não rodoviárias com um meio para desativar o sistema de persuasão do operador definido no ponto 5.2.1 do apêndice 1 do anexo IV, informações sobre o funcionamento desta função, bem como uma declaração que indique que esta função será ativada apenas em caso de emergência, que qualquer ativação será registada no computador a bordo e que as autoridades nacionais de controlo conseguirão consultar estes registos com um analisador;

15) Informações sobre a(s) especificação(ões) do combustível necessária(s) para manter o desempenho do sistema de controlo das emissões em conformidade com os requisitos do anexo I e nos termos das especificações estabelecidas na homologação UE do motor incluindo, se disponível, uma referência à norma internacional ou da UE adequada, designadamente:

    a) Caso o motor seja operado na União a diesel ou gasóleo não rodoviário, uma declaração que indique que deve utilizar-se um combustível com um teor de enxofre não superior a 10 mg/kg (20 mg/kg no momento da distribuição definitiva), índice de cetano não inferior a 45 e um teor de FAME não superior a 7 % v/v.

    b) Se combustíveis, misturas de combustíveis ou emulsões de combustíveis adicionais forem compatíveis com a utilização pelo motor, tal como declarado pelo fabricante e constante do certificado de homologação UE, estes devem ser indicados;

16) Informações sobre as especificações do óleo lubrificante necessárias para manter o desempenho do sistema de controlo das emissões;

17) Se o sistema de controlo das emissões exigir um reagente, as características desse reagente, incluindo o tipo de reagente, informação sobre a concentração quando o reagente está em solução, temperaturas de funcionamento e referência às normas internacionais relativas à composição e à qualidade, em conformidade com a especificação estabelecida na homologação UE do motor.

18) Se for caso disso, instruções que especifiquem de que modo os reagentes de consumo devem ser reabastecidos pelo operador durante os intervalos normais de manutenção. Devem indicar de que forma o operador deve reabastecer o reservatório de reagente e a frequência de reabastecimento prevista, em função da utilização da máquina móvel não rodoviária.

19) Uma declaração que indique que, a fim de manter o desempenho em matéria de emissões do motor, é fundamental utilizar e reabastecer o reagente em conformidade com as especificações estabelecidas nos pontos 17 e 18;

20) Requisitos em matéria de manutenção programada relacionada com as emissões, nomeadamente qualquer substituição programada de componentes críticos relacionados com as emissões;

21) No caso dos motores com duplo combustível:

    a) Se for caso disso, informações sobre os indicadores duplo combustível estabelecidos no ponto 4.3 do anexo VIII;

    b) Se um motor com duplo combustível tiver restrições da operacionalidade num modo de manutenção, tal como definido no ponto 4.2.2.1 do anexo VIII (com exceção das categorias: IWP, IWA, RLL e RLR), uma declaração que indique que a ativação do modo de manutenção resultará no bloqueio efetivo do funcionamento da máquina móvel não rodoviária;

c) Caso se encontre disponível uma função de neutralização das medidas de persuasão para libertar a plena potência do motor, devem ser fornecidas informações sobre o funcionamento desta função;

d) No caso de um motor com duplo combustível que funcione em modo de manutenção em conformidade com o ponto 4.2.2.2 do anexo VIII (categorias: IWP, IWA, RLL e RLR), uma declaração que indique que a ativação do modo de manutenção será registada no computador a bordo e que as autoridades nacionais de controlo poderão consultar estes registos com um analisador.

4. Tal como exigido pelo artigo 43.º, n.º 4, do Regulamento (UE) 2016/1628, o OEM deve fornecer aos utilizadores finais o valor das emissões de dióxido de carbono (CO2) em g/kWh determinado durante o processo de homologação UE e registado no certificado de homologação UE, acompanhado da seguinte declaração: «*A presente medição de CO_2 resulta do ensaio, durante um ciclo de ensaio fixo em condições de laboratório, realizado com um motor (precursor) representativo do tipo de motor (família de motores) e não implica nem expressa qualquer garantia do desempenho de um motor específico*».

ANEXO XVI

Normas de desempenho e avaliação dos serviços técnicos

1. **Disposições gerais**

Os serviços técnicos devem demonstrar que dispõem de competências adequadas, conhecimentos técnicos especializados e experiência comprovada nos domínios específicos de competência abrangidos pelo Regulamento (UE) 2016/1628 e pelos atos delegados e atos de execução adotados por força desse regulamento.

2. **Normas a respeitar pelos serviços técnicos**

2.1. Os serviços técnicos das diferentes categorias estipuladas no artigo 45.º do Regulamento (UE) 2016/1628 devem respeitar as normas enumeradas no apêndice 1 do anexo V da Diretiva 2007/46/CE do Parlamento Europeu e do Conselho ([1]) que são relevantes para as atividades que exercem.

2.2. A referência ao artigo 41.º da Diretiva 2007/46/CE no mesmo apêndice deve ser entendida como uma referência ao artigo 45.º do Regulamento (UE) 2016/1628.

2.3. A referência ao anexo IV da Diretiva 2007/46/CE no mesmo apêndice deve ser entendida com uma referência ao Regulamento (UE) 2016/1628 e aos atos delegados e de execução adotados por força desse regulamento.

3. **Procedimento de avaliação dos serviços técnicos**

3.1. O cumprimento, pelos serviços técnicos, dos requisitos do Regulamento (UE) 2016/1628 e dos atos delegados e de execução adotados por força desse regulamento deve ser avaliado em conformidade com o procedimento previsto no apêndice 2 do anexo V da Diretiva 2007/46/CE.

3.2. As referências ao artigo 42.º da Diretiva 2007/46/CE no apêndice 2 do anexo V da Diretiva 2007/46/CE devem entender-se como sendo referências ao artigo 48.º do Regulamento (UE) 2016/1628.

([1]) Diretiva 2007/46/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de setembro de 2007, que estabelece um quadro para a homologação dos veículos a motor e seus reboques, e dos sistemas, componentes e unidades técnicas destinados a serem utilizados nesses veículos (JO L 263 de 9.10.2007, p. 1).

ANEXO XVII

Ciclos de ensaio em condições estacionárias e em condições transitórias

1. Os quadros dos modos de ensaio e fatores de ponderação aplicáveis aos ciclos de ensaio em condições transitórias e modo discreto constam do apêndice 1.

2. Os quadros dos modos de ensaio e fatores de ponderação aplicáveis aos RMC constam do apêndice 2.

3. Os quadros dos programas do dinamómetro do motor para os ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC) constam do apêndice 3.

Apêndice 1

NRSC em condições estacionárias e modo discreto

Ciclos de ensaio C

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação do ciclo C1

Número do modo	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidade [a]	100 %				Intermédia			Marcha lenta sem carga
Binário [b] (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Fator de ponderação	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação do ciclo C2

Número do modo	1	2	3	4	5	6	7
Velocidade [a]	100 %	Intermédia					Marcha lenta sem carga
Binário [b] (%)	25	100	75	50	25	10	0
Fator de ponderação	0,06	0,02	0,05	0,32	0,30	0,10	0,15

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.

Ciclos de ensaio D

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação do ciclo D2

Número do modo (ciclo D2)	1	2	3	4	5
Velocidade [a]	100 %				
Binário [b] (%)	100	75	50	25	10
Fator de ponderação	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário correspondente à potência útil nominal declarada pelo fabricante.

Ciclos de ensaio E

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação dos ciclos E

Número do modo (ciclo E2)	1	2	3	4						
Velocidade [a]	100 %					Intermédia				
Binário [b] (%)	100	75	50	25						
Fator de ponderação	0,2	0,5	0,15	0,15						

Número do modo (ciclo E3)	1	2	3	4
Velocidade [a] (%)	100	91	80	63
Potência [c] (%)	100	75	50	25
Fator de ponderação	0,2	0,5	0,15	0,15

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário correspondente à potência útil nominal declarada pelo fabricante à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] A percentagem da potência é relativa à potência nominal máxima à velocidade a 100 %.

Ciclo de ensaio F

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação do ciclo F

Número do modo	1	2 [d]	3
Velocidade [a]	100 %	Intermédia	Marcha lenta sem carga
Potência (%)	100 [c]	50 [c]	5 [b]
Fator de ponderação	0,15	0,25	0,6

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem da potência neste modo é relativa à potência no modo 1.
[c] A percentagem da potência neste modo é relativa à potência útil máxima à velocidade máxima do motor prescrita.
[d] Para os motores que utilizam um sistema de controlo discreto (ou seja, controlos por grau), o modo 2 é definido como o funcionamento no grau mais próximo do modo 2 ou 35 % da potência nominal.

Ciclo de ensaio G

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação dos ciclos G

Número do modo (ciclo G1)						1	2	3	4	5	6
Velocidade [a]	100 %					Intermédia					Marcha lenta sem carga
Binário [b] %						100	75	50	25	10	0
Fator de ponderação						0,09	0,20	0,29	0,30	0,07	0,05

Número do modo (ciclo G2)	1	2	3	4	5						6
Velocidade (a)	100 %					Intermédia					Marcha lenta sem carga
Binário (b) %	100	75	50	25	10						0
Fator de ponderação	0,09	0,20	0,29	0,30	0,07						0,05
Número do modo (ciclo G3)	1										2
Velocidade (a)	100 %					Intermédia					Marcha lenta sem carga
Binário (b) %	100										0
Fator de ponderação	0,85										0,15

(a) Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
(b) A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.

Ciclo de ensaio H

Quadro dos modos de ensaio e fatores de ponderação do ciclo H

Número do modo	1	2	3	4	5
Velocidade (a) (%)	100	85	75	65	Marcha lenta sem carga
Binário (b) (%)	100	51	33	19	0
Fator de ponderação	0,12	0,27	0,25	0,31	0,05

(a) Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
(b) A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.

Apêndice 2

Ciclos de ensaio em condições estacionárias com rampas de transição (RMC)

Ciclos de ensaio C

Quadro dos modos de ensaio RMC-C1

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	126	Marcha lenta sem carga	0
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário	159	Intermédia	100
2b Transição	20	Intermédia	Transição linear
3a Estado estacionário	160	Intermédia	50
3b Transição	20	Intermédia	Transição linear
4a Estado estacionário	162	Intermédia	75
4b Transição	20	Transição linear	Transição linear
5a Estado estacionário	246	100 %	100
5b Transição	20	100 %	Transição linear
6a Estado estacionário	164	100 %	10
6b Transição	20	100 %	Transição linear
7a Estado estacionário	248	100 %	75
7b Transição	20	100 %	Transição linear
8a Estado estacionário	247	100 %	50
8b Transição	20	Transição linear	Transição linear
9 Estado estacionário	128	Marcha lenta sem carga	0

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Quadro dos modos de ensaio RMC-C2

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	119	Marcha lenta sem carga	0
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
2a Estado estacionário	29	Intermédia	100
2b Transição	20	Intermédia	Transição linear
3a Estado estacionário	150	Intermédia	10
3b Transição	20	Intermédia	Transição linear
4a Estado estacionário	80	Intermédia	75
4b Transição	20	Intermédia	Transição linear
5a Estado estacionário	513	Intermédia	25
5b Transição	20	Intermédia	Transição linear
6a Estado estacionário	549	Intermédia	50
6b Transição	20	Transição linear	Transição linear
7a Estado estacionário	96	100 %	25
7b Transição	20	Transição linear	Transição linear
8 Estado estacionário	124	Marcha lenta sem carga	0

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Ciclos de ensaio D

Quadro dos modos de ensaio RMC-D2

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor (%) [a]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	53	100	100
1b Transição	20	100	Transição linear
2a Estado estacionário	101	100	10
2b Transição	20	100	Transição linear
3a Estado estacionário	277	100	75
3b Transição	20	100	Transição linear
4a Estado estacionário	339	100	25

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor (%) [a]	Binário (%) [b] [c]
4b Transição	20	100	Transição linear
5 Estado estacionário	350	100	50

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário correspondente à potência útil nominal declarada pelo fabricante.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte.

Ciclos de ensaio E

Quadro dos modos de ensaio RMC-E2

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor (%) [a]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	229	100	100
1b Transição	20	100	Transição linear
2a Estado estacionário	166	100	25
2b Transição	20	100	Transição linear
3a Estado estacionário	570	100	75
3b Transição	20	100	Transição linear
4 Estado estacionário	175	100	50

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo correspondente à potência útil nominal declarada pelo fabricante à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte.

Quadro dos modos de ensaio RMC-E3

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor (%) [a] [c]	Potência (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	229	100	100
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário	166	63	25
2b Transição	20	Transição linear	Transição linear
3a Estado estacionário	570	91	75

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor (%) [a] [c]	Potência (%) [b] [c]
3b Transição	20	Transição linear	Transição linear
4 Estado estacionário	175	80	50

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem da potência é relativa à potência útil nominal máxima à velocidade a 100 %.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor.

Ciclo de ensaio F

Quadro dos modos de ensaio RMC-F

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [e]	Potência (%) [e]
1a Estado estacionário	350	Marcha lenta sem carga	5 [b]
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário [d]	280	Intermédia	50 [c]
2b Transição	20	Transição linear	Transição linear
3a Estado estacionário	160	100 %	100 [c]
3b Transição	20	Transição linear	Transição linear
4 Estado estacionário	350	Marcha lenta sem carga	5 [c]

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem da potência neste modo é relativa à potência útil no modo 3a.
[c] A percentagem da potência neste modo é relativa à potência útil máxima à velocidade máxima do motor prescrita.
[d] Para os motores que utilizam um sistema de controlo discreto (ou seja, controlos por grau), o modo 2a é definido como o funcionamento no grau mais próximo do modo 2a ou 35 % da potência nominal.
[e] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Ciclos de ensaio G

Quadro dos modos de ensaio RMC-G1

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	41	Marcha lenta sem carga	0
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário	135	Intermédia	100
2b Transição	20	Intermédia	Transição linear
3a Estado estacionário	112	Intermédia	10
3b Transição	20	Intermédia	Transição linear

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
4a Estado estacionário	337	Intermédia	75
4b Transição	20	Intermédia	Transição linear
5a Estado estacionário	518	Intermédia	25
5b Transição	20	Intermédia	Transição linear
6a Estado estacionário	494	Intermédia	50
6b Transição	20	Transição linear	Transição linear
7 Estado estacionário	43	Marcha lenta sem carga	0

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Quadro dos modos de ensaio RMC-G2

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	41	Marcha lenta sem carga	0
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário	135	100 %	100
2b Transição	20	100 %	Transição linear
3a Estado estacionário	112	100 %	10
3b Transição	20	100 %	Transição linear
4a Estado estacionário	337	100 %	75
4b Transição	20	100 %	Transição linear
5a Estado estacionário	518	100 %	25
5b Transição	20	100 %	Transição linear
6a Estado estacionário	494	100 %	50
6b Transição	20	Transição linear	Transição linear
7 Estado estacionário	43	Marcha lenta sem carga	0

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Ciclo de ensaio H

Quadro dos modos de ensaio RMC-H

RMC Número do modo	Tempo no modo (segundos)	Velocidade do motor [a] [c]	Binário (%) [b] [c]
1a Estado estacionário	27	Marcha lenta sem carga	0
1b Transição	20	Transição linear	Transição linear
2a Estado estacionário	121	100 %	100
2b Transição	20	Transição linear	Transição linear
3a Estado estacionário	347	65 %	19
3b Transição	20	Transição linear	Transição linear
4a Estado estacionário	305	85 %	51
4b Transição	20	Transição linear	Transição linear
5a Estado estacionário	272	75 %	33
5b Transição	20	Transição linear	Transição linear
6 Estado estacionário	28	Marcha lenta sem carga	0

[a] Ver pontos 5.2.5, 7.6 e 7.7 do anexo VI para a determinação das velocidades requeridas para o ensaio.
[b] A percentagem do binário é relativa ao binário máximo à velocidade máxima do motor prescrita.
[c] Progressão de um modo para outro nos 20 segundos da fase de transição. Durante o período de transição, comando de uma progressão linear da regulação do binário do modo em curso para a regulação do binário do modo seguinte e, simultaneamente, comando de uma progressão linear semelhante para a velocidade do motor se houver uma alteração na regulação da velocidade.

Apêndice 3

2.4.2.1. **Ciclos de ensaio em condições transitórias (NRTC e LSI-NRTC)**

Programa do dinamómetro do motor para o ensaio NRTC

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)	Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)	Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1	0	0	38	57	46	75	58	44
2	0	0	39	44	33	76	65	10
3	0	0	40	31	0	77	65	12
4	0	0	41	22	27	78	68	23
5	0	0	42	33	43	79	69	30
6	0	0	43	80	49	80	71	30
7	0	0	44	105	47	81	74	15
8	0	0	45	98	70	82	71	23
9	0	0	46	104	36	83	73	20
10	0	0	47	104	65	84	73	21
11	0	0	48	96	71	85	73	19
12	0	0	49	101	62	86	70	33
13	0	0	50	102	51	87	70	34
14	0	0	51	102	50	88	65	47
15	0	0	52	102	46	89	66	47
16	0	0	53	102	41	90	64	53
17	0	0	54	102	31	91	65	45
18	0	0	55	89	2	92	66	38
19	0	0	56	82	0	93	67	49
20	0	0	57	47	1	94	69	39
21	0	0	58	23	1	95	69	39
22	0	0	59	1	3	96	66	42
23	0	0	60	1	8	97	71	29
24	1	3	61	1	3	98	75	29
25	1	3	62	1	5	99	72	23
26	1	3	63	1	6	100	74	22
27	1	3	64	1	4	101	75	24
28	1	3	65	1	4	102	73	30
29	1	3	66	0	6	103	74	24
30	1	6	67	1	4	104	77	6
31	1	6	68	9	21	105	76	12
32	2	1	69	25	56	106	74	39
33	4	13	70	64	26	107	72	30
34	7	18	71	60	31	108	75	22
35	9	21	72	63	20	109	78	64
36	17	20	73	62	24	110	102	34
37	33	42	74	64	8	111	103	28

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31
166	47	30
167	16	7
168	0	6
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8
247	26	40
248	48	29
249	54	39
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61
586	77	29
587	81	72
588	89	69
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69
709	100	68
710	102	71
711	101	64
712	102	69
713	102	69
714	101	69
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5
793	48	5
794	48	7
795	48	5
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20
829	81	24
830	81	21
831	80	26
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1000	81	50
1001	81	41
1002	81	35
1003	81	37
1004	81	29
1005	81	28
1006	81	24
1007	81	19
1008	81	16
1009	80	16
1010	83	23
1011	83	17
1012	83	13
1013	83	27
1014	81	58
1015	81	60
1016	81	46
1017	80	41
1018	80	36
1019	81	26
1020	86	18
1021	82	35
1022	79	53
1023	82	30
1024	83	29
1025	83	32
1026	83	28
1027	76	60
1028	79	51
1029	86	26
1030	82	34
1031	84	25
1032	86	23
1033	85	22
1034	83	26
1035	83	25
1036	83	37
1037	84	14
1038	83	39
1039	76	70
1040	78	81
1041	75	71
1042	86	47
1043	83	35
1044	81	43
1045	81	41
1046	79	46
1047	80	44
1048	84	20
1049	79	31
1050	87	29
1051	82	49
1052	84	21
1053	82	56
1054	81	30
1055	85	21
1056	86	16
1057	79	52
1058	78	60
1059	74	55
1060	78	84
1061	80	54
1062	80	35
1063	82	24
1064	83	43
1065	79	49
1066	83	50
1067	86	12
1068	64	14
1069	24	14
1070	49	21
1071	77	48
1072	103	11
1073	98	48
1074	101	34
1075	99	39
1076	103	11
1077	103	19
1078	103	7
1079	103	13
1080	103	10
1081	102	13
1082	101	29
1083	102	25
1084	102	20
1085	96	60
1086	99	38
1087	102	24
1088	100	31
1089	100	28
1090	98	3
1091	102	26
1092	95	64
1093	102	23
1094	102	25
1095	98	42

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1096	93	68
1097	101	25
1098	95	64
1099	101	35
1100	94	59
1101	97	37
1102	97	60
1103	93	98
1104	98	53
1105	103	13
1106	103	11
1107	103	11
1108	103	13
1109	103	10
1110	103	10
1111	103	11
1112	103	10
1113	103	10
1114	102	18
1115	102	31
1116	101	24
1117	102	19
1118	103	10
1119	102	12
1120	99	56
1121	96	59
1122	74	28
1123	66	62
1124	74	29
1125	64	74
1126	69	40
1127	76	2
1128	72	29
1129	66	65
1130	54	69
1131	69	56
1132	69	40
1133	73	54
1134	63	92
1135	61	67
1136	72	42
1137	78	2
1138	76	34
1139	67	80
1140	70	67
1141	53	70
1142	72	65
1143	60	57
1144	74	29
1145	69	31
1146	76	1
1147	74	22
1148	72	52
1149	62	96
1150	54	72
1151	72	28
1152	72	35
1153	64	68
1154	74	27
1155	76	14
1156	69	38
1157	66	59
1158	64	99
1159	51	86
1160	70	53
1161	72	36
1162	71	47
1163	70	42
1164	67	34
1165	74	2
1166	75	21
1167	74	15
1168	75	13
1169	76	10
1170	75	13
1171	75	10
1172	75	7
1173	75	13
1174	76	8
1175	76	7
1176	67	45
1177	75	13
1178	75	12
1179	73	21
1180	68	46
1181	74	8
1182	76	11
1183	76	14
1184	74	11
1185	74	18
1186	73	22
1187	74	20
1188	74	19
1189	70	22
1190	71	23
1191	73	19
1192	73	19
1193	72	20
1194	64	60
1195	70	39
1196	66	56
1197	68	64
1198	30	68
1199	70	38
1200	66	47
1201	76	14
1202	74	18
1203	69	46
1204	68	62
1205	68	62
1206	68	62
1207	68	62
1208	68	62
1209	68	62
1210	54	50
1211	41	37
1212	27	25
1213	14	12
1214	0	0
1215	0	0
1216	0	0
1217	0	0
1218	0	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1219	0	0
1220	0	0
1221	0	0
1222	0	0
1223	0	0
1224	0	0
1225	0	0
1226	0	0
1227	0	0
1228	0	0
1229	0	0
1230	0	0
1231	0	0
1232	0	0
1233	0	0
1234	0	0
1235	0	0
1236	0	0
1237	0	0
1238	0	0

Programa do dinamómetro do motor para o ensaio LSI-NRTC

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55
21	43	31
22	16	45
23	24	38
24	24	27
25	30	33
26	45	65
27	50	49
28	23	42
29	13	42
30	9	45
31	23	30
32	37	45
33	44	50
34	49	52
35	55	49
36	61	46
37	66	38
38	42	33
39	17	41
40	17	37
41	7	50
42	20	32
43	5	55
44	30	42
45	44	53
46	45	56
47	41	52
48	24	41
49	15	40
50	11	44
51	32	31
52	38	54
53	38	47
54	9	55
55	10	50
56	33	55
57	48	56
58	49	47
59	33	44
60	52	43
61	55	43
62	59	38
63	44	28
64	24	37
65	12	44
66	9	47
67	12	52
68	34	21
69	29	44
70	44	54
71	54	62
72	62	57
73	72	56
74	88	71
75	100	69
76	100	34
77	100	42
78	100	54
79	100	58
80	100	38
81	83	17
82	61	15
83	43	22
84	24	35
85	16	39
86	15	45
87	32	34
88	14	42
89	8	48
90	5	51
91	10	41
92	12	37

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
93	4	47
94	3	49
95	3	50
96	4	49
97	4	48
98	8	43
99	2	51
100	5	46
101	8	41
102	4	47
103	3	49
104	6	45
105	3	48
106	10	42
107	18	27
108	3	50
109	11	41
110	34	29
111	51	57
112	67	63
113	61	32
114	44	31
115	48	54
116	69	65
117	85	65
118	81	29
119	74	21
120	62	23
121	76	58
122	96	75
123	100	77
124	100	27
125	100	79
126	100	79
127	100	81
128	100	57
129	99	52
130	81	35
131	69	29
132	47	22
133	34	28
134	27	37
135	83	60
136	100	74
137	100	7
138	100	2
139	70	18
140	23	39
141	5	54
142	11	40
143	11	34
144	11	41
145	19	25
146	16	32
147	20	31
148	21	38
149	21	42
150	9	51
151	4	49
152	2	51
153	1	58
154	21	57
155	29	47
156	33	45
157	16	49
158	38	45
159	37	43
160	35	42
161	39	43
162	51	49
163	59	55
164	65	54
165	76	62
166	84	59
167	83	29
168	67	35
169	84	54
170	90	58
171	93	43
172	90	29
173	66	19
174	52	16
175	49	17
176	56	38
177	73	71
178	86	80
179	96	75
180	89	27
181	66	17
182	50	18
183	36	25
184	36	24
185	38	40
186	40	50
187	27	48
188	19	48
189	23	50
190	19	45
191	6	51
192	24	48
193	49	67
194	47	49
195	22	44
196	25	40
197	38	54
198	43	55
199	40	52
200	14	49
201	11	45
202	7	48
203	26	41
204	41	59
205	53	60
206	44	54
207	22	40
208	24	41
209	32	53
210	44	74
211	57	25
212	22	49
213	29	45
214	19	37
215	14	43

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
216	36	40
217	43	63
218	42	49
219	15	50
220	19	44
221	47	59
222	67	80
223	76	74
224	87	66
225	98	61
226	100	38
227	97	27
228	100	53
229	100	72
230	100	49
231	100	4
232	100	13
233	87	15
234	53	26
235	33	27
236	39	19
237	51	33
238	67	54
239	83	60
240	95	52
241	100	50
242	100	36
243	100	25
244	85	16
245	62	16
246	40	26
247	56	39
248	81	75
249	98	86
250	100	76
251	100	51
252	100	78
253	100	83
254	100	100
255	100	66
256	100	85
257	100	72
258	100	45
259	98	58
260	60	30
261	43	32
262	71	36
263	44	32
264	24	38
265	42	17
266	22	51
267	13	53
268	23	45
269	29	50
270	28	42
271	21	55
272	34	57
273	44	47
274	19	46
275	13	44
276	25	36
277	43	51
278	55	73
279	68	72
280	76	63
281	80	45
282	83	40
283	78	26
284	60	20
285	47	19
286	52	25
287	36	30
288	40	26
289	45	34
290	47	35
291	42	28
292	46	38
293	48	44
294	68	61
295	70	47
296	48	28
297	42	22
298	31	29
299	22	35
300	28	28
301	46	46
302	62	69
303	76	81
304	88	85
305	98	81
306	100	74
307	100	13
308	100	11
309	100	17
310	99	3
311	80	7
312	62	11
313	63	11
314	64	16
315	69	43
316	81	67
317	93	74
318	100	72
319	94	27
320	73	15
321	40	33
322	40	52
323	50	50
324	11	53
325	12	45
326	5	50
327	1	55
328	7	55
329	62	60
330	80	28
331	23	37
332	39	58
333	47	24
334	59	51
335	58	68
336	36	52
337	18	42
338	36	52

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
339	59	73
340	72	85
341	85	92
342	99	90
343	100	72
344	100	18
345	100	76
346	100	64
347	100	87
348	100	97
349	100	84
350	100	100
351	100	91
352	100	83
353	100	93
354	100	100
355	94	43
356	72	10
357	77	3
358	48	2
359	29	5
360	59	19
361	63	5
362	35	2
363	24	3
364	28	2
365	36	16
366	54	23
367	60	10
368	33	1
369	23	0
370	16	0
371	11	0
372	20	0
373	25	2
374	40	3
375	33	4
376	34	5
377	46	7
378	57	10
379	66	11
380	75	14
381	79	11
382	80	16
383	92	21
384	99	16
385	83	2
386	71	2
387	69	4
388	67	4
389	74	16
390	86	25
391	97	28
392	100	15
393	83	2
394	62	4
395	40	6
396	49	10
397	36	5
398	27	4
399	29	3
400	22	2
401	13	3
402	37	36
403	90	26
404	41	2
405	25	2
406	29	2
407	38	7
408	50	13
409	55	10
410	29	3
411	24	7
412	51	16
413	62	15
414	72	35
415	91	74
416	100	73
417	100	8
418	98	11
419	100	59
420	100	98
421	100	99
422	100	75
423	100	95
424	100	100
425	100	97
426	100	90
427	100	86
428	100	82
429	97	43
430	70	16
431	50	20
432	42	33
433	89	64
434	89	77
435	99	95
436	100	41
437	77	12
438	29	37
439	16	41
440	16	38
441	15	36
442	18	44
443	4	55
444	24	26
445	26	35
446	15	45
447	21	39
448	29	52
449	26	46
450	27	50
451	13	43
452	25	36
453	37	57
454	29	46
455	17	39
456	13	41
457	19	38
458	28	35
459	8	51
460	14	36
461	17	47

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
462	34	39
463	34	57
464	11	70
465	13	51
466	13	68
467	38	44
468	53	67
469	29	69
470	19	65
471	52	45
472	61	79
473	29	70
474	15	53
475	15	60
476	52	40
477	50	61
478	13	74
479	46	51
480	60	73
481	33	84
482	31	63
483	41	42
484	26	69
485	23	65
486	48	49
487	28	57
488	16	67
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61
494	34	49
495	35	66
496	56	47
497	49	64
498	59	64
499	42	69
500	6	77
501	5	59
502	17	59
503	45	53
504	21	62
505	31	60
506	53	68
507	48	79
508	45	61
509	51	47
510	41	48
511	26	58
512	21	62
513	50	52
514	39	65
515	23	65
516	42	62
517	57	80
518	66	81
519	64	62
520	45	42
521	33	42
522	27	57
523	31	59
524	41	53
525	45	72
526	48	73
527	46	90
528	56	76
529	64	76
530	69	64
531	72	59
532	73	58
533	71	56
534	66	48
535	61	50
536	55	56
537	52	52
538	54	49
539	61	50
540	64	54
541	67	54
542	68	52
543	60	53
544	52	50
545	45	49
546	38	45
547	32	45
548	26	53
549	23	56
550	30	49
551	33	55
552	35	59
553	33	65
554	30	67
555	28	59
556	25	58
557	23	56
558	22	57
559	19	63
560	14	63
561	31	61
562	35	62
563	21	80
564	28	65
565	7	74
566	23	54
567	38	54
568	14	78
569	38	58
570	52	75
571	59	81
572	66	69
573	54	44
574	48	34
575	44	33
576	40	40
577	28	58
578	27	63
579	35	45
580	20	66
581	15	60
582	10	52
583	22	56
584	30	62

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
585	21	67
586	29	53
587	41	56
588	15	67
589	24	56
590	42	69
591	39	83
592	40	73
593	35	67
594	32	61
595	30	65
596	30	72
597	48	51
598	66	58
599	62	71
600	36	63
601	17	59
602	16	50
603	16	62
604	34	48
605	51	66
606	35	74
607	15	56
608	19	54
609	43	65
610	52	80
611	52	83
612	49	57
613	48	46
614	37	36
615	25	44
616	14	53
617	13	64
618	23	56
619	21	63
620	18	67
621	20	54
622	16	67
623	26	56
624	41	65
625	28	62
626	19	60
627	33	56
628	37	70
629	24	79
630	28	57
631	40	57
632	40	58
633	28	44
634	25	41
635	29	53
636	31	55
637	26	64
638	20	50
639	16	53
640	11	54
641	13	53
642	23	50
643	32	59
644	36	63
645	33	59
646	24	52
647	20	52
648	22	55
649	30	53
650	37	59
651	41	58
652	36	54
653	29	49
654	24	53
655	14	57
656	10	54
657	9	55
658	10	57
659	13	55
660	15	64
661	31	57
662	19	69
663	14	59
664	33	57
665	41	65
666	39	64
667	39	59
668	39	51
669	28	41
670	19	49
671	27	54
672	37	63
673	32	74
674	16	70
675	12	67
676	13	60
677	17	56
678	15	62
679	25	47
680	27	64
681	14	71
682	5	65
683	6	57
684	6	57
685	15	52
686	22	61
687	14	77
688	12	67
689	12	62
690	14	59
691	15	58
692	18	55
693	22	53
694	19	69
695	14	67
696	9	63
697	8	56
698	17	49
699	25	55
700	14	70
701	12	60
702	22	57
703	27	67
704	29	68
705	34	62
706	35	61
707	28	78

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
708	11	71
709	4	58
710	5	58
711	10	56
712	20	63
713	13	76
714	11	65
715	9	60
716	7	55
717	8	53
718	10	60
719	28	53
720	12	73
721	4	64
722	4	61
723	4	61
724	10	56
725	8	61
726	20	56
727	32	62
728	33	66
729	34	73
730	31	61
731	33	55
732	33	60
733	31	59
734	29	58
735	31	53
736	33	51
737	33	48
738	27	44
739	21	52
740	13	57
741	12	56
742	10	64
743	22	47
744	15	74
745	8	66
746	34	47
747	18	71
748	9	57
749	11	55
750	12	57
751	10	61
752	16	53
753	12	75
754	6	70
755	12	55
756	24	50
757	28	60
758	28	64
759	23	60
760	20	56
761	26	50
762	28	55
763	18	56
764	15	52
765	11	59
766	16	59
767	34	54
768	16	82
769	15	64
770	36	53
771	45	64
772	41	59
773	34	50
774	27	45
775	22	52
776	18	55
777	26	54
778	39	62
779	37	71
780	32	58
781	24	48
782	14	59
783	7	59
784	7	55
785	18	49
786	40	62
787	44	73
788	41	68
789	35	48
790	29	54
791	22	69
792	46	53
793	59	71
794	69	68
795	75	47
796	62	32
797	48	35
798	27	59
799	13	58
800	14	54
801	21	53
802	23	56
803	23	57
804	23	65
805	13	65
806	9	64
807	27	56
808	26	78
809	40	61
810	35	76
811	28	66
812	23	57
813	16	50
814	11	53
815	9	57
816	9	62
817	27	57
818	42	69
819	47	75
820	53	67
821	61	62
822	63	53
823	60	54
824	56	44
825	49	39
826	39	35
827	30	34
828	33	46
829	44	56
830	50	56

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
831	44	52
832	38	46
833	33	44
834	29	45
835	24	46
836	18	52
837	9	55
838	10	54
839	20	53
840	27	58
841	29	59
842	30	62
843	30	65
844	27	66
845	32	58
846	40	56
847	41	57
848	18	73
849	15	55
850	18	50
851	17	52
852	20	49
853	16	62
854	4	67
855	2	64
856	7	54
857	10	50
858	9	57
859	5	62
860	12	51
861	14	65
862	9	64
863	31	50
864	30	78
865	21	65
866	14	51
867	10	55
868	6	59
869	7	59
870	19	54
871	23	61
872	24	62
873	34	61
874	51	67
875	60	66
876	58	55
877	60	52
878	64	55
879	68	51
880	63	54
881	64	50
882	68	58
883	73	47
884	63	40
885	50	38
886	29	61
887	14	61
888	14	53
889	42	6
890	58	6
891	58	6
892	77	39
893	93	56
894	93	44
895	93	37
896	93	31
897	93	25
898	93	26
899	93	27
900	93	25
901	93	21
902	93	22
903	93	24
904	93	23
905	93	27
906	93	34
907	93	32
908	93	26
909	93	31
910	93	34
911	93	31
912	93	33
913	93	36
914	93	37
915	93	34
916	93	30
917	93	32
918	93	35
919	93	35
920	93	32
921	93	28
922	93	23
923	94	18
924	95	18
925	96	17
926	95	13
927	96	10
928	95	9
929	95	7
930	95	7
931	96	7
932	96	6
933	96	6
934	95	6
935	90	6
936	69	43
937	76	62
938	93	47
939	93	39
940	93	35
941	93	34
942	93	36
943	93	39
944	93	34
945	93	26
946	93	23
947	93	24
948	93	24
949	93	22
950	93	19
951	93	17
952	93	19
953	93	22

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
954	93	24
955	93	23
956	93	20
957	93	20
958	94	19
959	95	19
960	95	17
961	96	13
962	95	10
963	96	9
964	95	7
965	95	7
966	95	7
967	95	6
968	96	6
969	96	6
970	89	6
971	68	6
972	57	6
973	66	32
974	84	52
975	93	46
976	93	42
977	93	36
978	93	28
979	93	23
980	93	19
981	93	16
982	93	15
983	93	16
984	93	15
985	93	14
986	93	15
987	93	16
988	94	15
989	93	32
990	93	45
991	93	43
992	93	37
993	93	29
994	93	23
995	93	20
996	93	18
997	93	16
998	93	17
999	93	16
1000	93	15
1001	93	15
1002	93	15
1003	93	14
1004	93	15
1005	93	15
1006	93	14
1007	93	13
1008	93	14
1009	93	14
1010	93	15
1011	93	16
1012	93	17
1013	93	20
1014	93	22
1015	93	20
1016	93	19
1017	93	20
1018	93	19
1019	93	19
1020	93	20
1021	93	32
1022	93	37
1023	93	28
1024	93	26
1025	93	24
1026	93	22
1027	93	22
1028	93	21
1029	93	20
1030	93	20
1031	93	20
1032	93	20
1033	93	19
1034	93	18
1035	93	20
1036	93	20
1037	93	20
1038	93	20
1039	93	19
1040	93	18
1041	93	18
1042	93	17
1043	93	16
1044	93	16
1045	93	15
1046	93	16
1047	93	18
1048	93	37
1049	93	48
1050	93	38
1051	93	31
1052	93	26
1053	93	21
1054	93	18
1055	93	16
1056	93	17
1057	93	18
1058	93	19
1059	93	21
1060	93	20
1061	93	18
1062	93	17
1063	93	17
1064	93	18
1065	93	18
1066	93	18
1067	93	19
1068	93	18
1069	93	18
1070	93	20
1071	93	23
1072	93	25
1073	93	25
1074	93	24
1075	93	24
1076	93	22

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1077	93	22
1078	93	22
1079	93	19
1080	93	16
1081	95	17
1082	95	37
1083	93	43
1084	93	32
1085	93	27
1086	93	26
1087	93	24
1088	93	22
1089	93	22
1090	93	22
1091	93	23
1092	93	22
1093	93	22
1094	93	23
1095	93	23
1096	93	23
1097	93	22
1098	93	23
1099	93	23
1100	93	23
1101	93	25
1102	93	27
1103	93	26
1104	93	25
1105	93	27
1106	93	27
1107	93	27
1108	93	24
1109	93	20
1110	93	18
1111	93	17
1112	93	17
1113	93	18
1114	93	18
1115	93	18
1116	93	19
1117	93	22
1118	93	22
1119	93	19
1120	93	17
1121	93	17
1122	93	18
1123	93	18
1124	93	19
1125	93	19
1126	93	20
1127	93	19
1128	93	20
1129	93	25
1130	93	30
1131	93	31
1132	93	26
1133	93	21
1134	93	18
1135	93	20
1136	93	25
1137	93	24
1138	93	21
1139	93	21
1140	93	22
1141	93	22
1142	93	28
1143	93	29
1144	93	23
1145	93	21
1146	93	18
1147	93	16
1148	93	16
1149	93	16
1150	93	17
1151	93	17
1152	93	17
1153	93	17
1154	93	23
1155	93	26
1156	93	22
1157	93	18
1158	93	16
1159	93	16
1160	93	17
1161	93	19
1162	93	18
1163	93	16
1164	93	19
1165	93	22
1166	93	25
1167	93	29
1168	93	27
1169	93	22
1170	93	18
1171	93	16
1172	93	19
1173	93	19
1174	93	17
1175	93	17
1176	93	17
1177	93	16
1178	93	16
1179	93	15
1180	93	16
1181	93	15
1182	93	17
1183	93	21
1184	93	30
1185	93	53
1186	93	54
1187	93	38
1188	93	30
1189	93	24
1190	93	20
1191	95	20
1192	96	18
1193	96	15
1194	96	11
1195	95	9
1196	95	8
1197	96	7
1198	94	33
1199	93	46

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1200	93	37
1201	16	8
1202	0	0
1203	0	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1204	0	0
1205	0	0
1206	0	0
1207	0	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1208	0	0
1209	0	0