

## ATOS ADOTADOS POR INSTÂNCIAS CRIADAS POR ACORDOS INTERNACIONAIS

Só os textos originais da UNECE fazem fé ao abrigo do direito internacional público. O estatuto e a data de entrada em vigor do presente regulamento devem ser verificados na versão mais recente do documento UNECE comprovativo do seu estatuto, TRANS/WP.29/343, disponível no seguinte endereço:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

### **Regulamento n.º 134 da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) — Prescrições uniformes relativas à homologação de veículos a motor e seus componentes no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio (HFCV) [2019/795]**

Integra todo o texto válido até:

Suplemento 3 à versão original do regulamento – Data de entrada em vigor: 19 de julho de 2018

#### ÍNDICE

#### REGULAMENTO

1. Âmbito de aplicação
2. Definições
3. Pedido de homologação
4. Homologação
5. Parte I – Especificações do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido
6. Parte II – Especificações dos componentes específicos do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido
7. Parte III – Especificações de um sistema de alimentação de combustível do veículo que incorpore o sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido
8. Modificação do modelo e extensão da homologação
9. Conformidade da produção
10. Sanções pela não conformidade da produção
11. Cessação definitiva da produção
12. Designações e endereços dos serviços técnicos responsáveis pela realização dos ensaios de homologação e das entidades homologadoras

#### ANEXOS

- 1 Parte 1 Modelo I – Ficha de informações n.º... relativa à homologação de um sistema de armazenamento de hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio  
Modelo II – Ficha de informações n.º... relativa à homologação de componentes específicos de um sistema de armazenamento de hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio  
Modelo III – Ficha de informações n.º... relativa à homologação de um veículo a hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio

Parte 2 Modelo I – Comunicação relativa à concessão, extensão, recusa ou revogação da homologação ou à cessação definitiva da produção de um modelo de sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido no que diz respeito ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio nos termos do Regulamento n.º 134

Modelo II – Comunicação relativa à concessão, extensão, recusa ou revogação da homologação ou à cessação definitiva da produção de um modelo de componente específico (TPRD/válvula de retenção/válvula de fecho automático) no que diz respeito ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio nos termos do Regulamento n.º 134

Modelo III – Comunicação relativa à concessão, extensão, recusa ou revogação da homologação ou à cessação definitiva da produção de um modelo de veículo no que diz respeito ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio nos termos do Regulamento n.º 134

2 Disposições das marcas de homologação

3 Procedimentos de ensaio do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido

4 Procedimentos de ensaio dos componentes específicos do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido

Apêndice 1 – Panorâmica dos ensaios do TPRD

Apêndice 2 – Panorâmica dos ensaios da válvula de retenção e da válvula de fecho automático

5 Procedimentos de ensaio de um sistema de alimentação de combustível do veículo que incorpore um sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente regulamento aplica-se <sup>(1)</sup>:

- 1.1. Parte I — Sistemas de armazenamento de hidrogénio comprimido para veículos a hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança.
- 1.2. Parte II — Componentes específicos para sistemas de armazenamento de hidrogénio comprimido para veículos a hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança.
- 1.3. Parte III — Veículos a hidrogénio da categoria M e N <sup>(2)</sup> que incorporem um sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido no que respeita ao desempenho em matéria de segurança.

2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente regulamento, entende-se por:

- 2.1. «Disco de rotura», a parte funcional de um dispositivo de descompressão, de abertura irreversível que, quando instalada no dispositivo, se destina a rebentar a uma pressão predeterminada para permitir a descarga de hidrogénio comprimido.
- 2.2. «Válvula de retenção», uma válvula antirretorno que impede a inversão do fluxo na conduta de combustível do veículo.
- 2.3. «Sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido (CHSS)», um sistema concebido para armazenar o combustível hidrogénio em veículos a motor movidos a hidrogénio e constituído por um reservatório pressurizado, dispositivos de descompressão (PRD) e dispositivos de fecho que isolam o hidrogénio armazenado do resto do sistema de combustível e do seu ambiente.
- 2.4. «Contentor» (para armazenamento de hidrogénio), o componente do sistema de armazenamento de hidrogénio que armazena o volume primário de combustível hidrogénio.
- 2.5. «Data de retirada de serviço», a data (mês e ano) especificada para a retirada de serviço.

<sup>(1)</sup> O presente regulamento não cobre a segurança elétrica do grupo motopropulsor elétrico, a compatibilidade dos materiais e a fragilização pelo hidrogénio do sistema de alimentação de combustível do veículo, nem a integridade do sistema de alimentação de combustível pós-colisão, em caso de colisão frontal ou à retaguarda em toda a largura do veículo.

<sup>(2)</sup> Conforme definido na Resolução consolidada sobre a construção de veículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, ponto 2. – [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

- 2.6. «Data de fabrico» (de um reservatório de hidrogénio comprimido), a data (mês e ano) do ensaio de sobrepressão efetuado no decurso do fabrico.
- 2.7. «Espaços fechados ou semifechados», os volumes especiais no interior do veículo (ou do contorno do veículo em todas as aberturas) que são externos ao sistema a hidrogénio (sistema de armazenamento, sistema de pilha de combustível e sistema de gestão do fluxo de combustível) e os seus invólucros (se aplicável) onde o hidrogénio se pode acumular (constituindo, assim, um perigo), na medida em que pode ocorrer no compartimento de passageiros, no compartimento de bagagens e no espaço sob o capô.
- 2.8. «Ponto de descarga de escape», o centro geométrico da zona em que o gás purgado da pilha de combustível é descarregado do veículo.
- 2.9. «Sistema de pilha de combustível», um sistema que contém as pilhas de combustível, o sistema de tratamento do ar, o sistema de comando do caudal de combustível, o sistema de escape, o sistema de gestão térmica e o sistema de gestão da água.
- 2.10. «Bocal de abastecimento», o equipamento pelo qual uma tubeira de estação de serviço está ligada ao veículo e através do qual o combustível é transferido para o veículo. O bocal de abastecimento é utilizado em alternativa a um coletor de abastecimento.
- 2.11. «Concentração de hidrogénio», a percentagem de moles (ou moléculas) do hidrogénio na mistura de hidrogénio e de ar (equivalente ao volume parcial de hidrogénio gasoso).
- 2.12. «Veículo a hidrogénio», qualquer veículo a motor que utilize hidrogénio gasoso comprimido como combustível para a sua propulsão, incluindo os veículos com pilha de combustível e com motor de combustão interna. O combustível hidrogénio para veículos de passageiros é especificado na norma ISO 14687-2: 2012 e SAE J2719: (Revisão de setembro de 2011).
- 2.13. «Compartimento de bagagens», o espaço no veículo para bagagens e/ou mercadorias, limitado por tejadilho, capô, piso, paredes laterais e separado do compartimento de passageiros pela antepara da frente ou pela antepara da retaguarda.
- 2.14. «Fabricante», a pessoa ou entidade responsável perante a entidade homologadora por todos os aspetos do processo de homologação e por assegurar a conformidade da produção. Não é essencial que essa pessoa ou entidade esteja diretamente envolvida em todas as fases de fabrico do veículo, do sistema ou do componente sujeito ao processo de homologação.
- 2.15. «Pressão máxima de serviço admissível (PMSA)», a pressão manométrica mais elevada à qual é permitido utilizar um reservatório sob pressão ou um sistema de armazenagem em condições de funcionamento normais.
- 2.16. «Pressão máxima de abastecimento (PMA)», a pressão máxima aplicada ao sistema comprimido durante o abastecimento. A pressão máxima de abastecimento corresponde a 125 % da pressão nominal de serviço.
- 2.17. «Pressão nominal de serviço (PNS)», a pressão manométrica que caracteriza o funcionamento típico de um sistema. Para os reservatórios de hidrogénio gasoso comprimido, a PNS é a pressão estabilizada do gás comprimido no reservatório ou sistema de armazenagem completamente alimentado a uma temperatura uniforme de 15 °C.
- 2.18. «Dispositivo de descompressão (PRD)», um dispositivo que, quando ativado em condições de desempenho especificadas, é utilizado para libertar hidrogénio de um sistema pressurizado, impedindo assim a falha do sistema.
- 2.19. «Rotura» ou «rebetamento», ambos os termos se aplicam quando um invólucro se dissocia, se abre ou se rompe súbita e violentamente em pedaços, devido à força de pressão interna.
- 2.20. «Válvula de segurança», um dispositivo de descompressão que se abre a um nível de pressão preestabelecido e pode voltar a fechar-se.
- 2.21. «Vida útil» (de um reservatório de hidrogénio comprimido), o lapso de tempo em que é autorizado o serviço (a utilização).
- 2.22. «Válvula de fecho», uma válvula situada entre o reservatório de armazenagem e o sistema de alimentação de combustível do veículo, que pode ser ativada automaticamente; esta válvula deve voltar à posição «fechada», quando não está ligada a uma fonte de energia elétrica.
- 2.23. «Falha única», uma falha causada por um único evento, incluindo quaisquer avarias resultantes desta falha.
- 2.24. «Limitador de pressão acionado termicamente (TPRD)», um dispositivo de descompressão de abertura irreversível, acionado pela temperatura, que se abre para libertar hidrogénio gasoso.

- 2.25. «Tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio», um conjunto de componentes que não apresentam entre si diferenças significativas nos seguintes aspetos essenciais:
- a) A marca ou a designação comercial do fabricante;
  - b) O estado do combustível hidrogénio armazenado; gás comprimido;
  - c) A pressão nominal de serviço (PNS);
  - d) A estrutura, o material, a capacidade e as dimensões do reservatório; e
  - e) A estrutura, os materiais e as características essenciais dos TPRD, da válvula de retenção e da válvula de fecho, se aplicável.
- 2.26. «Tipo de componentes específicos do sistema de armazenamento de hidrogénio», um componente ou um conjunto de componentes que não apresentam entre si diferenças significativas nos seguintes aspetos essenciais:
- a) A marca ou a designação comercial do fabricante;
  - b) O estado do combustível hidrogénio armazenado; gás comprimido;
  - c) A natureza do componente: (T)PRD, válvula de regulação ou válvula de fecho; e
  - d) A estrutura, os materiais e as características essenciais.
- 2.27. «Modelo de veículo», no que diz respeito à segurança ligada ao hidrogénio, dos veículos que não apresentem entre si diferenças quanto aos elementos essenciais a seguir indicados:
- a) A marca ou a designação comercial do fabricante; e
  - b) A configuração de base e as principais características do sistema de alimentação de combustível do veículo.
- 2.28. «Sistema de alimentação de combustível para veículos», um conjunto de componentes utilizados para armazenar ou fornecer o combustível hidrogénio a uma pilha de combustível ou a um motor de combustão interna.
3. PEDIDO DE HOMOLOGAÇÃO
- 3.1. Parte I: Pedido de homologação de um tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido.
- 3.1.1. O pedido de homologação de um tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio deve ser apresentado pelo fabricante do sistema de armazenamento de hidrogénio ou pelo seu representante autorizado.
- 3.1.2. No anexo 1, parte 1-I, figura um modelo da ficha de informações.
- 3.1.3. Deve ser apresentado ao serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação um número suficiente de sistemas de armazenamento de hidrogénio representativos do tipo a homologar.
- 3.2. Parte II: Pedido de homologação de um tipo de componente específico do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido.
- 3.2.1. O pedido de homologação de um tipo de componente específico deve ser apresentado pelo fabricante do componente específico ou pelo seu representante autorizado.
- 3.2.2. No anexo 1, parte 1-II, figura um modelo da ficha de informações.
- 3.2.3. Deve ser apresentado ao serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação um número suficiente de componentes específicos do sistema de armazenamento de hidrogénio representativos do tipo a homologar.
- 3.3. Parte III: Pedido de homologação de um modelo de veículo.
- 3.3.1. O pedido de homologação de um modelo de veículo deve ser apresentado pelo fabricante do veículo ou pelo seu representante autorizado.

- 3.3.2. No anexo 1, parte I-III, figura um modelo da ficha de informações.
- 3.3.3. Deve ser apresentado ao serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação um número suficiente de veículos representativos do modelo a homologar.
4. HOMOLOGAÇÃO
- 4.1. Concessão da homologação
- 4.1.1. Homologação de um tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido.
- Se o sistema de armazenamento de hidrogénio apresentado para homologação nos termos do presente regulamento cumprir os requisitos da parte I abaixo, deve ser concedida a homologação a esse tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio.
- 4.1.2. Homologação de um tipo de componente específico do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido.
- Se o componente específico apresentado para homologação nos termos do presente regulamento cumprir os requisitos da parte II abaixo, deve ser concedida a homologação a esse tipo de componente específico.
- 4.1.3. Homologação de um modelo de veículo
- Se o veículo apresentado para homologação nos termos do presente regulamento cumprir os requisitos seguintes da parte III, deve ser concedida a homologação ao modelo de veículo em causa.
- 4.2. A cada modelo homologado é atribuído um número de homologação: os dois primeiros algarismos (00 para o regulamento na sua versão original) indicam a série de alterações que incorpora as principais alterações técnicas mais recentes do regulamento à data da emissão da homologação. A mesma parte contratante não pode atribuir o mesmo número a outro tipo de componente ou modelo de veículo.
- 4.3. A concessão, a extensão, a recusa ou a revogação da homologação nos termos do presente regulamento deve ser notificada às partes contratantes do Acordo que apliquem o presente regulamento por meio de um formulário conforme ao modelo constante do anexo 1, parte 2 e de fotografias e/ou diagramas apresentados pelo requerente num formato que não exceda o formato A4 (210 × 297 mm), ou dobrados nesse formato, e a uma escala adequada.
- 4.4. Em todos os veículos, sistemas de armazenamento de hidrogénio ou componentes específicos conformes a modelos ou tipos homologados nos termos do presente regulamento, deve ser afixada de maneira visível, num local facilmente acessível e indicado na ficha de homologação, uma marca de homologação internacional conforme aos modelos constantes do anexo 2 e composta por:
- 4.4.1. Um círculo envolvendo a letra «E», seguida do número distintivo do país que concedeu a homologação (?);
- 4.4.2. O número do presente regulamento, seguido da letra «R», de um travessão e do número de homologação, à direita do círculo previsto no ponto 4.4.1.
- 4.5. Se o veículo for conforme a um modelo homologado em aplicação de um outro ou de vários outros regulamentos anexos ao acordo no mesmo país que concedeu a homologação em aplicação do presente regulamento, o símbolo previsto no ponto 4.4.1 não tem de ser repetido; nesse caso, os números do regulamento e da homologação, assim como os símbolos adicionais devem ser dispostos em colunas verticais à direita do símbolo prescrito no ponto 4.4.1.
- 4.6. A marca de homologação deve ser claramente legível e indelével.
- 4.6.1. No caso de um veículo, a marca de homologação deve ser colocada sobre a chapa de identificação do veículo ou na sua proximidade.
- 4.6.2. No caso de um sistema de armazenamento de hidrogénio, a marca de homologação deve ser colocada no reservatório.
- 4.6.3. No caso de um componente específico, a marca de homologação deve ser colocada sobre o componente específico.

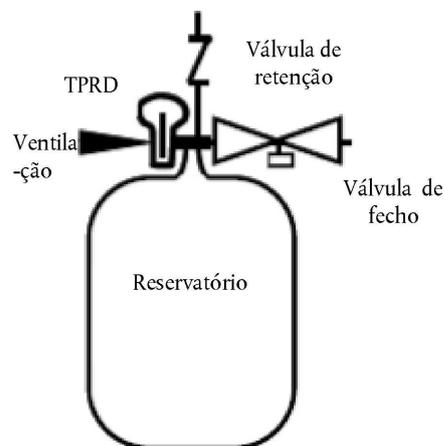
(?) Os números distintivos das partes contratantes no Acordo de 1958 são reproduzidos no anexo 3 da Resolução consolidada sobre a construção de veículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, anexo 3 — [www.unece.org/trans/main/wp29/wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

## 5. PARTE I – ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO

Esta parte especifica os requisitos aplicáveis ao sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido. O sistema de armazenamento de hidrogénio é constituído por um reservatório de armazenamento de alta pressão cujos orifícios são obturados por dispositivos de fecho primários. A figura 1 representa um sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido típico, composto por um reservatório pressurizado, três dispositivos de fecho e seus acessórios. Os dispositivos de fecho devem incluir as seguintes funções, que podem ser combinadas:

- a) Um TPRD;
- b) Uma válvula de retenção que impede o retorno à conduta de enchimento; e
- c) Uma válvula de fecho automático para impedir o escoamento do reservatório para a pilha de combustível ou para o motor de combustão interna. A válvula de fecho e o TPRD, que constituem o dispositivo de fecho primário dos fluxos do reservatório, devem ser montados diretamente sobre o reservatório ou no seu interior. Monta-se pelo menos um componente com a função de válvula de retenção diretamente sobre o reservatório ou no seu interior.

Figura 1

**Sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido típico**

Todos os novos sistemas de armazenamento de hidrogénio comprimido produzidos para serviço de veículos rodoviários devem ter uma PNS inferior ou igual a 70 MPa e uma vida útil de no máximo 15 anos, e cumprir os requisitos do ponto 5.

O sistema de armazenamento de hidrogénio deve cumprir os requisitos de ensaio de desempenho especificados no presente ponto. Os requisitos de qualificação para o serviço rodoviário são:

- 5.1. Ensaio de verificação dos parâmetros de referência
- 5.2. Ensaio de verificação da durabilidade do desempenho (ensaio hidráulicos sequenciais)
- 5.3. Ensaio de verificação do desempenho esperado do sistema em estrada (ensaio pneumáticos sequenciais)
- 5.4. Ensaio de verificação do desempenho do sistema para cessar o serviço em caso de incêndio
- 5.5. Ensaio de verificação da durabilidade do desempenho dos dispositivos de fecho primários.

Os elementos de ensaio destes requisitos de desempenho encontram-se resumidos no quadro abaixo. Os procedimentos de ensaio correspondentes são especificados no anexo 3.

**Síntese dos requisitos de desempenho**

5.1.	Ensaio de verificação dos parâmetros de referência
5.1.1.	Pressão de rebentamento inicial de referência
5.1.2.	Vida em ciclos de pressão inicial de referência

5.2.	Ensaio de verificação da durabilidade do desempenho (ensaios hidráulicos sequenciais)
5.2.1.	Ensaio de pressão de prova
5.2.2.	Ensaio de queda (impacto)
5.2.3.	Danos na superfície
5.2.4.	Ensaio de ciclos de pressão a temperatura ambiente e de exposição aos agentes químicos
5.2.5.	Ensaio de pressão estática a alta temperatura
5.2.6.	Ciclos de pressão a temperaturas extremas
5.2.7.	Ensaio de sobrepressão residual
5.2.8.	Ensaio de resistência residual ao rebentamento
5.3.	Ensaio de verificação do desempenho esperado em estrada (ensaios pneumáticos sequenciais)
5.3.1.	Ensaio de pressão de prova
5.3.2.	Ensaio de ciclos de pressão do gás à temperatura ambiente e a temperaturas extremas (ensaio pneumático)
5.3.3.	Ensaio de fuga/permeação dos gases sob pressão estática a temperaturas extremas (ensaio pneumático)
5.3.4.	Ensaio de sobrepressão residual
5.3.5.	Ensaio de resistência residual ao rebentamento (ensaio hidráulico)
5.4.	Ensaio de resistência ao fogo e das condições de retirada de serviço
5.5.	Requisitos aplicáveis aos dispositivos de fecho primários

#### 5.1. Ensaio de verificação dos parâmetros de referência

##### 5.1.1. Pressão de rebentamento inicial de referência

Sujeitam-se três (3) reservatórios a uma pressão hidráulica até ao rebentamento (procedimento de ensaio do ponto 2.1 do anexo 3). O fabricante deve fornecer a documentação (medições e análises estatísticas) que estabeleça o ponto médio da pressão de rebentamento de reservatórios novos,  $BP_0$ .

Todos os reservatórios ensaiados devem apresentar uma pressão de rebentamento com uma tolerância de  $\pm 10\%$  da  $BP_0$  superior ou igual a um valor mínimo  $BP_{min}$  de  $225\%$  da PNS.

Além disso, os reservatórios cujo constituinte primário seja um compósito de fibra de vidro devem ter uma pressão mínima de rebentamento superior a  $350\%$  da PNS.

##### 5.1.2. Vida em ciclos de pressão inicial de referência

Sujeitam-se três (3) reservatórios a ciclos de pressão hidráulica à temperatura ambiente de  $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$  a  $125\%$  da PNS ( $+2/-0$  MPa), sem rotura durante 22 000 ciclos, ou até que ocorra uma fuga (procedimento de ensaio do ponto 2.2 do anexo 3). Não devem ocorrer fugas antes de 11 000 ciclos relativamente a um período de vida útil de 15 anos.

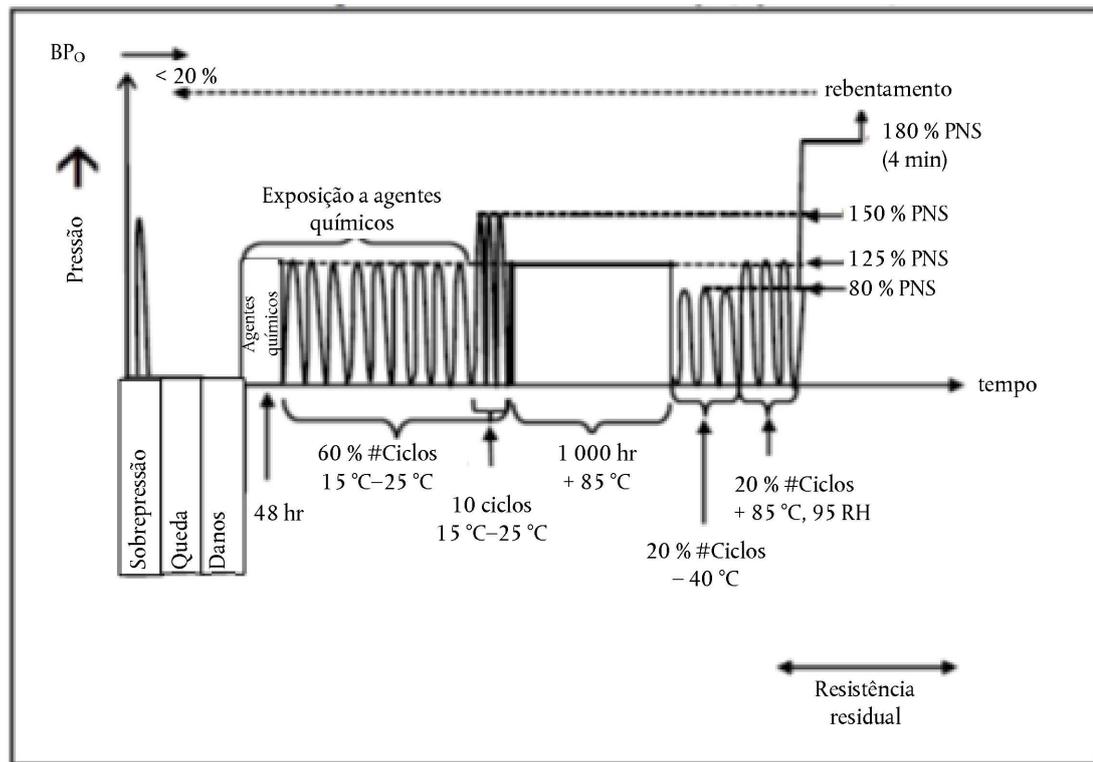
#### 5.2. Ensaio de verificação da durabilidade do desempenho (ensaios hidráulicos sequenciais)

Se as medições realizadas durante os três ciclos de vida de pressão referidos no ponto 5.1.2 forem superiores a 11 000 ciclos, ou se estiverem todas a  $\pm 25\%$  umas das outras, só se ensaia um (1) reservatório em conformidade com o ponto 5.2. No caso contrário, sujeitam-se três (3) os reservatórios aos ensaios do ponto 5.2.

Os reservatórios de hidrogénio não devem apresentar fugas durante a seguinte sequência de ensaios, que são aplicados em séries a um único sistema e que são ilustrados na figura 2. As especificações dos procedimentos de ensaio aplicáveis ao sistema de armazenamento de hidrogénio são indicadas no anexo 3, ponto 3.

Figura 2

## Ensaio de verificação da durabilidade do desempenho (ensaio hidráulico)



## 5.2.1. Ensaio de pressão de prova

Um reservatório é sujeito a uma pressão de 150 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa) que é mantida durante pelo menos 30 segundos (procedimento de ensaio do ponto 3.1 do anexo 3).

## 5.2.2. Ensaio de queda (impacto)

Faz-se cair o reservatório segundo vários ângulos de impacto (procedimento de ensaio do ponto 3.2 do anexo 3).

## 5.2.3. Ensaio de danos na superfície

Danifica-se a superfície do reservatório (procedimento de ensaio do ponto 3.3 do anexo 3).

## 5.2.4. Ensaio de ciclos de pressão a temperatura ambiente e de exposição aos agentes químicos

O reservatório é exposto aos agentes químicos presentes no ambiente rodoviário e sujeito a ciclos de pressão a 125 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa), a uma temperatura de  $20 (\pm 5)^\circ\text{C}$  durante 60 % do número de ciclos de pressão previstos (procedimento de ensaio do ponto 3.4 do anexo 3). A exposição aos agentes químicos é descontinuada antes dos últimos 10 ciclos, que são elevados a 150 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa).

## 5.2.5. Ensaio de pressão estática a alta temperatura.

O reservatório é sujeito a uma pressão de 125 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa) a  $\geq 85^\circ\text{C}$  durante pelo menos 1 000 horas (procedimento de ensaio do ponto 3.5 do anexo 3).

## 5.2.6. Ciclos de pressão a temperaturas extremas.

O reservatório é submetido a ciclos de pressão a uma temperatura  $\leq -40^\circ\text{C}$  a 80 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa) durante 20 % do número de ciclos, depois a uma temperatura  $\geq +85^\circ\text{C}$  e a uma humidade relativa de 95 ( $\pm 2$ )% a 125 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa) durante 20 % do número de ciclos (procedimento de ensaio do ponto 2.2 do anexo 3).

5.2.7. Ensaio de pressão residual hidráulica. O reservatório é sujeito a uma pressão de 180 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) que é mantida durante pelo menos 4 minutos sem reabastecimento (procedimento de ensaio do ponto 3.1 do anexo 3).

5.2.8. Ensaio de resistência residual ao reabastecimento

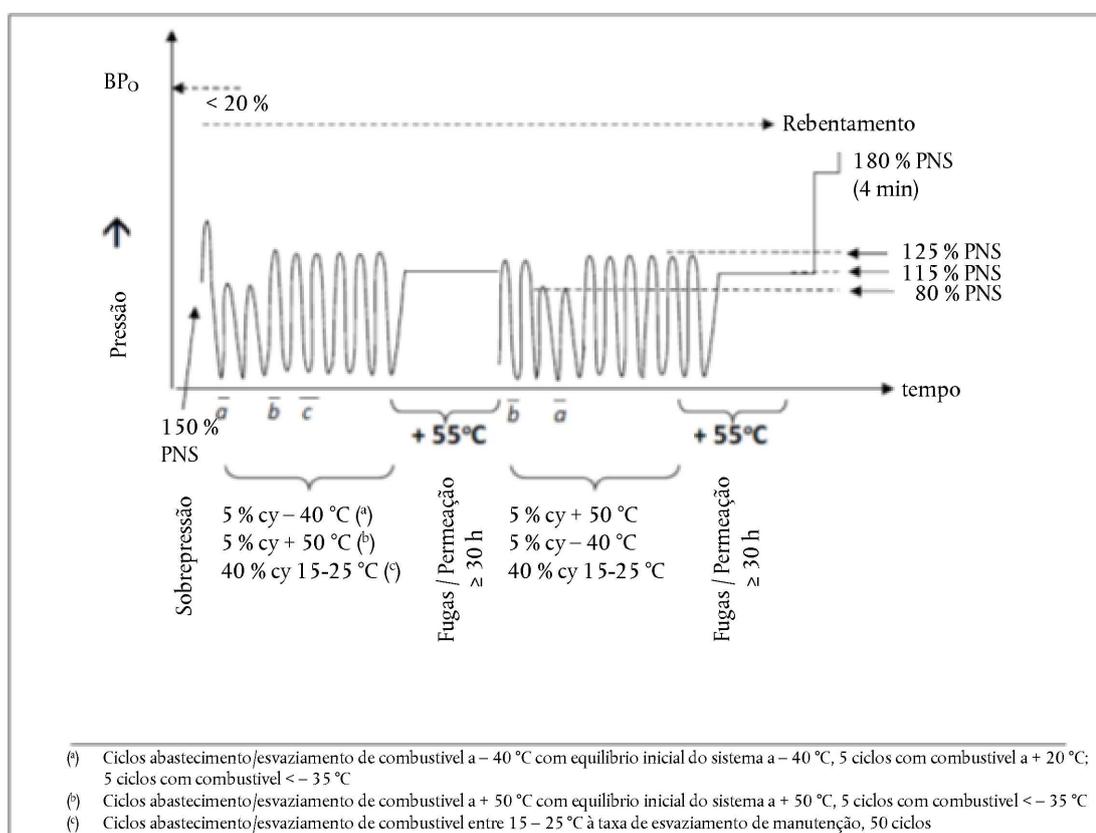
O reservatório é sujeito a um ensaio de reabastecimento hidráulico para verificar se a pressão de reabastecimento é, pelo menos, 80 % da pressão de reabastecimento inicial de referência ( $BP_0$ ), determinada no ponto 5.1.1 (procedimento de ensaio do ponto 2.1 do anexo 3).

5.3. Ensaio de verificação do desempenho esperado em estrada (ensaio pneumáticos sequenciais)

Um sistema de armazenamento de hidrogénio não deve apresentar fugas durante a sequência de ensaios a seguir ilustrados na figura 3. As especificações dos procedimentos de ensaio aplicáveis ao sistema de armazenamento de hidrogénio são indicadas no anexo 3.

Figura 3

**Ensaio de verificação do desempenho esperado em estrada (ensaio pneumáticos/hidráulicos)**



5.3.1. Ensaio de pressão de prova

Um sistema é sujeito a uma pressão de 150 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) durante pelo menos 30 segundos (procedimento de ensaio do ponto 3.1 do anexo 3). Um reservatório que já tenha sido sujeito a um ensaio de sobreprensão em fábrica pode ficar isento deste ensaio.

5.3.2. Ensaio de ciclos de pressão do gás à temperatura ambiente e a temperaturas extremas

O sistema é sujeito a ciclos de pressão com hidrogénio gasoso durante 500 ciclos (procedimento de ensaio do ponto 4.1 do anexo 3).

a) Os ciclos de pressão são divididos em dois grupos: Metade dos ciclos (250) é efetuada antes da exposição a pressão estática (ponto 5.3.3) e a metade restante dos ciclos (250) é efetuada após a exposição inicial a pressão estática (ponto 5.3.3), como ilustrado na figura 3;

b) O primeiro grupo de ciclos de pressão, 25 ciclos são efetuados a 80 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ , depois 25 ciclos a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura  $\geq +50^{\circ}\text{C}$  e a uma humidade relativa de 95 ( $\pm 2$ ) %, e os restantes 200 ciclos a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura de 20 ( $\pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ ;

O segundo grupo de ciclos de pressão, 25 ciclos são efetuados a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura  $\geq +50^{\circ}\text{C}$  e a uma humidade relativa de 95 ( $\pm 2$ ) %, depois 25 ciclos a 80 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ , e os restantes 200 ciclos a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) a uma temperatura de 20 ( $\pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ .

c) A temperatura do hidrogénio gasoso é  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ ;

d) Durante o primeiro grupo de 250 ciclos de pressão, efetuam-se cinco ciclos com combustível a temperatura de + 20 ( $\pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$  após o equilíbrio da temperatura do sistema a  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ ; efetuam-se cinco ciclos com o combustível a temperatura  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ ; e efetuam-se cinco ciclos com o combustível a uma temperatura  $\leq -40^{\circ}\text{C}$  após o equilíbrio da temperatura do sistema a  $\geq +50^{\circ}\text{C}$  e a 95 % de humidade relativa;

e) Cinquenta ciclos de pressão efetuam-se utilizando uma taxa de esvaziamento superior ou igual à da taxa de esvaziamento de combustível aquando da manutenção.

#### 5.3.3. Ensaio de fuga/permeação sob pressão estática a temperaturas extremas.

a) O ensaio é efetuado após cada grupo de 250 ciclos de pressão pneumáticos descritos no ponto 5.3.2;

b) A quantidade máxima admissível de hidrogénio que escapa do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido é de 46 ml/hora/l de capacidade de água do sistema de armazenamento. (procedimento de ensaio do ponto 4.2 do anexo 3);

c) Se a taxa de permeação medida for superior a 0,005 mg/s (3.6 Nml/min), efetua-se um ensaio de estanquidade localizada para assegurar que nenhum ponto de fuga exterior localizada seja superior a 0,005 mg/s (3.6 Nml/min) (procedimento de ensaio do ponto 4.3 do anexo 3).

#### 5.3.4. Ensaio de sobrepressão (ensaio hidráulico)

O reservatório é sujeito a uma pressão de 180 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) que é mantida durante pelo menos 4 minutos sem reabastecimento (procedimento de ensaio do ponto 3.1 do anexo 3).

#### 5.3.5. Ensaio de resistência residual ao reabastecimento (ensaio hidráulico)

O reservatório é sujeito a um reabastecimento hidráulico para verificar se a pressão de reabastecimento é, pelo menos, 80 % da pressão de reabastecimento inicial de referência ( $BP_0$ ), determinada no ponto 5.1.1 (procedimento de ensaio do ponto 2.1 do anexo 3).

#### 5.4. Ensaio de resistência ao fogo e das condições de retirada de serviço

A presente secção descreve o ensaio de resistência ao fogo efetuado com hidrogénio comprimido como gás de ensaio. Pode utilizar-se ar comprimido como gás de ensaio alternativo.

Sujeita-se um sistema de armazenamento de hidrogénio à PNS, expondo-o ao fogo (procedimento de ensaio do ponto 5.1 do anexo 3). Um dispositivo de descompressão acionado pela temperatura deve libertar os gases contidos no reservatório de forma controlada, sem rotura.

#### 5.5. Requisitos aplicáveis aos dispositivos de fecho primários

Os dispositivos de fecho primário que isolam o sistema de armazenamento de hidrogénio de alta pressão, nomeadamente TPRD, válvula de retenção e válvula de fecho, tal como descritos na figura 1, devem ser ensaiados e homologados em conformidade com a parte II do presente regulamento e produzidos em conformidade com o tipo homologado.

Não é necessário sujeitar o sistema de armazenamento a um novo ensaio se tiver dispositivos de fecho alternativos com função, acessórios, materiais, resistência e dimensões comparáveis, e que cumpram a condição acima. Contudo, qualquer alteração na tecnologia do TPRD, na sua posição de instalação ou das condutas de ventilação requer um novo ensaio de resistência ao fogo nos termos do ponto 5.4.

## 5.6. Rotulagem

Um rótulo deve ser afixado de modo permanente em cada reservatório e ostentar, pelo menos, as seguintes informações: nome do fabricante, número de série, data de fabrico, PMA, PNS, tipo de combustível (por exemplo, «CHG» para hidrogénio gasoso) e data de retirada de serviço. Cada reservatório deve também ostentar o número de ciclos efetuados no programa de ensaios nos termos do ponto 5.1.2. Qualquer rótulo afixado no reservatório em conformidade com o presente número deve permanecer no local e ser legível durante todo o período de vida recomendado pelo fabricante.

A data de retirada de serviço não pode ser superior a 15 anos a contar da data de fabrico.

## 6. PARTE II – ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ESPECÍFICOS DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO

### 6.1. Requisitos aplicáveis aos TPRD

Os TPRD devem cumprir os seguintes requisitos de desempenho:

- a) Ensaio de ciclos de pressão (anexo 4, ponto 1.1);
- b) Ensaio acelerado de tempo de vida (anexo 4, ponto 1.2);
- c) Ensaio de ciclos de temperatura (anexo 4, ponto 1.3);
- d) Ensaio de resistência à corrosão pelo sal (anexo 4, ponto 1.4);
- e) Ensaio de exposição ambiental do veículo (anexo 4, ponto 1.5);
- f) Ensaio de resistência à fissuração por corrosão sob tensão (anexo 4, ponto 1.6);
- g) Ensaio de queda e de vibrações (anexo 4, ponto 1.7);
- h) Ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 1.8);
- i) Ensaio de ativação no banco (anexo 4, ponto 1.9);
- j) Ensaio de caudal (anexo 4, ponto 1.10).

### 6.2. Requisitos aplicáveis à válvula de retenção e à válvula de fecho automático

As válvulas de retenção e as válvulas de fecho automático devem cumprir os seguintes requisitos de desempenho:

- a) Ensaio de resistência hidrostática (anexo 4, ponto 2.1);
- b) Ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 2.2);
- c) Ensaio de ciclos de pressão a temperaturas extremas (anexo 4, ponto 2.3);
- d) Ensaio de resistência à corrosão pelo sal (anexo 4, ponto 2.4);
- e) Ensaio de exposição ambiental do veículo (anexo 4, ponto 2.5);
- f) Ensaio de corrosão atmosférica (anexo 4, ponto 2.6);
- g) Ensaios elétricos (anexo 4, ponto 2.7);
- h) Ensaio de vibrações (anexo 4, ponto 2.8);
- i) Ensaio de fissuração por corrosão sob tensão (anexo 4, ponto 2.9);
- j) Ensaio de exposição ao hidrogénio pré-arrefecido (anexo 4, ponto 2.10).

### 6.3. No mínimo, as seguintes informações: PMA e tipo de combustível (p. ex., «CHG» para hidrogénio gasoso), marcados de forma claramente legível e indelével em cada um dos componentes com funções de dispositivos de fecho primários.

7. PARTE III – ESPECIFICAÇÕES DE UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL DO VEÍCULO QUE INCORPORE O SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO

Esta parte especifica os requisitos para o sistema de alimentação de combustível do veículo, que inclui o sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido, tubagens, juntas e componentes em que o hidrogénio está presente. O sistema de armazenamento de hidrogénio incluído no sistema de alimentação de combustível do veículo deve ser ensaiado e homologado em conformidade com a parte I do presente regulamento e produzido em conformidade com o tipo homologado.

7.1. Requisitos aplicáveis ao sistema de alimentação de combustível em utilização normal

7.1.1. Bocal de abastecimento

7.1.1.1. Um bocal de abastecimento do hidrogénio comprimido impede que o gás flua para a atmosfera. O procedimento de ensaio consiste na inspeção visual.

7.1.1.2. Rótulo do bocal de abastecimento: deve ser afixado um rótulo junto ao bocal de abastecimento; por exemplo, no interior de uma portinhola de reabastecimento, com as seguintes informações: tipo de combustível (por exemplo, «CHG» para hidrogénio gasoso), MFP, NWP e data de retirada de serviço dos reservatórios.

7.1.1.3. O bocal de abastecimento deve ser montado no veículo para assegurar o bloqueio efetivo da tubeira de abastecimento de combustível. O bocal deve estar protegido contra a manipulação não autorizada e a entrada de sujidade e água (por exemplo, instalado num compartimento que possa ser fechado). O procedimento de ensaio consiste na inspeção visual.

7.1.1.4. O bocal de abastecimento não deve ser montado nos elementos externos de absorção de energia do veículo (por exemplo, para-choques) nem instalado no habitáculo, no compartimento de bagagens e noutros locais onde o gás de hidrogénio possa acumular-se e onde a ventilação não seja suficiente. O procedimento de ensaio consiste na inspeção visual.

7.1.2. Proteção contra a sobrepressão para o sistema de baixa pressão (anexo 5, ponto 6, procedimento de ensaio)

O sistema de hidrogénio a jusante de um regulador de pressão deve estar protegido contra uma sobrepressão originada por uma eventual avaria do regulador de pressão. A pressão de regulação do dispositivo de proteção contra a sobrepressão deve ser inferior ou igual à pressão máxima de serviço autorizada para a secção apropriada do sistema para hidrogénio.

7.1.3. Sistemas de descarga de hidrogénio

7.1.3.1. Sistemas de descarga controlada contra sobrepressões (anexo 5, ponto 6, procedimento de ensaio)

a) TPRD do sistema de armazenamento. A saída do tubo de ventilação, se existir, para descarga de hidrogénio gasoso a partir dos TPRD do sistema de armazenamento deve estar protegida por um casquilho;

b) TPRD do sistema de armazenamento. A descarga de gás de hidrogénio pelos TPRD do sistema de armazenamento não deve ser dirigida:

i) Para espaços fechados ou semifechados;

ii) Na direção ou para o interior de compartimentos ou passagens das rodas;

iii) Para reservatórios de hidrogénio gasoso;

iv) Para a frente do veículo, ou horizontalmente (paralelamente à estrada) a partir da traseira ou dos lados do veículo.

c) Podem ser utilizados além do sistema de armazenamento de hidrogénio outros dispositivos limitadores de pressão (por exemplo, um disco de rotura). Os outros dispositivos limitadores de pressão não devem orientar a descarga de gás de hidrogénio:

i) Para terminais e comutadores elétricos expostos ou outras fontes de ignição;

ii) Na direção ou para o interior do habitáculo ou do compartimento de bagagens do veículo;

iii) Na direção ou para o interior de compartimentos ou passagens das rodas;

iv) Para reservatórios de hidrogénio gasoso.

7.1.3.2. Sistema de escape do veículo (anexo 5, ponto 4, procedimento de ensaio)

À saída do sistema de escape do veículo, o nível de concentração de hidrogénio:

- a) não deve exceder 4 %, em volume (média), durante qualquer período de três segundos em utilização normal, incluindo o arranque e a paragem do motor;
- b) e nunca exceder 8 % (anexo 5, ponto 4, procedimento de ensaio).

7.1.4. Proteção contra o risco de incêndio: condições de falha única

7.1.4.1. Em caso de fuga e/ou permeação no sistema de armazenamento de hidrogénio, este não deve fluir diretamente para o habitáculo ou compartimento de bagagens, ou para quaisquer espaços fechados ou semifechados no veículo que contenham fontes de ignição não protegidas.

7.1.4.2. Uma falha única a jusante da válvula de fecho principal do hidrogénio não deve gerar acumulações de hidrogénio no habitáculo aos níveis de concentração correspondentes ao procedimento de ensaio previsto no anexo 5, ponto 3.2.

7.1.4.3. Se, durante o funcionamento, uma falha única resultar numa concentração de hidrogénio superior a 3,0 % em volume para o ar nos espaços fechados ou semifechados do veículo, deve ser despoletado um aviso (ponto 7.1.6). Se a concentração de hidrogénio exceder 4,0 % em volume no ar nos espaços fechados ou semifechados do veículo, a válvula de fecho principal deve ser fechada para isolar o sistema de armazenamento. (anexo 5, ponto 3, procedimento de ensaio).

7.1.5. Fugas no sistema de alimentação de combustível

As condutas de alimentação de hidrogénio (por exemplo, tubagens, juntas, etc.) a jusante das válvulas de fecho principal(ais) para o sistema de pilha de combustível ou o motor não devem apresentar fugas. A conformidade deve ser verificada à PNS (anexo 5, ponto 5, procedimento de ensaio).

7.1.6. Avisador dirigido ao condutor por meio de sinal visual

O aviso deve ser dado por um sinal ótico ou visualização de texto com as seguintes propriedades:

- a) Ser visível para o condutor sentado em posição de condução e com o cinto de segurança apertado;
- b) De cor amarela, se há anomalias no sistema de deteção (por exemplo, desconexão de circuitos, curto-circuito, falha de sensor). Deve ser vermelho em conformidade com o ponto 7.1.4.3;
- c) Quando iluminado, deve ser visível para o condutor, tanto em condições de condução diurna como noturna;
- d) Deve permanecer iluminado no caso de a concentração de hidrogénio atingir 3,0 % ou de mau funcionamento do sistema de deteção e se o sistema de bloqueio da ignição estiver em posição de contacto («marcha») ou o sistema de propulsão estiver ativado.

7.2. Integridade do sistema de alimentação de combustível pós-colisão

O sistema de alimentação de combustível do veículo deve cumprir os seguintes requisitos após os ensaios de colisão do veículo, em conformidade com os seguintes regulamentos e aplicar também os procedimentos de ensaio previstos no anexo 5 do presente regulamento.

- a) Ensaio de impacto frontal em conformidade com o Regulamento n.º 12 ou o Regulamento n.º 94; e
- b) Ensaio de impacto lateral em conformidade com o Regulamento n.º 95.

Caso um ou ambos os ensaios de colisão do veículo especificados acima não sejam aplicáveis ao veículo, o sistema de alimentação de combustível do veículo deve, em vez disso, ser sujeito às acelerações alternativas relevantes a seguir especificadas, devendo o sistema de armazenamento de hidrogénio ser instalado numa posição que cumpra os requisitos do ponto 7.2.4. As acelerações devem ser medidas na localização onde está instalado o sistema de armazenamento de hidrogénio. O sistema de alimentação de combustível do veículo deve ser montado e fixado na parte representativa do veículo. A massa utilizada deve ser representativa de um reservatório ou conjunto de reservatórios integralmente equipado e atestado.

Acelerações para veículos das categorias M<sub>1</sub> e N<sub>1</sub>:

- a) 20 g no sentido de marcha (para a frente e para a retaguarda);
- b) 8 g no sentido horizontal perpendicular ao sentido de marcha (à esquerda e à direita).

Acelerações para veículos das categorias M<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>:

- a) 10 g no sentido de marcha (para a frente e para a retaguarda);
- b) 5 g no sentido horizontal perpendicular ao sentido de marcha (à esquerda e à direita).

Acelerações para veículos das categorias M<sub>3</sub> e N<sub>3</sub>:

- a) 6,6 g no sentido de marcha (para a frente e para a retaguarda);
- b) 5 g no sentido horizontal perpendicular ao sentido de marcha (à esquerda e à direita).

#### 7.2.1. Limite da fuga de combustível

O caudal volumétrico de fuga de hidrogénio não deve exceder uma média de 118 Nl por minuto durante o período,  $\Delta t$ , determinado de acordo com o anexo 5, ponto 1.1 ou 1.2.

#### 7.2.2. Limite de concentração em espaços fechados

Uma fuga de hidrogénio gasoso não deve resultar numa concentração de hidrogénio no ar superior a 4,0 % em volume no habitáculo e nos compartimentos de bagagens (anexo 5, ponto 2, procedimentos de ensaio). Considera-se que o requisito foi cumprido se for confirmado que a válvula de fecho do sistema de armazenamento se fechou num período de 5 segundos após a colisão e não há qualquer fuga do sistema de armazenamento.

#### 7.2.3. Deslocamento do reservatório

Os reservatórios de armazenamento devem permanecer fixados ao veículo por, pelo menos, num ponto de fixação.

#### 7.2.4. Requisitos de instalação adicionais

##### 7.2.4.1. Requisitos para a instalação do sistema de armazenamento de hidrogénio não sujeitos ao ensaio de colisão frontal:

O reservatório deve ser montado atrás de um plano vertical perpendicular ao eixo mediano do veículo e situado 420 mm atrás do bordo da frente do veículo.

##### 7.2.4.2. Requisitos para a instalação do sistema de armazenamento de hidrogénio não sujeitos ao ensaio de colisão lateral:

O reservatório deve ser montado entre os dois planos verticais paralelos ao eixo mediano do veículo, 200 mm dentro do bordo mais exterior do veículo, na proximidade dos seus reservatórios.

## 8. MODIFICAÇÃO DO MODELO E EXTENSÃO DA HOMOLOGAÇÃO

### 8.1. Qualquer modificação de um modelo de veículo ou sistema de armazenamento de hidrogénio ou componente específico para o sistema de armazenamento de hidrogénio existentes deve ser notificada à entidade homologadora que o homologou. A entidade deve:

- a) decidir conceder uma nova homologação, em consulta com o fabricante; ou
- b) aplicar o procedimento constante do ponto 8.1.1 (Revisão) e, se aplicável, o procedimento constante do ponto 8.1.2 (Extensão).

#### 8.1.1. Revisão

Se as informações registadas na ficha de informação do anexo 1 tiverem sido alteradas e a entidade homologadora considerar que as modificações introduzidas não são suscetíveis de ter efeitos adversos apreciáveis e que, em qualquer caso, o veículo/sistema de armazenamento de hidrogénio/componente específico continua a cumprir os requisitos, a modificação é designada «revisão».

Nesses casos, a entidade homologadora procede, se necessário, à emissão das páginas revistas das fichas de informação do anexo 1, assinalando claramente, em cada uma delas, a natureza das modificações e a data da reemissão. Considera-se que uma versão atualizada e consolidada das fichas de informação do anexo 1, acompanhada de uma descrição pormenorizada da modificação, cumpre este requisito.

#### 8.1.2. Extensão

A modificação deve ser designada «extensão» se, para além da alteração das informações registadas no dossiê de informação,

- a) forem necessárias novas inspeções ou novos ensaios; ou
- b) a informação constante do documento de comunicação (com exclusão dos anexos) tiver sido alterada; ou
- c) for pedida uma homologação ao abrigo de uma série de alterações após a data da sua entrada em vigor.

8.2. A confirmação ou a recusa da homologação, com indicação das modificações ocorridas, deve ser notificada às partes contratantes no Acordo que apliquem o presente regulamento através do procedimento indicado no ponto 4.3. Além disso, o índice das fichas de informação e dos relatórios de ensaios, em anexo à comunicação do anexo 1, deve ser alterado em conformidade, de molde a indicar a data da última extensão ou revisão.

8.3. A entidade homologadora que emite a extensão da homologação deve atribuir um número de série a cada formulário de comunicação previsto para uma extensão.

### 9. CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

Os procedimentos relativos à conformidade da produção devem cumprir as disposições gerais constantes do apêndice 2 do Acordo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), bem como, pelo menos, as seguintes condições:

9.1. Um veículo, sistema de armazenamento de hidrogénio ou componente homologado nos termos do presente regulamento deve ser fabricado de modo a estar em conformidade com o modelo/tipo homologado, através do cumprimento dos requisitos estabelecidos nos pontos 5 a 7 acima;

9.2. A entidade homologadora que concedeu a homologação pode verificar em qualquer altura os métodos de controlo da conformidade aplicáveis a cada unidade de produção. A periodicidade normal dessas verificações é de dois em dois anos.

9.3. No caso do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido, o controlo da produção do reservatório deve cumprir os seguintes requisitos adicionais:

9.3.1. Todos os reservatórios devem estar sujeitos a ensaios em conformidade com o ponto 5.2.1 do presente regulamento. A pressão de ensaio é  $\geq 150$  % da PNS.

#### 9.3.2. Ensaios por lotes

Em qualquer caso, para cada lote, que não deve exceder 200 cilindros ou invólucros prontos (excluem-se cilindros ou invólucros para ensaios destrutivos) ou turno de produção sucessiva, conforme o que for maior, sujeita-se pelo menos um reservatório ao ensaio de rotura previsto no ponto 9.3.2.1 e, além disso, pelo menos um reservatório ao ensaio de ciclos de pressão referido no ponto 9.3.2.2.

##### 9.3.2.1. Ensaio de rotura em ensaios por lotes

O ensaio deve ser efetuado de acordo com o ponto 2.1 (ensaio de rotura por pressão hidrostática) do anexo 3. A pressão de rotura exigida deve ser, pelo menos, BP<sub>min</sub> e a pressão média de rebentamento registada nos últimos dez ensaios deve ser igual ou superior a BP<sub>0</sub>-10 %.

##### 9.3.2.2. Ensaio de ciclos de pressão à temperatura ambiente em ensaios por lotes

O ensaio deve ser efetuado de acordo com o ponto 2.2, alíneas a) a c) (ensaio de ciclos de pressão hidrostática) do anexo 3, exceto que não são aplicáveis os requisitos de temperatura do fluido de abastecimento e do revestimento do reservatório, bem como o requisito de humidade relativa. O cilindro é sujeito a ciclos de pressão com pressão hidrostática  $\geq 125$  % da PNS, até 22 000 ciclos em caso de ausência de fugas ou até à ocorrência de fugas. Durante a vida útil de 15 anos, o cilindro não deve apresentar fugas nem ruturas durante os primeiros 11 000 ciclos.

### 9.3.2.3. Disposições em matéria de flexibilização dos requisitos

Aquando do ensaio de ciclos de pressão à temperatura ambiente em ensaios por lotes, os cilindros acabados são sujeitos a ciclos de pressão com uma frequência de amostragem definida como se segue:

9.3.2.3.1. Um cilindro de cada lote é sujeito a ciclos de pressão com 11 000 ciclos durante a vida útil de 15 anos.

9.3.2.3.2. Se, em 10 lotes de fabrico consecutivos da mesma conceção, nenhum dos cilindros sujeitos a ciclos de pressão apresentar fugas ou ruturas ao longo de um número de ciclos igual a  $11\,000 \times 1,5$  para uma vida útil de 15 anos, o ensaio de ciclos de pressão pode ser limitado a um cilindro de cada 5 lotes de produção.

9.3.2.3.3. Se, em 10 lotes de fabrico consecutivos da mesma conceção, nenhum dos cilindros sujeitos a ciclos de pressão apresentar fugas ou ruturas ao longo de um número de ciclos igual a  $11\,000 \times 2,0$  para uma vida útil de 15 anos, o ensaio de ciclos de pressão pode ser limitado a um cilindro de cada 10 lotes de produção.

9.3.2.3.4. Se tiverem decorrido mais de 6 meses desde o último lote de fabrico, a frequência de amostragem para o lote de fabrico seguinte deve ser a especificada nos pontos 9.3.2.3.2 ou 9.3.2.3.3 acima.

9.3.2.3.5. Se um cilindro ensaiado à frequência de amostragem referida nos pontos 9.3.2.3.2 ou 9.3.2.3.3 acima não cumprir o número exigido de ciclos de pressão, repete-se o ensaio de ciclos de pressão à frequência de amostragem referida no ponto 9.3.2.3.1 acima, durante um mínimo de 10 lotes de fabrico. A frequência de amostragem para o ensaio posterior deve ser a especificada nos pontos 9.3.2.3.2 ou 9.3.2.3.3 acima.

9.3.2.3.6. Se um cilindro ensaiado à frequência de amostragem referida nos pontos 9.3.2.3.1, 9.3.2.3.2 ou 9.3.2.3.3 acima não cumprir o requisito mínimo respeitante ao número de ciclos de pressão (11 000 ciclos), determina-se a causa do incumprimento, corrigindo-a segundo os procedimentos referidos no ponto 9.3.2.3.7.

Repete-se então o ensaio de ciclos de pressão em três outros cilindros do lote. Se um dos três cilindros adicionais não cumprir o requisito mínimo respeitante ao número de ciclos de pressão (11 000 ciclos), rejeitam-se todos os cilindros deste lote.

9.3.2.3.7. Na eventualidade de não serem cumpridos os requisitos de ensaios, devem executar-se novos ensaios ou tratamentos térmicos do seguinte modo:

a) Havendo indícios de erro na execução de um ensaio ou de uma medição, deve ser executado novo ensaio. Se o seu resultado for satisfatório, ignora-se o primeiro;

b) Se o ensaio tiver sido executado de modo satisfatório, deve ser identificada a causa do erro.

Todos os cilindros que não cumpram os requisitos devem ser rejeitados ou reparados por um método aprovado. Os cilindros não rejeitados são então considerados como constituindo um novo lote.

Em qualquer caso, o novo lote é novamente ensaiado. Repetem-se todos os ensaios de protótipo ou de lote necessários para demonstrar a aceitabilidade do novo lote. Caso cilindro de um lote não seja considerado satisfatório num ou mais ensaios, rejeitam-se todos os cilindros deste lote.

## 10. SANÇÕES PELA NÃO CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

10.1. A homologação concedida a um modelo de veículo, tipo de sistema ou de componente, nos termos do presente regulamento, pode ser revogada se os requisitos enunciados no ponto 9 acima não forem cumpridos.

10.2. Se uma parte contratante no Acordo que aplique o presente regulamento revogar uma homologação previamente concedida, deve notificar imediatamente desse facto as restantes partes contratantes que apliquem o presente regulamento, utilizando um formulário de comunicação conforme ao modelo constante na parte 2 do anexo 1 do presente regulamento.

## 11. CESSAÇÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

Se o titular de uma homologação cessar definitivamente o fabrico do modelo de veículo, tipo de sistema ou de componente homologados nos termos do presente regulamento, deve informar desse facto a entidade que concedeu a homologação, que, por sua vez, deve notificar as outras partes contratantes do acordo que apliquem o presente regulamento por meio de um formulário de comunicação conforme ao modelo constante na parte 2 do anexo 1 do presente regulamento.

12. DESIGNAÇÕES E ENDEREÇOS DOS SERVIÇOS TÉCNICOS RESPONSÁVEIS PELA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE HOMOLOGAÇÃO E DAS ENTIDADES HOMOLOGADORAS

As partes contratantes no Acordo que apliquem o presente regulamento devem comunicar ao Secretariado das Nações Unidas as designações e endereços dos serviços técnicos responsáveis pela realização de ensaios de homologação e das entidades homologadoras que concedem as homologações e aos quais devem ser enviados os formulários de homologação, extensão, recusa ou revogação da homologação.

---

## ANEXO 1

## PARTE 1

**Modelo – I**

Ficha de informações n.º... relativa à homologação de um sistema de armazenamento de hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio

As seguintes informações, se aplicáveis, devem incluir um índice. Se houver desenhos, devem ser fornecidos à escala adequada e com pormenor suficiente, em formato A4 ou dobrados nesse formato. Se houver fotografias, estas devem ter o pormenor suficiente.

No caso de os sistemas ou componentes possuírem controlos eletrónicos, devem ser fornecidas as informações pertinentes relacionadas com o seu desempenho.

- 0. Considerações gerais
- 0.1. Marca (denominação comercial do fabricante): .....
- 0.2. Tipo: .....
- 0.2.1. Designações comerciais (se existirem): .....
- 0.5. Nome e endereço do fabricante: .....
- 0.8. Nomes e endereços das instalações de montagem: .....
- 0.9. Nome e endereço do representante do fabricante (se aplicável): .....
- 3. Motor
- 3.9. Sistema de armazenamento de hidrogénio
- 3.9.1. Sistema de armazenamento de hidrogénio concebido para utilizar hidrogénio líquido/comprimido (gasoso) <sup>(1)</sup>
- 3.9.1.1. Descrição e desenho do sistema de armazenamento de hidrogénio: .....
- 3.9.1.2. Marcas: .....
- 3.9.1.3. Tipos: .....
- 3.9.2. Reservatórios
- 3.9.2.1. Marcas: .....
- 3.9.2.2. Tipos: .....
- 3.9.2.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
- 3.9.2.4. Pressões nominais de serviço: ..... MPa
- 3.9.2.5. Número de ciclos de enchimento: .....
- 3.9.2.6. Capacidade: ..... litros (água)
- 3.9.2.7. Material: .....
- 3.9.2.8. Descrição e desenhos: .....
- 3.9.3. Dispositivos de descompressão acionados termicamente
- 3.9.3.1. Marcas: .....
- 3.9.3.2. Tipos: .....

<sup>(1)</sup> Riscar o que não interessa (há casos em que nada precisa de ser suprimido, quando for aplicável mais de uma entrada).

- 3.9.3.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
- 3.9.3.4. Pressão de regulação: .....
- 3.9.3.5. Temperatura de regulação: .....
- 3.9.3.6. Capacidade de purga: .....
- 3.9.3.7. Temperatura máxima de funcionamento normal: ..... °C
- 3.9.3.8. Pressões nominais de serviço: ..... MPa
- 3.9.3.9. Material: .....
- 3.9.3.10. Descrição e desenhos: .....
- 3.9.3.11. Número de homologação: .....
- 3.9.4. Válvulas de retenção
- 3.9.4.1. Marcas: .....
- 3.9.4.2. Tipos: .....
- 3.9.4.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
- 3.9.4.4. Pressões nominais de serviço: ..... MPa
- 3.9.4.5. Material: .....
- 3.9.4.6. Descrição e desenhos: .....
- 3.9.4.7. Número de homologação: .....
- 3.9.5. Válvulas de fecho automático
- 3.9.5.1. Marcas: .....
- 3.9.5.2. Tipos: .....
- 3.9.5.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
- 3.9.5.4. Pressões nominais de serviço e, se a jusante do primeiro regulador de pressão, pressões máximas de serviço admissíveis: ..... MPa
- 3.9.5.5. Material: .....
- 3.9.5.6. Descrição e desenhos: .....
- 3.9.5.7. Número de homologação: .....

### Modelo – II

Ficha de informações n.º... relativa à homologação de um tipo de componente específico de um sistema de armazenamento de hidrogénio no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio

As seguintes informações, se aplicáveis, devem incluir um índice. Se houver desenhos, devem ser fornecidos à escala adequada e com pormenor suficiente, em formato A4 ou dobrados nesse formato. Se houver fotografias, estas devem ter o pormenor suficiente.

No caso de os componentes possuírem controlos eletrónicos, devem ser fornecidas as informações relevantes relacionadas com o seu desempenho.

0. Considerações gerais

0.1. Marca (denominação comercial do fabricante): .....

- 0.2. Tipo: .....
- 0.2.1. Designações comerciais (se existirem): .....
- 0.5. Nome e endereço do fabricante: .....
- 0.8. Nomes e endereços das instalações de montagem: .....
- 0.9. Nome e endereço do representante do fabricante (se aplicável): .....
- 3. Motor
  - 3.9.3. Dispositivos de descompressão acionados termicamente
    - 3.9.3.1. Marcas: .....
    - 3.9.3.2. Tipos: .....
    - 3.9.3.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
    - 3.9.3.4. Pressão de regulação: .....
    - 3.9.3.5. Temperatura de regulação: .....
    - 3.9.3.6. Capacidade de purga: .....
    - 3.9.3.7. Temperatura máxima de funcionamento normal: ..... °C
    - 3.9.3.8. Pressões nominais de serviço: ..... MPa
    - 3.9.3.9. Material: .....
    - 3.9.3.10. Descrição e desenhos: .....
  - 3.9.4. Válvulas de retenção
    - 3.9.4.1. Marcas: .....
    - 3.9.4.2. Tipos: .....
    - 3.9.4.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
    - 3.9.4.4. Pressões nominais de serviço: ..... MPa
    - 3.9.4.5. Material: .....
    - 3.9.4.6. Descrição e desenhos: .....
  - 3.9.5. Válvulas de fecho automático
    - 3.9.5.1. Marcas: .....
    - 3.9.5.2. Tipos: .....
    - 3.9.5.3. Pressão máxima de serviço admissível (PMSA): ..... MPa
    - 3.9.5.4. Pressões nominais de serviço e, se a jusante do primeiro regulador de pressão, pressões máximas de serviço admissíveis: ..... MPa
    - 3.9.5.5. Material: .....
    - 3.9.5.6. Descrição e desenhos: .....

**Modelo – III**

Ficha de informações n.º... relativa à homologação de um veículo no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio

As seguintes informações, se aplicáveis, devem incluir um índice. Se houver desenhos, devem ser fornecidos à escala adequada e com pormenor suficiente, em formato A4 ou dobrados nesse formato. Se houver fotografias, estas devem ter o pormenor suficiente.

No caso de os sistemas ou componentes possuírem controlos eletrónicos, devem ser fornecidas as informações pertinentes relacionadas com o seu desempenho.

0. Considerações gerais
  - 0.1. Marca (denominação comercial do fabricante): .....
  - 0.2. Tipo:
    - 0.2.1. Designações comerciais (se existirem): .....
  - 0.3. Meios de identificação do modelo, se marcado no veículo <sup>(2)</sup>: .....
  - 0.3.1. Localização dessa marca: .....
  - 0.4. Categoria de veículo <sup>(3)</sup>: .....
  - 0.5. Nome e endereço do fabricante: .....
  - 0.8. Nomes e endereços das instalações de montagem: .....
  - 0.9. Nome e endereço do representante do fabricante (se aplicável): .....
1. Características gerais de construção do veículo
  - 1.1. Fotografias e/ou desenhos de um veículo representativo: .....
  - 1.3.3. Eixos motores (número, posição, interligação): .....
  - 1.4. Quadro (se existir) (desenho global): .....
3. Motor
  - 3.9. Sistema de armazenamento de hidrogénio
    - 3.9.1. Sistema de armazenamento de hidrogénio concebido para utilizar hidrogénio líquido/comprimido (gasoso) <sup>(4)</sup>
      - 3.9.1.1. Descrição e desenho do sistema de armazenamento de hidrogénio: .....
      - 3.9.1.2. Marcas: .....
      - 3.9.1.3. Tipos: .....
      - 3.9.1.4. Número de homologação: .....
    - 3.9.6. Sensores de deteção de fugas de hidrogénio: .....
    - 3.9.6.1. Marcas: .....
    - 3.9.6.2. Tipos: .....
    - 3.9.7. Conexão ou recipiente de reabastecimento
      - 3.9.7.1. Marcas: .....
      - 3.9.7.2. Tipos: .....
    - 3.9.8. Desenhos ilustrando os requisitos de instalação e de funcionamento.

<sup>(2)</sup> Se os meios de identificação do modelo contiverem caracteres não relevantes para descrever esse modelo abrangido pela presente ficha de informações, tais caracteres devem ser representados na documentação por meio do símbolo «[...]» (p. ex., [...]).

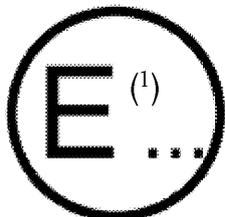
<sup>(3)</sup> Tal como definido na Resolução consolidada sobre a construção de veículos (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, ponto 2 – [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

<sup>(4)</sup> Riscar o que não interessa (há casos em que nada precisa de ser suprimido, quando for aplicável mais de uma entrada).

## PARTE 2

**Modelo I**  
**COMUNICAÇÃO**

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



Emitida por: Designação da entidade administrativa:

.....

.....

.....

- Referente a <sup>(2)</sup>: Concessão da homologação
- Extensão da homologação
- Recusa da homologação
- Revogação da homologação
- Cessação definitiva da produção

de um tipo de sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio, nos termos do Regulamento n.º 134

N.º de homologação: ..... N.º da extensão: .....

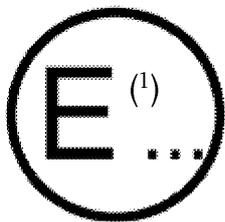
1. Marca comercial: .....
2. Modelo e designações comerciais: .....
3. Nome e endereço do fabricante: .....
4. Se aplicável, nome e endereço do representante do fabricante: .....
5. Breve descrição do sistema de armazenamento de hidrogénio: .....
6. Data de apresentação do sistema de armazenamento de hidrogénio para homologação: .....
7. Serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação: .....
8. Data do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
9. Número do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
10. Homologação no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio é concedida/recusada <sup>(2)</sup>: .....
11. Local: .....
12. Data: .....
13. Assinatura: .....
14. Ficha de informações anexa à presente comunicação: .....
15. Observações: .....

<sup>(1)</sup> Número distintivo do país que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições relativas à homologação no regulamento).

<sup>(2)</sup> Riscar o que não interessa.

**Modelo II**  
**COMUNICAÇÃO**

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



Emitida por: Designação da entidade administrativa:

.....

.....

.....

Referente a <sup>(2)</sup>: Concessão da homologação  
 Extensão da homologação  
 Recusa da homologação  
 Revogação da homologação  
 Cessação definitiva da produção

de um tipo de componente específico (TPRD/válvula de retenção/válvula de fecho automático <sup>(2)</sup>) no que diz respeito ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio, nos termos do Regulamento n.º 134

N.º de homologação: ..... N.º da extensão: .....

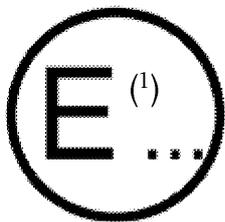
1. Marca comercial: .....
2. Modelo e designações comerciais: .....
3. Nome e endereço do fabricante: .....
4. Se aplicável, nome e endereço do representante do fabricante: .....
5. Breve descrição de um componente específico: .....
6. Data de apresentação do componente específico para homologação: .....
7. Serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação: .....
8. Data do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
9. Número do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
10. Homologação no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio é concedida/recusada <sup>(2)</sup>: .....
11. Local: .....
12. Data: .....
13. Assinatura: .....
14. Ficha de informações anexa à presente comunicação: .....
15. Observações: .....

<sup>(1)</sup> Número distintivo do país que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições relativas à homologação no regulamento).

<sup>(2)</sup> Riscar o que não interessa.

**Modelo III**  
**COMUNICAÇÃO**

[formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



Emitida por: Designação da entidade administrativa:

.....

.....

.....

Referente a <sup>(2)</sup>: Concessão da homologação  
 Extensão da homologação  
 Recusa da homologação  
 Revogação da homologação  
 Cessação definitiva da produção

de um modelo de veículo no que diz respeito ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio, nos termos do Regulamento n.º 134

N.º de homologação: ..... N.º da extensão: .....

1. Marca comercial: .....
2. Modelo e designações comerciais: .....
3. Nome e endereço do fabricante: .....
4. Se aplicável, nome e endereço do representante do fabricante: .....
5. Breve descrição do veículo: .....
6. Data de apresentação do veículo para homologação: .....
7. Serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação: .....
8. Data do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
9. Número do relatório emitido pelo serviço técnico: .....
10. Homologação no que respeita ao desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio é concedida/recusada <sup>(2)</sup>: .....
11. Local: .....
12. Data: .....
13. Assinatura: .....
14. Ficha de informações anexa à presente comunicação: .....
15. Observações: .....

<sup>(1)</sup> Número distintivo do país que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições relativas à homologação no regulamento).

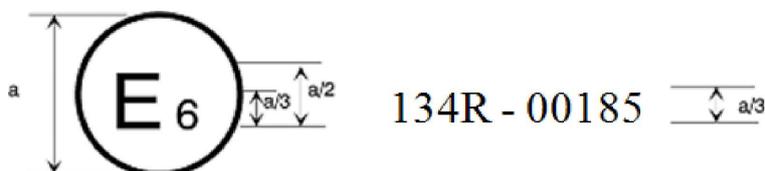
<sup>(2)</sup> Riscar o que não interessa.

## ANEXO 2

## DISPOSIÇÕES DAS MARCAS DE HOMOLOGAÇÃO

## MODELO A

(Ver pontos 4.4 a 4.4.2 do presente regulamento)

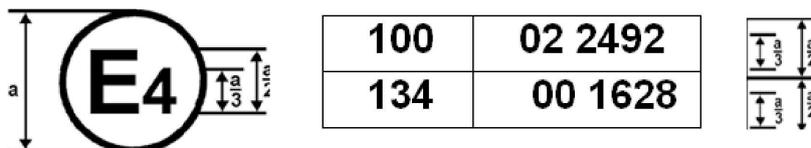


a = 8 mm mín.

A marca de homologação acima indicada, afixada num veículo/ sistema de armazenamento/componente específico, indica que o modelo de veículo/ tipo de sistema de armazenamento/componente específico em causa foi homologado na Bélgica (E 6) para o desempenho em matéria de segurança de veículos a motor movidos a hidrogénio, nos termos do Regulamento n.º 134. Os dois primeiros algarismos do número de homologação indicam que a homologação foi concedida em conformidade com o disposto na versão original do Regulamento n.º 134.

## MODELO B

(Ver ponto 4.5 do presente regulamento)



a = 8 mm mín.

A marca de homologação acima indicada, afixada num veículo, indica que o veículo rodoviário em causa foi homologado nos Países Baixos (E4), nos termos dos Regulamentos n.ºs 134 e 100 (\*). O número de homologação indica que, nas datas em que as respetivas homologações foram concedidas, o Regulamento n.º 100 incluía a série 02 de alterações e o Regulamento n.º 134 ainda se encontrava na sua forma original.

(\*) Este último número é indicado apenas a título de exemplo.

## ANEXO 3

**PROCEDIMENTOS DE ENSAIO DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO**

1. OS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA QUALIFICAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO ESTÃO ORGANIZADOS DO SEGUINTE MODO:

O ponto 2 do presente anexo trata dos procedimentos de ensaio para medição dos parâmetros de base do desempenho (requisito do ponto 5.1 do presente regulamento).

O ponto 3 do presente anexo trata dos procedimentos de ensaio para verificação da durabilidade do desempenho (requisito do ponto 5.2 do presente regulamento).

O ponto 4 do presente anexo trata dos procedimentos de ensaio para verificação do desempenho esperado em estrada (requisito do ponto 5.3 do presente regulamento).

O ponto 5 do presente anexo trata dos procedimentos de ensaio de resistência ao fogo e das condições de retirada de serviço (requisito do ponto 5.4 do presente regulamento).

O ponto 6 do presente anexo trata dos procedimentos de ensaio para verificação da durabilidade do desempenho dos dispositivos de fecho primários (requisito do ponto 5.5 do presente regulamento).

2. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE BASE DO DESEMPENHO (REQUISITO DO PONTO 5.1 DO PRESENTE REGULAMENTO)

- 2.1. Ensaio de rebentamento (hidráulico)

O ensaio de rebentamento é efetuado à temperatura ambiente de 20 ( $\pm$  5) °C, utilizando um fluido não corrosivo.

- 2.2. Ensaio cíclico de pressão (hidráulico)

O ensaio é realizado de acordo com o seguinte procedimento:

- a) Enche-se o reservatório com um fluido não corrosivo;
- b) No início do ensaio, estabiliza-se reservatório e o fluido à temperatura e humidade relativa especificadas; o ambiente, o fluido de abastecimento e o revestimento do reservatório são mantidos à temperatura especificada durante o período de ensaio. A temperatura do reservatório pode variar em relação à temperatura ambiente durante o ensaio;
- c) Submete-se o reservatório a ciclos de pressão que variam entre 2 ( $\pm$  1) MPa e a pressão visada, a uma cadência não superior a 10 ciclos por minuto durante o número de ciclos especificado;
- d) A temperatura do fluido hidráulico dentro do reservatório é mantida e controlada à temperatura especificada.

3. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA VERIFICAÇÃO DA DURABILIDADE DO DESEMPENHO (REQUISITO DO PONTO 5.2 DO PRESENTE REGULAMENTO)

- 3.1. Ensaio de pressão de prova

O sistema é colocado sob pressão gradualmente, com um fluido hidráulico não corrosivo, até se atingir o nível visado de pressão de ensaio, mantendo-se depois essa pressão durante o tempo especificado.

- 3.2. Ensaio de queda (impacto) (despressurizado)

O reservatório é submetido a um ensaio de queda à temperatura ambiente, sem pressurização interna nem válvulas incorporadas. A superfície na qual se faz cair os reservatórios deve ser uma área de betão horizontal e lisa ou uma superfície de dureza equivalente.

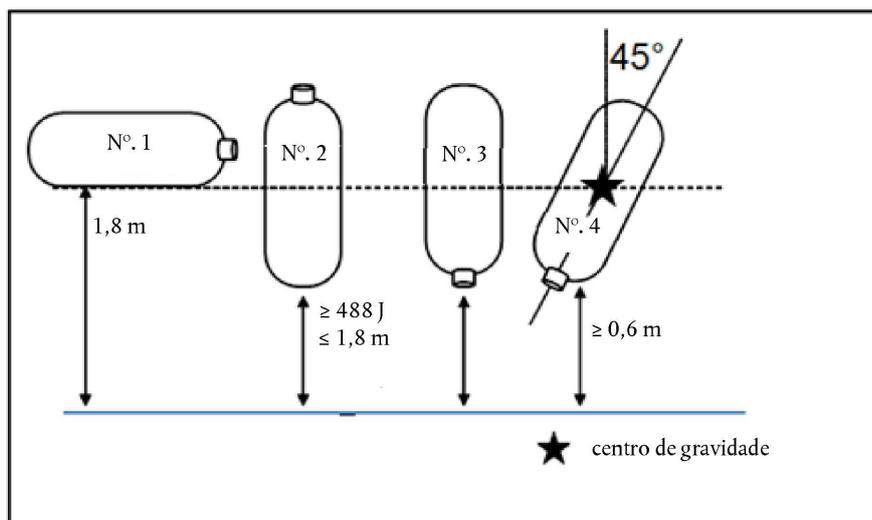
A orientação do reservatório sujeito ao ensaio de queda (em conformidade com os requisitos do ponto 5.2.2) é determinada do seguinte modo: faz-se cair um ou mais reservatórios adicionais segundo cada uma das orientações a seguir descritas. Pode-se fazer cair um único reservatório segundo as distintas orientações ou quatro reservatórios, um para cada orientação.

- i) Uma queda de uma posição horizontal, com o fundo a 1,8 m acima da superfície onde vai cair;
- ii) Uma queda sobre a extremidade do reservatório, a partir de uma posição vertical, com a extremidade da placa de base virada para cima, com uma energia potencial de pelo menos 488 J, com a altura da extremidade inferior não superior a 1,8 m;
- iii) Uma queda sobre a extremidade do reservatório, a partir de uma posição vertical, com a extremidade da placa de base virada para baixo, com uma energia potencial de pelo menos 488 J, com a altura da extremidade inferior não superior a 1,8 m. Se o reservatório for simétrico (placas de base idênticas), esta orientação de queda não é necessária;
- iv) Uma queda a 45° da posição vertical, com uma extremidade da placa de base virada para cima e o centro de gravidade 1,8 m acima do solo. Porém, se a extremidade inferior estiver a menos de 0,6 m da superfície de impacto, o ângulo de queda deve ser alterado para manter uma altura mínima de 0,6 m e o centro de gravidade a 1,8 m acima do solo.

As quatro orientações de queda são ilustradas na figura 1.

Figura 1

#### Orientações de queda



Não se deve tentar impedir os reservatórios de ressaltar, mas estes podem ser impedidos de se virarem durante os ensaios de queda vertical acima descritos.

Se for utilizado mais de um reservatório para executar todas as especificações de queda, então esses reservatórios devem ser sujeitos a ciclos de pressão em conformidade com o anexo 3, ponto 2.2, até que ocorra uma fuga ou 22 000 ciclos sem fugas. Não deve ocorrer qualquer fuga antes de 11 000 ciclos.

A orientação de queda do reservatório sujeito aos ensaios em conformidade com os requisitos do ponto 5.2.2 deve ser determinada do seguinte modo:

- a) Se o mesmo reservatório tiver sido ensaiado segundo as quatro orientações de queda, então o reservatório que se fez cair em conformidade com o ponto 5.2.2 deve ser ensaiado nas quatro orientações;
- b) Se for utilizado mais de um reservatório para proceder aos ensaios segundo as quatro orientações de queda, e se todos os reservatórios atingirem 22 000 ciclos sem fugas, então a orientação de queda do reservatório que se fez cair em conformidade com o ponto 5.2.2 é a de  $45^\circ$  (iv), devendo então esse reservatório ser sujeito aos ensaios previstos no ponto 5.2;

- c) Se for utilizado mais do que um reservatório para proceder aos ensaios segundo as quatro orientações de queda, e se um dos reservatórios não atingir os 22 000 ciclos sem fugas, o novo reservatório deve ser sujeito ao ensaio de queda segundo a orientação de queda que tenha produzido o número mais baixo de ciclos até à fuga e, em seguida, aos outros ensaios previstos no ponto 5.2.

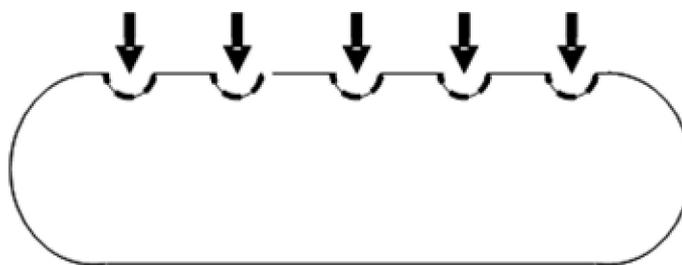
### 3.3. Ensaio de danos na superfície (despressurizado)

O ensaio deve ser efetuado na seguinte sequência:

- a) Geração de defeitos na superfície: efetuam-se dois cortes longitudinais com uma serra na superfície exterior inferior do reservatório despressurizado colocado na horizontal, ao longo do corpo cilíndrico, perto da calota, mas não nesta zona. O primeiro corte tem uma profundidade de 1,25 mm e um comprimento de 25 mm, pelo menos, em direção à extremidade da válvula do reservatório. O segundo corte tem uma profundidade de 0,75 mm e um comprimento de 200 mm, pelo menos, em direção à extremidade oposta;
- b) Impactos de um pêndulo: a secção superior do reservatório colocado na horizontal deve ser dividida em cinco zonas distintas (não sobrepostas) com um diâmetro de 100 mm cada (ver figura 2). Após 12 horas de pré-condicionamento numa câmara de ambiente a  $\leq -40^{\circ}\text{C}$ , o centro de cada uma das cinco zonas sustenta o impacto de um pêndulo com uma pirâmide de faces equiláteras e base quadrada, com o vértice e as arestas arredondadas com um raio de 3 mm. O centro de impacto do pêndulo coincide com o centro de gravidade da pirâmide. A energia do pêndulo, no momento do impacto, com cada uma das cinco áreas marcadas no reservatório é de 30 J. O reservatório está fixado durante os impactos do pêndulo e não está sob pressão.

Figura 2

#### Vista lateral do reservatório



Vista lateral do reservatório

### 3.4. Ensaio de ciclos de pressão a temperatura ambiente e de exposição aos agentes químicos

Cada uma das 5 zonas do reservatório despressurizado pré-condicionadas pelo impacto do pêndulo (anexo 3, ponto 3.3) é exposta a uma de cinco soluções:

- a) Ácido sulfúrico (ácido de bateria) – solução aquosa a 19 % em volume;
- b) Hidróxido de sódio – solução aquosa a 25 % em peso;
- c) Mistura metanol/gasolina – solução a 5 % em volume (fluidos em estações de serviço);
- d) Nitrato de amónio – solução aquosa a 28 % em peso (ureia); e
- e) solução aquosa de álcool metílico a 50 % em volume (líquido limpa-para-brisas).

O reservatório de ensaio deve ser posicionado com as zonas de exposição ao fluido orientadas para cima. Coloca-se, em cada uma das cinco zonas pré-condicionadas, uma camada de lã de vidro de 0,5 mm de espessura aproximada e 100 mm de diâmetro. Aplica-se uma quantidade suficiente do fluido de ensaio na lã de vidro de forma que as respetivas superfície e espessura permaneçam molhadas durante todo o ensaio.

Mantém-se o reservatório exposto à lã de vidro durante 48 horas, a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) (com pressão hidráulica aplicada) e  $20 (\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , antes de o submeter a outros ensaios.

O ensaio de ciclos de pressão é efetuado às pressões especificadas, em conformidade com o ponto 2.2 do presente anexo e a  $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$  durante os números de ciclos especificados. Depois, as camadas de lã de vidro são removidas e a superfície do reservatório é enxaguada com água antes de se proceder aos 10 ciclos finais, para se atingir a pressão final de ensaio especificada.

### 3.5. Ensaio de pressão estática (hidráulico)

O sistema de armazenamento é pressurizado à pressão visada numa câmara com temperatura controlada. A temperatura da câmara e o fluido de abastecimento não corrosivo são mantidos à temperatura de referência a  $\pm 5 ^\circ\text{C}$  durante o período especificado.

## 4. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA O DESEMPENHO ESPERADO EM ESTRADA (PONTO 5.3 DO PRESENTE REGULAMENTO)

(são fornecidos procedimentos de ensaio pneumático; os elementos de ensaios hidráulicos constam do anexo 3, ponto 2.1)

### 4.1. Ensaio de ciclos de pressão de gás (pneumático)

No início do ensaio, o sistema de armazenamento é estabilizado à temperatura, à humidade relativa e ao nível de combustível especificados durante, pelo menos, 24 horas. A temperatura e a humidade relativa especificadas são mantidas no ambiente de ensaio durante a parte restante do ensaio. (Se tal for exigido nas especificações do ensaio, a temperatura do sistema é estabilizada à temperatura ambiental externa entre os ciclos de pressão). O sistema de armazenamento é submetido a ciclos de pressão entre menos de  $2 (+ 0/- 1)$  MPa e a pressão máxima especificada ( $\pm 1$  MPa). Se os comandos do sistema que estão ativados quando o veículo está em serviço permitirem impedir que a pressão caia abaixo de uma pressão especificada, os ciclos de ensaio não devem ir abaixo dessa pressão especificada. A velocidade de enchimento é controlada a uma taxa de rampa constante de aumento da pressão de 3 minutos, mas o fluxo de combustível não deve exceder 60 g/s; a temperatura do combustível hidrogénio fornecido ao reservatório é controlada à temperatura especificada. No entanto, a taxa de rampa da pressão deve ser reduzida se a temperatura do gás no reservatório exceder  $+ 85 ^\circ\text{C}$ . A taxa de retiradas de combustível é controlada a um valor superior ou igual à procura de combustível instantânea máxima do veículo prevista. É realizado o número especificado de ciclos de pressão. Se forem utilizados dispositivos e/ou comandos na aplicação pretendida do veículo para evitar uma temperatura interna extrema, o ensaio pode ser efetuado com esses dispositivos ou comandos (ou medidas equivalentes).

### 4.2. Ensaio de permeação do gás (pneumático)

Um sistema de armazenamento é completamente cheio com hidrogénio gasoso a 115 % da PNS ( $+ 2/- 0$  MPa) (plena densidade de enchimento equivalente a 100 % da PNS a  $+ 15 ^\circ\text{C}$  é de 113 % da PNS a  $+ 55 ^\circ\text{C}$ ) e mantido a  $+ 55 ^\circ\text{C}$  num reservatório hermético até à permeação em estado estacionário ou 30 horas, consoante o período que for mais longo. Mede-se a taxa de descarga total em estado estacionário devido a fugas e a permeação do sistema de armazenamento.

### 4.3. Ensaio de fuga de gás localizada (pneumático)

Pode utilizar-se um ensaio de deteção de bolhas para cumprir este requisito. O procedimento seguinte é utilizado para efetuar o ensaio de bolhas:

- a) O orifício de escape da válvula de fecho (e outras ligações internas aos sistemas de hidrogénio) deve ser coberto com um casquilho para este ensaio (dado que o ensaio incide em fugas para o exterior).

Segundo o critério do técnico que efetua o ensaio, o artigo de ensaio pode ser imerso no fluido de ensaio para detetar fugas ou o fluido de ensaio pode ser aplicado sobre o artigo de ensaio colocado ao ar livre. As bolhas podem variar consideravelmente em tamanho, dependendo das condições. O técnico que efetua o ensaio avalia a fuga de gás com base no tamanho e no ritmo de formação de bolhas.

- b) *Nota:* Para uma taxa localizada de 0,005 mg/s (3,6 Nml/min), a taxa resultante admissível de produção de bolhas é de cerca de 2 030 bolhas por minuto, para um tamanho típico de bolhas de 1,5 mm de diâmetro. Mesmo que se formem bolhas de maiores dimensões, a fuga deve ser facilmente detetável. Para um tamanho de bolhas invulgarmente grande de 6 mm de diâmetro, a taxa admissível de produção de bolhas será de cerca de 32 bolhas por minuto.

## 5. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO E DAS CONDIÇÕES DE RETIRADA DE SERVIÇO (VER PONTO 5.4 DO PRESENTE REGULAMENTO)

### 5.1. Ensaio de resistência ao fogo

O conjunto dos reservatórios de hidrogénio consiste no sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido com características relevantes adicionais, incluindo o sistema de ventilação (como a tubagem de ventilação e a cobertura do tubo de ventilação) e quaisquer proteções apostas diretamente no reservatório (tais como enrolamento térmico dos reservatórios e/ou coberturas/barreiras nos TPRD).

Utiliza-se um dos dois métodos seguintes para identificar a posição do sistema em relação à fonte inicial (localizada) das chamas:

a) Método 1: Qualificação para uma instalação genérica (não específica) num veículo

Se não estiver especificada a configuração de uma instalação num veículo (e a homologação do sistema não estiver limitada a uma configuração específica de instalação num veículo), então a área de exposição localizada ao fogo é a área do artigo de ensaio mais afastada dos TPRD. Conforme especificado anteriormente, o artigo de ensaio apenas inclui isolamento térmico ou outros dispositivos de proteção fixados diretamente no reservatório e utilizados para todas as aplicações nos veículos. Os sistemas de ventilação (conduta de ventilação e cobertura de conduta de ventilação) e/ou coberturas/barreiras nos TPRD estão incluídos no conjunto de reservatórios, caso se preveja que devem ser utilizados em qualquer aplicação. Se um sistema for submetido a ensaio sem componentes representativos, é necessário novo ensaio desse sistema se uma aplicação de um veículo especificar a utilização deste tipo de componentes.

b) Método 2: Qualificação para uma instalação específica num veículo

Se for especificada uma configuração específica de instalação no veículo e a homologação do sistema for limitada a essa configuração específica da instalação no veículo, então a montagem de ensaio pode também incluir outros componentes do veículo para além do sistema de armazenamento de hidrogénio. Estes componentes do veículo (tais como proteções ou barreiras, que estão fixados de forma permanente na estrutura do veículo por meio de soldadura ou pernos e não fixados ao sistema de armazenamento) devem ser incluídos na montagem de ensaio da configuração instalada no veículo relativa ao sistema de armazenamento de hidrogénio. Este ensaio de resistência ao fogo localizado é realizado nas áreas mais desfavoráveis de exposição ao fogo localizadas, com base nas quatro orientações possíveis do fogo: fogo proveniente do habitáculo, do compartimento de bagagens, dos poços das rodas ou de uma poça de gasolina no solo.

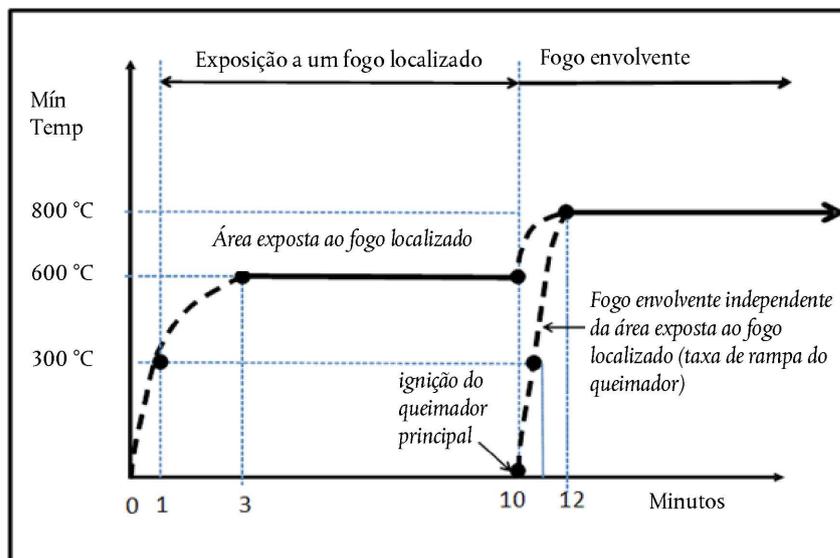
5.1.1. O reservatório pode ser submetido a um fogo envolvente sem qualquer dispositivo de proteção, conforme descrito no anexo 3, ponto 5.2.

5.1.2. São aplicáveis os seguintes requisitos de ensaio, quer seja utilizado o método 1 ou 2 (acima):

- a) O conjunto de reservatórios é enchido com gás de hidrogénio comprimido a 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa). O conjunto de reservatórios deve estar posicionado na horizontal a cerca de 100 mm acima da fonte das chamas;
- b) Ensaio de resistência ao fogo – fogo localizado:
  - i) No artigo de ensaio, a área de exposição localizada ao fogo está situada o mais afastada possível dos TPRD. Se for selecionado o método 2 e forem identificadas áreas mais vulneráveis para uma configuração específica da instalação no veículo, a área mais vulnerável mais afastada dos TPRD é posicionada diretamente sobre a fonte inicial das chamas;
  - ii) A fonte das chamas é constituída por queimadores a GPL configurados para produzir uma temperatura mínima uniforme no artigo de ensaio, medida com um mínimo de 5 termopares cobrindo até um máximo de 1,65 m (pelo menos, 2 termopares dentro da área de exposição localizada ao fogo e, pelo menos, 3 termopares igualmente espaçados, e afastados não mais de 0,5 m na área restante) situados a 25 ( $\pm$  10) mm da superfície exterior do artigo de ensaio, ao longo do seu eixo longitudinal. Por opção do fabricante ou da instalação de ensaio, podem ser colocados termopares adicionais nos pontos de deteção de TPRD ou em qualquer outra localização para fins de diagnóstico;
  - iii) Para garantir um aquecimento uniforme, são utilizados para-ventos;
  - iv) A fonte das chamas inicia-se numa extensão longitudinal de 250 ( $\pm$ 50) mm, posicionada sob a área de exposição ao fogo localizada do artigo de ensaio. A largura da fonte das chamas abrange a totalidade do diâmetro (largura) do sistema de armazenamento. Se for selecionado o método 2, o comprimento e a largura são reduzidos, se necessário, para ter em conta as características específicas do veículo;
  - v) Como indicado na figura 3, a temperatura dos termopares na área de exposição ao fogo localizada aumenta continuamente até, pelo menos, 300 °C num lapso de 1 minuto de ignição até, pelo menos, 600 °C num período de 3 minutos de ignição, e deve ser mantida uma temperatura de, pelo menos, 600 °C durante os 7 minutos seguintes. A temperatura na área de exposição a um fogo localizado não deve exceder 900 °C durante este período. O cumprimento dos requisitos térmicos começa 1 minuto depois de entrar no período com limites mínimos e máximos e tem por base uma média móvel de 1 minuto de cada termopar na região considerada. (Nota: A temperatura fora da região da fonte inicial das chamas não é especificada durante estes primeiros 10 minutos a partir do momento da ignição.).

Figura 3

### Perfil de temperatura do ensaio de resistência ao fogo



#### c) Ensaio de resistência ao fogo – fogo envolvente

Nos 2 minutos seguintes, a temperatura ao longo de toda a superfície do artigo de ensaio deve ser aumentada até, pelo menos, 800 °C e a fonte das chamas deve ser alargada para produzir uma temperatura uniforme ao longo de todo o comprimento até 1,65 m e toda a largura do artigo de ensaio (fogo envolvente). A temperatura mínima é mantida a 800 °C e a temperatura máxima não deve exceder 1 100 °C. A conformidade com os requisitos térmicos começa 1 minuto após entrar no período com limites mínimos e máximos constantes e tem por base uma média móvel de 1 minuto de cada termopar.

O artigo de ensaio é mantido à temperatura (nas condições de fogo envolvente) até que as saídas do sistema ativem o TPRD e a pressão desça para menos de 1 MPa. A ventilação deve ser contínua (sem interrupções) e o sistema de armazenamento não pode sofrer ruturas. Não deve ocorrer uma libertação adicional através de fugas (não incluindo a libertação pelo TPRD) que resulte numa chama de comprimento superior a 0,5 m para além do perímetro da chama aplicada.

#### Resumo do protocolo relativo ao ensaio de resistência ao fogo

	Região de fogo localizado	Período	Região de fogo envolvente (fora do fogo localizado)
Ação	Acender queimadores	0-1 minuto	Sem queimador
Temperatura mínima	Não especificado		Não especificado
Temperatura máxima	Inferior a 900 °C		Não especificado
Ação	Aumentar a temperatura e estabilizar o fogo para uma exposição localizada	1-3 minutos	Sem queimador
Temperatura mínima	Superior a 300 °C		Não especificado
Temperatura máxima	Inferior a 900 °C		Não especificado

	Região de fogo localizado	Período	Região de fogo envolvente (fora do fogo localizado)
Ação	Continuação da exposição a um fogo localizado	3-10 minutos	Sem queimador
Temperatura mínima	Média móvel de 1 minuto superior a 600 °C		Não especificado
Temperatura máxima	Média móvel de 1 minuto inferior a 900 °C		Não especificado
Ação	Aumentar a temperatura	10-11 minutos	Acender o queimador principal aos 10 minutos
Temperatura mínima	Média móvel de 1 minuto superior a 600 °C		Não especificado
Temperatura máxima	Média móvel de 1 minuto inferior a 1 100 °C		Inferior a 1 100 °C
Ação	Aumentar a temperatura e estabilizar o fogo para obter uma exposição a um fogo envolvente	11-12 minutos	Aumentar a temperatura e estabilizar o fogo para obter uma exposição a um fogo envolvente
Temperatura mínima	Média móvel de 1 minuto superior a 600 °C		Superior a 300 °C
Temperatura máxima	Média móvel de 1 minuto inferior a 1 100 °C		Inferior a 1 100 °C
Ação	Continuação da exposição a um fogo envolvente	12 minutos – fim do ensaio	Continuação da exposição a um fogo envolvente
Temperatura mínima	Média móvel de 1 minuto superior a 800 °C		Média móvel de 1 minuto superior a 800 °C
Temperatura máxima	Média móvel de 1 minuto inferior a 1 100 °C		Média móvel de 1 minuto inferior a 1 100 °C

d) Documentação dos resultados do ensaio de resistência ao fogo

A disposição das chamas deve ser registada com suficiente pormenor para permitir reproduzir o processo de transmissão de calor ao artigo de ensaio. Os resultados registados incluem o tempo decorrido desde a ignição do fogo até ao início da ventilação através dos TPRD, e a pressão máxima e o tempo de evacuação até se atingir uma pressão inferior a 1 MPa. Durante o ensaio, as temperaturas dos termopares e a pressão no reservatório são registadas a intervalos de 10 segundos no máximo. A não manutenção dos requisitos mínimos de temperatura especificados, com base nas médias móveis de 1 minuto, invalida os resultados do ensaio. Se os requisitos de temperatura máxima especificados não puderem ser mantidos, com base nas médias móveis de 1 minuto, invalida o resultado do ensaio somente se o artigo de ensaio não tiver sido aprovado durante o ensaio.

5.2. Ensaio de resistência ao fogo envolvente:

O objeto sujeito ao ensaio é o sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido. O sistema de armazenamento é enchido com gás de hidrogénio comprimido a 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa). O reservatório está posicionado horizontalmente, com o fundo cerca de 100 mm acima da fonte das chamas. Utilizam-se anteparos metálicos para evitar o contacto direto das chamas com as válvulas, com as fixações e/ou com o dispositivo de descompressão do reservatório. Os anteparos metálicos não entram diretamente em contacto com o sistema especificado de proteção contra incêndio (dispositivo de descompressão ou válvula do reservatório).

Uma fonte de fogo uniforme de 1,65 m de comprimento para projeção direta de chamas sobre toda a superfície do reservatório em todo o seu diâmetro. O ensaio deve prosseguir até à evacuação completa (até a pressão do reservatório descer abaixo de 0,7 MPa). Se, durante o ensaio, ocorrerem falhas ou irregularidades na fonte das chamas, o resultado do ensaio será invalidado.

As temperaturas das chamas devem ser controladas por, pelo menos, três termopares, suspensos nas chamas cerca de 25 mm abaixo do fundo do reservatório. Os termopares podem estar fixados a cubos de aço de 25 mm de lado, no máximo. A temperatura dos termopares e a pressão do reservatório devem ser registadas a cada 30 segundos durante o ensaio.

Nos cinco minutos após a ignição do fogo, atinge-se uma temperatura média das chamas não inferior a 590 °C (segundo a média dos dois termopares que registam as temperaturas mais elevadas durante um intervalo de 60 segundos) e é mantida durante todo o ensaio.

Se o reservatório tiver um comprimento inferior a 1,65 m, o centro do reservatório é posicionado sobre o centro da fonte ígnea. Se o comprimento do reservatório for superior a 1,65 m e se estiver equipado com um dispositivo de descompressão numa das extremidades, o fogo deve ter início na extremidade oposta. Se o comprimento do reservatório for superior a 1,65 m e se estiver equipado com um dispositivo de descompressão em ambas as extremidades ou em mais de um ponto ao longo do comprimento do reservatório, o centro da fonte ígnea deve ficar equidistante dos dispositivos de descompressão mais afastados horizontalmente.

O reservatório deve ser ventilado através de um dispositivo de descompressão sem rebentar.

---

## ANEXO 4

**PROCEDIMENTOS DE ENSAIO DOS COMPONENTES ESPECÍFICOS DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO****1. ENSAIOS DE DESEMPENHO DE QUALIFICAÇÃO DOS TPRD (DISPOSITIVOS LIMITADORES DE PRESSÃO, ACIONADOS TERMICAMENTE)**

Os ensaios são realizados com hidrogénio gasoso conforme com a norma ISO 14687-2/SAE J2719. Todos os ensaios são realizados à temperatura ambiente de 20 ( $\pm$  5) °C, salvo indicação em contrário. Os ensaios de desempenho para qualificação dos TPRD são especificados do seguinte modo (ver também o apêndice 1):

**1.1. Ensaio de ciclos de pressão**

Submetem-se cinco TPRD a 11 000 ciclos de pressão interna com hidrogénio gasoso conforme à norma ISO 14687-2/SAE J2719. Os cinco primeiros ciclos de pressão situam-se entre 2 ( $\pm$  1) MPa e 150 % da PNS ( $\pm$  1 MPa); os restantes ciclos situam-se entre 2 ( $\pm$  1) MPa e 125 % da PNS ( $\pm$  1 MPa). Os primeiros 1 500 ciclos de pressão são efetuados a uma temperatura do TPRD igual ou superior a 85 °C. Os restantes ciclos são realizados a uma temperatura do TPRD de 55 ( $\pm$  5) °C. A taxa de ciclos de pressão máxima é de dez ciclos por minuto. Na sequência deste ensaio, o dispositivo de descompressão deve cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 1.8), ensaio de caudal (anexo 4, ponto 1.10) e ensaio de ativação no banco (anexo 4, ponto 1.9).

**1.2. Ensaio acelerado de tempo de vida**

Oito TPRD são submetidos a ensaios; três à temperatura de ativação especificada no fabricante, Tact, e cinco a uma temperatura de tempo de vida acelerada, Tlife =  $9,1 \times Tact^{0,503}$ . O TPRD é colocado num forno ou num banho líquido e mantido a temperatura constante ( $\pm$  1 °C). A pressão do gás de hidrogénio à entrada do TPRD é de 125 % da PNS ( $\pm$  1 MPa). A fonte de pressão pode estar situada fora do forno ou do banho de temperatura controlada. Cada dispositivo é pressurizado individualmente ou através de um sistema coletor. Se se utilizar um sistema coletor, cada ligação de pressão inclui uma válvula de retenção para impedir uma despressurização do sistema quando um elemento falhar. Os três TPRD ensaiados à temperatura Tact devem ser ativados em menos de 10 horas. Os cinco TPRD ensaiados à temperatura Tlife não devem ser ativados em menos de 500 horas.

**1.3. Ensaio de ciclos de temperatura**

- a) Um TPRD não pressurizado é colocado num banho líquido mantido a - 40 °C, ou a uma temperatura inferior, durante pelo menos duas horas. O TPRD é transferido para um banho líquido mantido a + 85 °C ou superior em menos de cinco minutos e mantido a essa temperatura pelo menos duas horas. O TPRD é transferido para um banho líquido mantido a - 40 °C ou inferior em menos de cinco minutos;
- b) A etapa a) é repetida até que tenham sido efetuados 15 ciclos térmicos;
- c) Com o condicionamento do TPRD durante um mínimo de duas horas num banho líquido a - 40 °C ou inferior, a pressão interna do TPRD é submetida a ciclos com hidrogénio gasoso entre 2 MPa (+ 1/- 0 MPa) e 80 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) durante 100 ciclos, enquanto o banho líquido é mantido a - 40 °C ou inferior;
- d) Na sequência dos ciclos térmicos e de pressão, o dispositivo de descompressão deve cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 1.8), mas este ensaio de estanquidade deve ser efetuado a - 40 °C (+ 5/- 0 °C). Após o ensaio de estanquidade, o TPRD deve cumprir os requisitos do ensaio de ativação no banco (anexo 4, ponto 1.9) e, em seguida, do ensaio de caudal (anexo 4, ponto 1.10).

**1.4. Ensaio de resistência à corrosão pelo sal**

Procede-se ao ensaio de dois TPRD. Os eventuais casquilhos de saída não permanentes são retirados. Cada TPRD é instalado numa instalação de ensaio de acordo com o procedimento recomendado pelo fabricante, de modo a que a exposição externa seja compatível com uma instalação realista. Cada TPRD é exposto durante 500 horas a um ensaio de nevoeiro salino, conforme é especificado na norma ASTM B117 («Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus»), exceto que, no ensaio do primeiro TPRD, o pH da solução salina deve ser ajustado para  $4,0 \pm 0,2$  por adição de ácido sulfúrico e de ácido nítrico numa proporção de 2:1 e, no ensaio da outra unidade, o pH da solução salina deve ser ajustado para  $10,0 \pm 0,2$  por adição de hidróxido de sódio. A temperatura dentro da câmara de nevoeiro é mantida a 30-35 °C.

Na sequência destes ensaios, cada dispositivo de descompressão deve cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade (anexo 3, ponto 6.1.8), ensaio de caudal (anexo 3, ponto 6.1.10) e ensaio de ativação no banco (anexo 3, ponto 6.1.9).

#### 1.5. Ensaio de exposição ambiental do veículo

A resistência à degradação por exposição externa a fluidos de automóveis é determinada pelo seguinte ensaio:

- a) Os orifícios de entrada e de saída do TPRD estão ligados ou cobertos com um casquilho, em conformidade com as instruções de instalação do fabricante. As superfícies externas do TPRD são expostas durante 24 horas a  $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$  a cada um dos seguintes fluidos:
  - i) Ácido sulfúrico (solução aquosa a 19 % em volume);
  - ii) Hidróxido de sódio – solução aquosa a 25 % em peso;
  - iii) Nitrato de amónio – solução aquosa a 28 % em peso; e
  - iv) Líquido limpa-para-brisas – álcool metílico e água, solução de 50 % em volume;

Se necessário, procede-se ao reabastecimento para garantir uma exposição completa durante todo o ensaio. Efetua-se um ensaio distinto com cada um dos fluidos. O mesmo componente pode ser exposto a todos os fluidos, um após outro.

- b) Após exposição a cada fluido, o componente é secado e enxaguado com água;
- c) O componente não deve apresentar sinais de degradação física que possam prejudicar a sua função, nomeadamente: fissuração, amolecimento ou dilatação. As alterações superficiais, tais como picaduras ou manchas, não são consideradas falhas. Na conclusão de todas as exposições, os TPRD devem cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 1.8), ensaio de caudal (anexo 4, ponto 1.10) e ensaio de ativação no banco (anexo 4, ponto 1.9).

#### 1.6. Ensaio de resistência à fissuração por corrosão sob tensão

No caso dos TPRD que contenham componentes constituídos por uma liga à base de cobre (por exemplo, latão), apenas um exemplar é submetido a ensaio. Todos os componentes de ligas de cobre expostos à atmosfera devem ser desengordurados e, em seguida, continuamente expostos durante 10 dias a uma mistura de ar húmido com amoníaco e mantidos numa câmara de vidro com uma tampa de vidro.

Mantém-se uma solução aquosa de amoníaco com uma densidade de 0,94 na parte inferior da câmara de vidro debaixo da amostra, a uma concentração de, pelo menos, 20 ml por litro de volume da câmara. A amostra deve ser posicionada  $35 (\pm 5)$  mm acima da solução aquosa de amoníaco, sobre um tabuleiro de material inerte. A mistura de ar húmido com amoníaco é mantida à pressão atmosférica a  $35 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ . Os componentes de ligas de cobre não devem apresentar fissuração ou laminação devido a este ensaio.

#### 1.7. Ensaio de queda e de vibrações

- a) Fazem-se cair seis TPRD de uma altura de 2 m à temperatura ambiente ( $20 \pm 5 ^\circ\text{C}$ ) sobre uma superfície de betão lisa. Admite-se que a amostra ressalte na superfície de betão após o impacto inicial. Deixa-se cair uma amostra segundo seis orientações (direções opostas com 3 eixos ortogonais: vertical, lateral e longitudinal). Se nenhuma das seis amostras precipitadas apresentar danos visíveis exteriores que indiquem que a peça não é utilizável, passa-se para a etapa b);
- b) Os seis TPRD sujeitos ao ensaio de queda na etapa a) e uma outra amostra que não tenha sido sujeita ao ensaio de queda são montados num suporte de ensaio, em conformidade com as instruções de instalação do fabricante e submetidos a vibrações durante 30 minutos segundo cada um dos três eixos ortogonais (vertical, lateral e longitudinal) à frequência de ressonância mais intensa para cada eixo. As frequências de ressonância mais intensas são determinadas com uma aceleração de 1,5 g e com um varrimento numa gama de frequências sinusoidais compreendidas entre 10 e 500 Hz durante 10 minutos. Identifica-se a frequência de ressonância através de um aumento pronunciado da amplitude das vibrações. Se a frequência de ressonância não for obtida nesta gama, o ensaio deve ser realizado a 40 Hz. Na sequência deste ensaio, nenhuma amostra deve apresentar danos exteriores visíveis que indiquem que a peça não é utilizável. Deve subsequentemente cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade (anexo 4, ponto 1.8), ensaio de caudal (anexo 4, ponto 1.10) e ensaio de ativação no banco (anexo 4, ponto 1.9).

### 1.8. Ensaio de estanquidade

Um TPRD que não foi submetido a ensaios anteriores é sujeito a temperaturas ambiente, alta e baixa, sem ser sujeito a outros ensaios de qualificação de desenho. O TPRD é mantido durante uma hora a cada temperatura e pressão de ensaio antes do ensaio. As três condições de ensaio de temperatura são:

- a) Temperatura ambiente: condicionar o TPRD à temperatura de  $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ ; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 150 % da PNS (+ 2/- 0 MPa);
- b) Temperatura alta: condicionar o TPRD à temperatura de  $85 ^\circ\text{C}$  ou superior; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 150 % da PNS (+ 2/- 0 MPa);
- c) Temperatura baixa: condicionar o TPRD à temperatura de  $- 40 ^\circ\text{C}$  ou inferior; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa).

TPRD adicionais são sujeitos a ensaios de estanquidade, tal como especificado noutros ensaios do anexo 4, ponto 1, com exposição ininterrupta à temperatura especificada nesses ensaios.

A todas as temperaturas de ensaio especificadas, o TPRD é condicionado durante 1 minuto por imersão num fluido a temperatura controlada (ou método equivalente). Se não forem observadas bolhas durante o período especificado, a amostra passa no ensaio. Se forem detetadas bolhas, a taxa de fugas é medida através de um método adequado. A taxa total de fuga de hidrogénio deve ser inferior a 10 Nml/hr.

### 1.9. Ensaio de ativação máxima no banco de ensaios

Dois novos TPRD são sujeitos a ensaio sem ser submetidos a outros ensaios de qualificação do desenho, a fim de estabelecer um tempo de referência para a ativação. Sujeitam-se unidades pré-ensaiadas adicionais (pré-ensaiadas de acordo com o anexo 4, pontos 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 ou 1.7) a ensaios de ativação máxima no banco de ensaios, tal como especificado noutros ensaios do anexo 4, ponto 1.

- a) A instalação de ensaio é constituída por um forno ou uma chaminé capaz de controlar a temperatura e o fluxo do ar até atingir  $600 (\pm 10) ^\circ\text{C}$  no ar que rodeia o TPRD. A unidade TPRD não está exposta diretamente à chama. A unidade TPRD é montada numa fixação, de acordo com as instruções de instalação do fabricante; a configuração do ensaio deve ser documentada;
- b) Um termopar é colocado no forno ou chaminé para monitorizar a temperatura. A temperatura permanece dentro do intervalo aceitável durante dois minutos antes da realização do ensaio;
- c) A unidade TPRD pressurizada é inserida no forno ou na chaminé, e o tempo necessário para a ativação do dispositivo é registado. Antes de ser inserida no forno ou na chaminé, uma nova unidade TPRD (não sujeita a ensaio prévio) é pressurizada a um máximo de 25 % da PNS (a pré-ensaiada); as unidades TPRD são pressurizadas a não mais de 25 % da PNS; e uma unidade TPRD nova (não sujeita a ensaio prévio) é pressurizada a 100 % da PNS;
- d) As unidades TPRD anteriormente sujeitas a outros ensaios previstos no anexo 4, ponto 1, devem ser ativadas num período não superior a dois minutos em relação ao tempo de referência de ativação da nova unidade TPRD que foi pressurizada até 25 % da PNS;
- e) A diferença entre o tempo de ativação das duas unidades TPRD que não tenham sido sujeitas a ensaio prévio não deve exceder 2 minutos.

### 1.10. Ensaio de caudal

- a) Sujeitam-se oito unidades TPRD ao ensaio de capacidade de escoamento. As oito unidades são constituídas por três novas unidades TPRD e uma unidade TPRD de cada um dos seguintes ensaios prévios: anexo 4, pontos 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 e 1.7;
- b) Cada unidade TPRD é ativada em conformidade com o anexo 4, ponto 1.9. Após ativação e sem limpeza, extração de partes, ou acondicionamento, cada unidade TPRD é sujeita ao ensaio de caudal utilizando hidrogénio, ar ou um gás inerte;
- c) O ensaio da taxa de escoamento é efetuado com uma pressão de entrada de gás de  $2 (\pm 0,5) \text{ MPa}$ . A saída está à pressão ambiente. Regista-se a temperatura e a pressão de entrada;
- d) O caudal é medido com uma precisão de  $\pm 2 \%$ . O valor mínimo medido dos oito dispositivos de descompressão não deve ser inferior a 90 % do valor mais elevado do caudal.

## 2. ENSAIOS DA VÁLVULA DE RETENÇÃO E DA VÁLVULA DE FECHO

Os ensaios devem ser realizados com hidrogénio gasoso conforme com a norma ISO 14687-2/SAE J2719. Todos os ensaios são realizados à temperatura ambiente de 20 ( $\pm$  5) °C, salvo indicação em contrário. Os ensaios de desempenho da qualificação da válvula de retenção e da válvula de fecho são os seguintes (ver também o apêndice 2):

### 2.1. Ensaio de resistência hidrostática

A abertura de saída nos componentes está fechada e as sedes da válvula ou os blocos interiores estão abertos. Sujeita-se uma unidade a ensaio, sem ser submetida a outros ensaios de qualificação do desenho, a fim de estabelecer uma pressão de rebentamento de referência, enquanto outras unidades são ensaiadas conforme especificado nos ensaios subseqüentes do anexo 4, ponto 2.

- a) Uma pressão hidrostática de 250 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) é aplicada à entrada do componente durante 3 minutos. Depois, o componente é examinado para assegurar que não ocorreu rutura;
- b) A pressão hidrostática é então aumentada a uma taxa inferior ou igual a 1,4 MPa/s até à falha do componente. Regista-se a pressão hidrostática aquando da falha. A pressão de falha das unidades submetidas a ensaios prévios não deve ser inferior a 80 % da pressão de falha de referência, a menos que a pressão hidrostática exceda 400 % da PNS.

### 2.2. Ensaio de estanquidade

Sujeita-se uma unidade que não tenha sido ensaiada anteriormente ao ensaio às temperaturas ambiente, alta e baixa, sem outros ensaios de qualificação de desenho. As três condições de ensaio de temperatura são:

- a) Temperatura ambiente: condicionar o TPRD à temperatura de 20 ( $\pm$  5) °C; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 150 % da PNS (+ 2/- 0 MPa);
- b) Temperatura alta: condicionar a unidade à temperatura de 85 °C ou superior; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 150 % da PNS (+ 2/- 0 MPa);
- c) Temperatura baixa: condicionar o TPRD à temperatura de -40 °C ou inferior; ensaio a 5 % da PNS (+ 0/- 2 MPa) e 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa).

Outras unidades são sujeitas a ensaios de estanquidade, tal como especificado noutros ensaios do anexo 4, ponto 2, com exposição ininterrupta às temperaturas especificadas nesses ensaios.

A abertura de saída está fechada com a conexão de encaixe cego apropriada e aplica-se hidrogénio pressurizado à entrada. A todas as temperaturas de ensaio especificadas, o TPRD é condicionado durante 1 minuto por imersão num fluido a temperatura controlada (ou método equivalente). Se não forem observadas bolhas durante o período especificado, a amostra passa no ensaio. Se forem detetadas bolhas, a taxa de fugas é medida através de um método adequado. A taxa de fugas não deve exceder 10 Nml/hr de hidrogénio gasoso.

### 2.3. Ensaio de ciclos de pressão a temperaturas extremas

- a) O número total de ciclos operacionais é de 11 000 para a válvula de retenção e de 50 000 para a válvula de fecho. A unidade da válvula é instalada num dispositivo de ensaio que corresponde às especificações do fabricante para a instalação. O funcionamento da unidade é continuamente repetido com hidrogénio gasoso a todas as pressões especificadas.

Um ciclo operacional é definido do seguinte modo:

- i) Uma válvula de retenção é conectada a um dispositivo de ensaio e aplica-se 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) em seis impulsos ao ponto de entrada da válvula de retenção com o orifício de saída fechado. Depois, a pressão é aliviada a partir da entrada da válvula de retenção. A pressão na saída da válvula de retenção é baixada para um valor inferior a 60 % da PNS antes do ciclo seguinte;
- ii) Liga-se uma válvula de fecho a um dispositivo de ensaio e aplica-se a pressão continuamente tanto à entrada como à saída da válvula.

Um ciclo operacional consiste num acionamento completo e numa reinicialização.

- b) Os ensaios são realizados numa unidade estabilizada às seguintes temperaturas:
- i) Ciclos à temperatura ambiente. A unidade é objeto de ciclos operacionais (abertos/fechados) a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) em 90 % do total de ciclos, sendo a parte estabilizada a 20 ( $\pm$  5) °C. Ao completar os ciclos operacionais da temperatura ambiente, a unidade deve cumprir o ensaio de fugas a temperatura ambiente especificado no anexo 4, ponto 2.2;
  - ii) Ciclos a alta temperatura. A unidade é objeto de ciclos operacionais a 125 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) em 5 % do total dos ciclos operacionais, sendo a parte estabilizada a 85 °C ou mais. Ao completar os ciclos de 85 °C, a unidade deve cumprir o ensaio de estanquidade a alta temperatura (85 °C) especificado no anexo 4, ponto 2.2;
  - iii) Ciclos a baixa temperatura. A unidade é objeto de ciclos operacionais a 100 % da PNS (+ 2/- 0 MPa) em 5 % do total dos ciclos operacionais, sendo a parte estabilizada a - 40 °C ou a uma temperatura inferior. Ao completar os ciclos operacionais de - 40 °C, a unidade deve cumprir o ensaio de estanquidade a baixa temperatura (- 40 °C) especificado no anexo 4, ponto 2.2.
- c) Ensaio do caudal de vibração da válvula de retenção: após 11 000 ciclos operacionais e os ensaios de estanquidade descritos no anexo 4, ponto 2.3, b), a válvula de retenção é sujeita durante 24 horas ao caudal que provoca as maiores vibrações (oscilação da válvula). No final do ensaio, a válvula de retenção deve cumprir o ensaio de estanquidade à temperatura ambiente (anexo 4, ponto 2.2) e o ensaio de resistência (anexo 4, ponto 2.1).

#### 2.4. Ensaio de resistência à corrosão pelo sal

O componente é instalado numa posição semelhante à sua normal e exposto durante 500 horas a um ensaio de nevoeiro salino, conforme especificado na norma ASTM B117 («*Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*»). A temperatura dentro da câmara de nevoeiro é mantida a 30-35 °C. A solução salina é constituída por 5 % de cloreto de sódio e 95 % de água destilada, em peso.

Imediatamente após o ensaio de corrosão, a amostra é enxaguada e cuidadosamente limpa para retirar depósitos de sal, examinada para detetar eventuais deformações, devendo cumprir os requisitos seguintes:

- a) O componente não deve apresentar sinais de degradação física que possam prejudicar a sua função, nomeadamente: fissuração, amolecimento ou dilatação. As alterações superficiais, tais como picaduras ou manchas não são consideradas falhas.
- b) Ensaio de estanquidade à temperatura ambiente (anexo 4, ponto 2.2);
- c) Ensaio de resistência hidrostática (anexo 4, ponto 2.1).

#### 2.5. Ensaio de exposição ambiental do veículo

A resistência à degradação por exposição a fluidos de automóveis é determinada pelo seguinte ensaio:

- a) Os orifícios de entrada e de saída da unidade da válvula estão ligados ou obturados, em conformidade com as instruções de instalação do fabricante. As superfícies externas da unidade da válvula são expostas durante 24 horas a 20 ( $\pm$  5) °C a cada um dos seguintes fluidos:
  - i) Ácido sulfúrico — solução aquosa a 19 % em volume;
  - ii) Hidróxido de sódio — solução aquosa a 25 % em peso;
  - iii) Nitrato de amónio — solução aquosa a 28 % em peso; e
  - iv) Líquido limpa-para-brisas — álcool metílico e água, solução de 50 % em volume;

Se necessário, procede-se ao reabastecimento para garantir uma exposição completa durante todo o ensaio. Efetua-se um ensaio distinto com cada um dos fluidos. O mesmo componente pode ser exposto a todos os fluidos, um após outro.

- b) Após exposição a cada químico, o componente é secado e enxaguado com água;
- c) O componente não deve apresentar sinais de degradação física que possam prejudicar a sua função, nomeadamente: fissuração, amolecimento ou dilatação. As alterações superficiais, tais como picaduras ou manchas, não são consideradas falhas. No final de todas as exposições, as unidades devem cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade à temperatura ambiente (anexo 4, ponto 2.2) e do ensaio de resistência hidrostática (anexo 4, ponto 2.1).

## 2.6. Ensaio de corrosão atmosférica

O ensaio de corrosão atmosférica aplica-se à qualificação da válvula de retenção e às válvulas de fecho automático se o componente contiver materiais não metálicos expostos à atmosfera em condições normais de funcionamento.

- a) Os materiais não metálicos que constituem juntas de estanquidade a um combustível e que estão expostos à atmosfera, para os quais o requerente não apresentou uma declaração de propriedades satisfatória, não devem apresentar fissuras ou sinais visíveis de deterioração após exposição ao oxigénio durante 96 horas a 70 °C, a uma pressão de 2 MPa, em conformidade com a norma ASTM D572 («Standard Test Method for Rubber-Deterioration by Heat and Oxygen»);
- b) Todos os elastómeros devem demonstrar resistência ao ozono através de pelo menos um dos seguintes métodos:
  - i) Especificação dos compostos de elastómeros com resistência comprovada ao ozono;
  - ii) Ensaio de componentes em conformidade com a norma ISO 1431/1, ASTM D1149 ou métodos de ensaio equivalentes.

## 2.7. Ensaios elétricos

Os ensaios elétricos são aplicáveis à qualificação da válvula de fecho automático; no entanto, não se aplicam à qualificação das válvulas de retenção.

- a) Ensaio sob tensão anormal. A válvula solenoide está ligada a uma fonte de corrente contínua variável. A válvula solenoide funciona da seguinte forma:
  - i) É estabelecido e mantido um equilíbrio (temperatura em estado estacionário) durante uma hora a 1,5 vezes a tensão nominal;
  - ii) A tensão é elevada até ao dobro da tensão nominal ou 60 volts, consoante o que for menor, e mantida durante um minuto;
  - iii) Nenhuma falha deve dar origem a fugas para o exterior, abertura de válvulas ou condições de insegurança, como fumo, fogo ou fusão.

A tensão mínima de abertura à PNS e à temperatura ambiente deve ser inferior ou igual a 9 V para um sistema de 12 V e inferior ou igual a 18 V para um sistema de 24 V.

- b) Ensaio de resistência do isolamento. 1 000 V C.C. aplica-se entre o condutor elétrico e o invólucro do componente durante, pelo menos, dois segundos. A resistência mínima admissível para esse componente é 240 kΩ.

## 2.8. Ensaio de vibrações

A válvula é pressurizada a 100 % da sua PNS (+ 2/- 0 MPa) com hidrogénio, selada em ambas as extremidades e submetida a vibrações durante 30 minutos ao longo de cada um dos três eixos ortogonais (vertical, lateral e longitudinal) às frequências de ressonância mais intensas. As frequências de ressonância mais intensas são obtidas por uma aceleração de 1,5 g com um varrimento de 10 minutos numa gama de frequências sinusoidais compreendidas entre 10 e 40 Hz. Se a frequência de ressonância não for obtida nesta gama, o ensaio é realizado a 40 Hz. Na sequência deste ensaio, cada amostra não deve apresentar danos exteriores visíveis que indiquem que o desempenho da peça está comprometido. No final do ensaio, a unidade deve cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade à temperatura ambiente especificado no anexo 4, ponto 2.2.

## 2.9. Ensaio de resistência à fissuração por corrosão sob tensão

No caso das válvulas que contenham componentes constituídos por uma liga à base de cobre (por exemplo, latão), apenas uma válvula é submetida a ensaio. A válvula é desmontada, sendo todos os elementos da liga à base de cobre desengordurados e, depois disso, a válvula é remontada antes de ser continuamente exposta durante 10 dias a uma mistura de ar húmido com amoníaco e mantida numa câmara de vidro com uma tampa de vidro.

Mantém-se uma solução aquosa de amoníaco com uma densidade de 0,94 na parte inferior da câmara de vidro debaixo da amostra, a uma concentração de, pelo menos, 20 ml por litro de volume da câmara. A amostra deve ser posicionada 35 (± 5) mm acima da solução aquosa de amoníaco, sobre um tabuleiro de material inerte. A mistura de ar húmido com amoníaco é mantida à pressão atmosférica a 35 (± 5) °C. Os componentes de ligas de cobre não devem apresentar fissuração ou laminação devido a este ensaio.

#### 2.10. Ensaio de exposição ao hidrogénio pré-arrefecido

A válvula é sujeita a gás de hidrogénio pré-arrefecido a uma temperatura de  $-40\text{ °C}$  ou inferior, a um caudal de  $30\text{ g/segundo}$  a uma temperatura exterior de  $20 (\pm 5)\text{ °C}$  durante um período mínimo de três minutos. A válvula é despressurizada e pressurizada de novo após um período de manutenção de dois minutos. Este ensaio é repetido 10 vezes. Em seguida, este ensaio é repetido por mais dez ciclos, mas com um período de manutenção aumentado para 15 minutos. A válvula deve então cumprir os requisitos do ensaio de estanquidade à temperatura ambiente especificado no anexo 4, ponto 2.2.

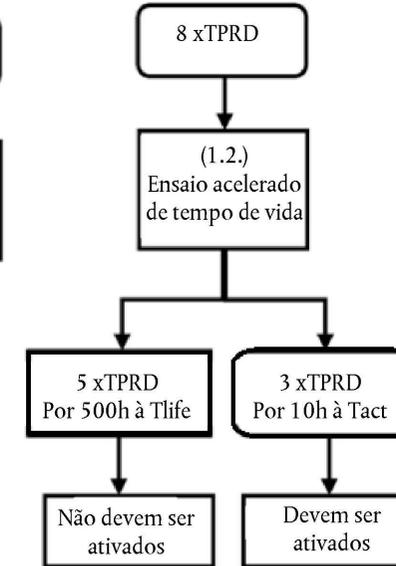
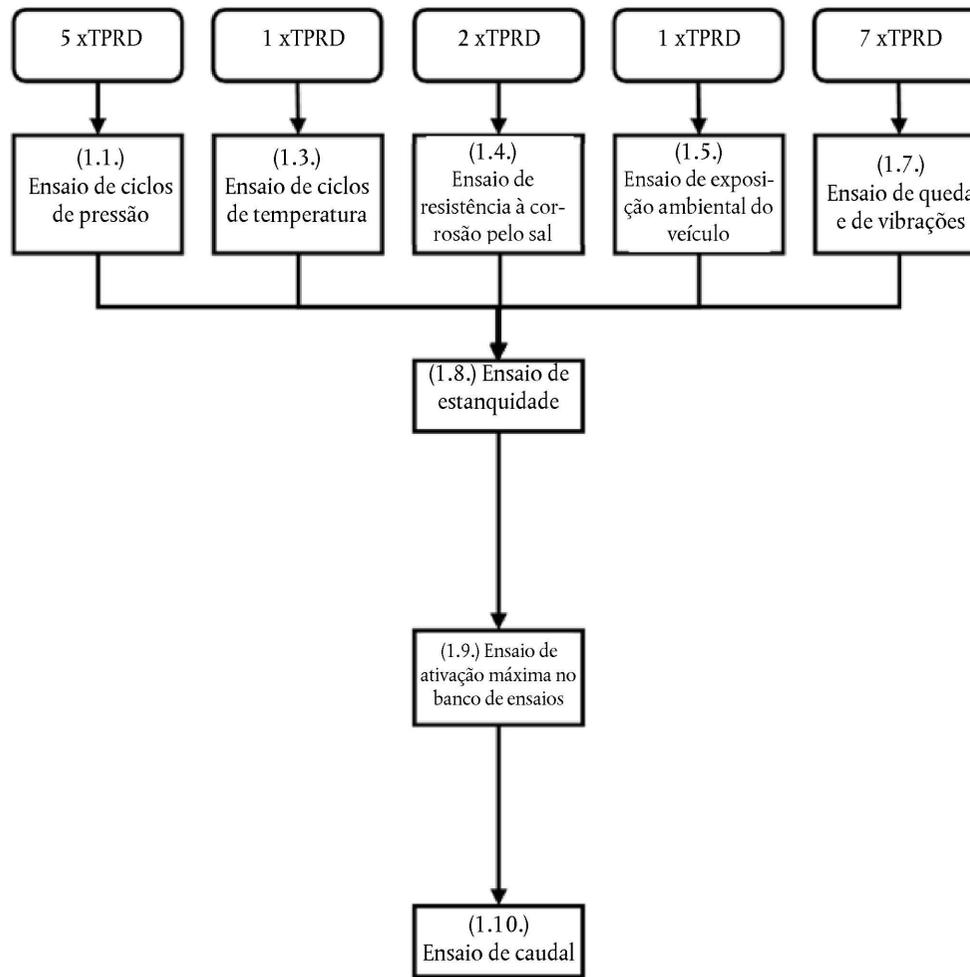
---

PANORÂMICA DOS ENSAIOS COM O DISPOSITIVO DE DESCOMPRESSÃO – TPRD

Ensaio de base



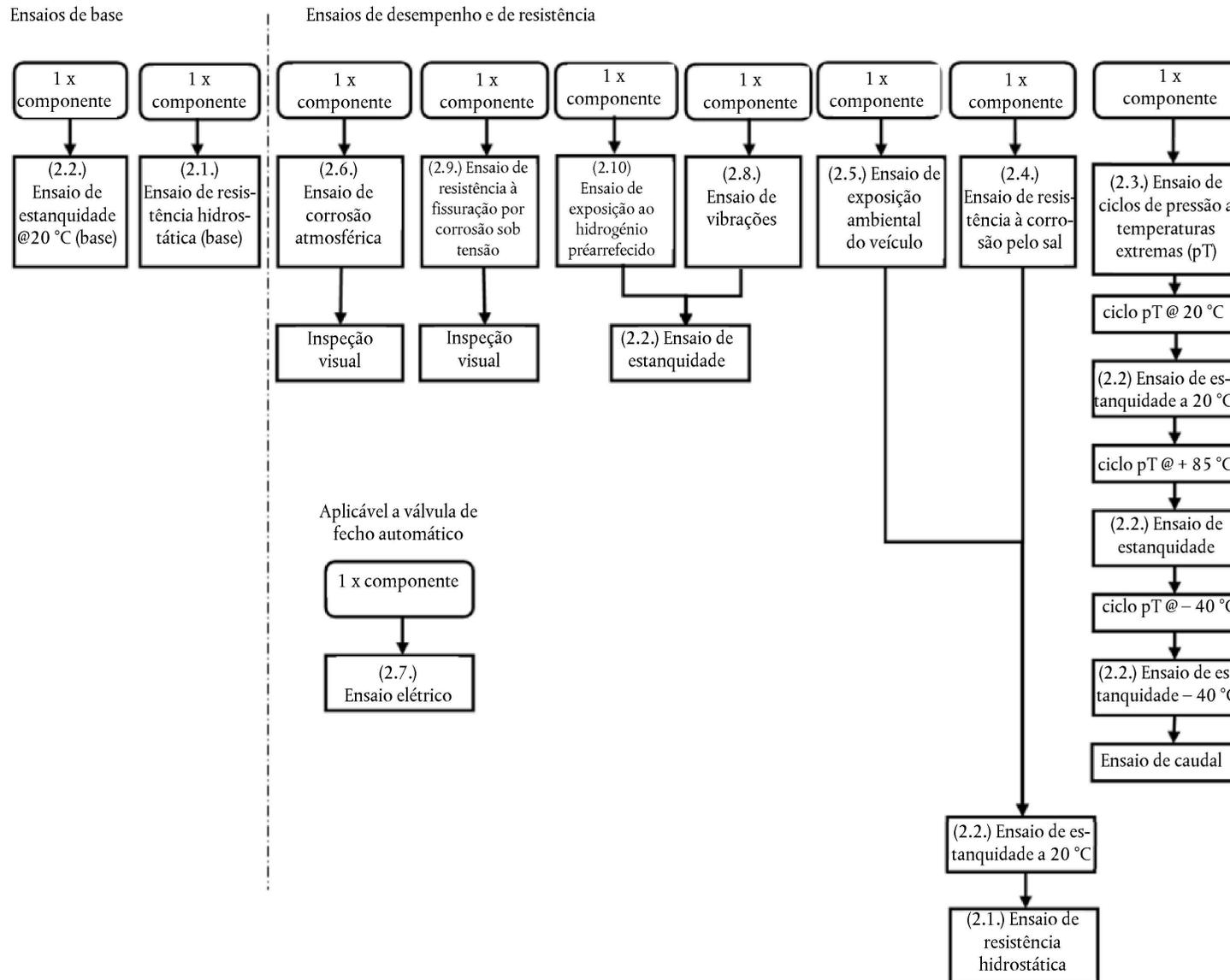
Ensaio de desempenho e de resistência



Apenas para TPRD com ligas à base de cobre:



PANORÂMICA DOS ENSAIOS COM A VÁLVULA DE RETENÇÃO E A VÁLVULA DE FECHO AUTOMÁTICO



## ANEXO 5

**PROCEDIMENTOS DE ENSAIO PARA UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA UM VEÍCULO QUE INCORPORA UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO COMPRIMIDO**

## 1. ENSAIO DE ESTANQUIDADE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÉNIO PÓS-COLISÃO

Os ensaios de colisão utilizados para avaliar fugas de hidrogénio pós-colisão são os estabelecidos no ponto 7.2 do presente regulamento.

Antes de realizar o ensaio de colisão, os instrumentos são instalados no sistema de armazenamento de hidrogénio para efetuar as medições de pressão e temperatura exigidas se o veículo normalizado não dispuser já de instrumentos com a precisão requerida.

O sistema de armazenamento é então purgado, se necessário, seguindo instruções do fabricante para remover as impurezas do reservatório antes de encher o sistema de armazenamento com hidrogénio ou hélio gasoso comprimido. Dado que a pressão do sistema de armazenamento varia com a temperatura, a pressão de enchimento visada é função da temperatura. A pressão visada é determinada a partir da seguinte equação:

$$P_{\text{target}} = NWP \times (273 + T_0)/288$$

em que PNS é a pressão nominal de serviço (MPa),  $T_0$  é a temperatura ambiente à qual se espera que o sistema de armazenamento se estabilize, e  $P_{\text{target}}$  é a pressão de enchimento visada após a temperatura de ensaio se estabilizar.

O reservatório é enchido até um mínimo de 95 % da pressão de enchimento visada e deixa-se assentar (estabilizar) antes de realizar o ensaio de colisão.

A válvula principal de fecho e as válvulas de fecho para o gás hidrogénio, localizadas nas tubagens a jusante de gás de hidrogénio, estão em condições normais de condução imediatamente antes do impacto.

## 1.1. Ensaio de estanquidade pós-colisão: sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido cheio de hidrogénio comprimido

A pressão de hidrogénio gasoso,  $P_0$  (MPa) e a temperatura,  $T_0$  (°C) são medidas imediatamente antes do impacto e, em seguida, no período,  $\Delta t$  (min.), após o impacto. O período,  $\Delta t$ , tem início quando o veículo se imobiliza após o impacto e continua durante, pelo menos, 60 minutos. O período,  $\Delta t$ , deve ser aumentado, se necessário, para melhorar a precisão da medição para um sistema de armazenamento com um grande volume de funcionamento até 70 MPa; nesse caso, calcula-se  $\Delta t$  através da seguinte equação:

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \times NWP / 1\,000 \times ((-0,027 \times NWP + 4) \times R_s - 0,21) - 1,7 \times R_s$$

em que  $R_s = P_s/NWP$ ,  $P_s$  é a gama de pressões do sensor de pressão (MPa), PNS é a pressão nominal de serviço (MPa),  $V_{\text{CHSS}}$  é o volume do sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido (l) e  $\Delta t$  é o período (min). Se o valor calculado para  $\Delta t$  for inferior a 60 minutos,  $\Delta t$  é fixado em 60 minutos.

A massa inicial de hidrogénio no sistema de armazenamento é calculada do seguinte modo:

$$P_0' = P_0 \times 288/(273 + T_0)$$

$$\rho_0' = -0,0027 \times (P_0')^2 + 0,75 \times P_0' + 0,5789$$

$$M_0 = \rho_0' \times V_{\text{CHSS}}$$

A massa final de hidrogénio no sistema de armazenamento,  $M_f$ , no final do período,  $\Delta t$ , é calculada da seguinte forma:

$$P_f' = P_f \times 288/(273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0027 \times (P_f')^2 + 0,75 \times P_f' + 0,5789$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{CHSS}}$$

em que  $P_f$  é a pressão final medida (MPa) no final do período, e  $T_f$  é a temperatura final medida (°C).

O caudal médio de hidrogénio ao longo do período (que deve ser inferior aos critérios referidos no ponto 7.2.1) é, pois, o seguinte:

$$V_{H_2} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 2,016 \times (P_{target} / P_o)$$

em que  $V_{H_2}$  é o caudal volumétrico médio (NL/min) durante o período e o termo  $(P_{target} / P_o)$  é utilizado para compensar as diferenças entre a pressão inicial medida,  $P_o$ , e a pressão de enchimento visada  $P_{target}$ .

## 1.2. Ensaio de estanquidade pós-colisão: sistema de armazenamento de hidrogénio comprimido cheio de hidrogénio comprimido

A pressão de hélio gasoso,  $P_o$  (MPa) e a temperatura,  $T_o$  (°C) são medidas imediatamente antes do impacto e, em seguida, num período pré-determinado após o impacto. O período,  $\Delta t$ , tem início quando o veículo se imobiliza após o impacto e continua durante, pelo menos, 60 minutos. O período,  $\Delta t$ , deve ser aumentado, se necessário, para melhorar a precisão da medição para um sistema de armazenamento com um grande volume de funcionamento até 70 MPa; nesse caso, calcula-se  $\Delta t$  através da seguinte equação:

$$\Delta t = V_{CHSS} \times NWP / 1\,000 \times ((-0,028 \times NWP + 5,5) \times R_s - 0,3) - 2,6 \times R_s$$

em que  $R_s = P_s / NWP$ ,  $P_s$  é o intervalo de pressões do sensor de pressão (MPa),  $PNS$  é a pressão nominal de serviço (MPa),  $V_{CHSS}$  é o volume do sistema de armazenamento comprimido (l) e  $\Delta t$  é o período (min). Se o valor obtido para  $\Delta t$  for inferior a 60 minutos,  $\Delta t$  é fixado em 60 minutos.

A massa inicial de hélio no sistema de armazenamento é calculada do seguinte modo:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_o)$$

$$\rho_o' = -0,0043 \times (P_o')^2 + 1,53 \times P_o' + 1,49$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{CHSS}$$

A massa final de hélio no sistema de armazenamento,  $M_f$ , no final do período,  $\Delta t$ , é calculada da seguinte forma:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0043 \times (P_f')^2 + 1,53 \times P_f' + 1,49$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{CHSS}$$

em que  $P_f$  é a pressão final medida (MPa) no final do período, e  $T_f$  é a temperatura final medida (°C).

O caudal médio de hélio ao longo do período é, pois, o seguinte:

$$V_{He} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 4,003 \times (P_{target} / P_o)$$

em que  $V_{He}$  é o caudal volumétrico médio (NL/min) durante o período e o termo  $(P_{target} / P_o)$  é utilizado para compensar as diferenças entre a pressão inicial medida ( $P_o$ ) e a pressão de enchimento visada ( $P_{target}$ ).

A conversão do caudal volumétrico médio de hélio para o caudal médio de hidrogénio é calculada com base na seguinte fórmula:

$$V_{H_2} = V_{He} / 0,75$$

em que  $V_{H_2}$  é o caudal volumétrico médio de hidrogénio correspondente (que deve ser inferior ao exigido no ponto 7.2.1 do presente regulamento para cumprir o disposto no mesmo).

## 2. ENSAIO DE CONCENTRAÇÃO DE GÁS PÓS-COLISÃO EM ESPAÇOS FECHADOS

As medições são registadas no ensaio de colisão que avalia o potencial de fuga de hidrogénio (ou hélio) (anexo 5, ponto 1 do procedimento de ensaio).

Os sensores são selecionados para medir quer a acumulação de gás de hidrogénio, ou de hélio, quer a redução de oxigénio (devido à deslocação de ar devido a fugas de hidrogénio/hélio).

Os sensores são calibrados de acordo com referências rastreáveis, a fim de garantir uma precisão de  $\pm 5\%$  aos critérios visados de  $4\%$  para o hidrogénio ou  $3\%$  para o hélio por volume em ar e de uma capacidade de medição em toda a escala de, pelo menos,  $25\%$  acima dos critérios visados. O sensor deve ter uma resposta de  $90\%$  a uma variação da concentração da escala completa num lapso de 10 segundos.

Antes do impacto da colisão, os sensores são colocados no habitáculo e no compartimento de bagagens do veículo do seguinte modo:

- a) Numa distância máxima de 250 mm do revestimento do teto acima do banco do condutor ou perto do centro superior do habitáculo;
- b) Numa distância máxima de 250 mm do piso à frente do lugar da retaguarda (ou do lugar mais recuado) do habitáculo;
- c) A uma distância máxima de 100 mm do topo dos compartimentos de bagagens no interior do veículo que não sejam diretamente afetados pelo impacto específico da colisão a realizar.

Os sensores devem ser montados de forma segura na estrutura do veículo ou nos bancos e estar protegidos, para os ensaios de colisão planeados, contra fragmentos, gases emitidos pelos sacos de ar e objetos projetados. As medições que se seguem à colisão são registadas por instrumentos localizados no interior do veículo ou por transmissão à distância.

O veículo pode ser colocado quer no exterior numa zona protegida do vento e de possíveis efeitos solares, quer no interior de um espaço suficientemente amplo ou ventilado, para evitar uma acumulação de hidrogénio superior a  $10\%$  dos critérios visados no habitáculo e no compartimento de bagagens.

A recolha de dados pós-colisão em espaços fechados tem início quando o veículo se imobiliza. Os dados provenientes dos sensores são recolhidos, pelo menos, a cada 5 segundos e continuam durante um período de 60 minutos após o ensaio. Um desfazamento de primeira ordem (constante de tempo), até um máximo de 5 segundos, pode ser aplicado às medições a fim de permitir um alisamento e uma filtração dos efeitos dos pontos de dados espúrios.

As leituras filtradas de cada sensor devem ser inferiores aos critérios visados de  $4,0\%$  para o hidrogénio ou  $3,0\%$  para o hélio durante todo o período de ensaio pós-colisão de 60 minutos.

### 3. ENSAIO DE CONFORMIDADE PARA CONDIÇÕES DE FALHA ÚNICA

Aplica-se um dos procedimentos de ensaio previstos no anexo 5, ponto 3.1 ou ponto 3.2:

#### 3.1. Procedimento de ensaio para um veículo equipado com detetores de fugas de gás de hidrogénio

##### 3.1.1. Condições de ensaio

3.1.1.1 Veículo de ensaio: o sistema de propulsão do veículo de ensaio é iniciado, aquecido até à sua temperatura normal de funcionamento, e deixado a funcionar durante o ensaio. Se o veículo não for um veículo com pilha de combustível, deve ser aquecido e mantido em marcha lenta sem carga. Se o veículo de ensaio tiver um sistema de paragem automática da marcha lenta sem carga, devem ser tomadas medidas para evitar a paragem do motor.

3.1.1.2 Gás de ensaio: duas misturas de ar e hidrogénio gasoso: concentração de  $3,0\%$  (ou menos) de hidrogénio no ar para verificar a função do aviso e concentração de  $4,0\%$  (ou menos) de hidrogénio no ar para verificar a função de paragem. As concentrações apropriadas devem ser escolhidas com base nas recomendações do fabricante (ou nas especificações do detetor).

##### 3.1.2. Método de ensaio

3.1.2.1. Preparativos para o ensaio: o ensaio deve ser realizado sem qualquer influência do vento, por meios adequados, tais como:

- a) Um tubo de indução de gás de ensaio é ligado ao detetor de fugas de gás de hidrogénio;
- b) O detetor de fugas de hidrogénio é recoberto com uma cobertura para reter o gás à sua volta.

##### 3.1.2.2. Execução do ensaio

- a) O gás de ensaio é conduzido para o detetor de fugas de hidrogénio;

- b) A função normal do sistema de aviso é confirmada mediante ensaio com o gás a fim de verificar a função de aviso;
  - c) O fecho da válvula de fecho principal é confirmado mediante ensaio com o gás a fim de verificar a função de fecho. Por exemplo, pode recorrer-se à monitorização da alimentação elétrica da válvula de fecho ou ao som da ativação da válvula de fecho para confirmar o funcionamento da válvula de fecho principal da alimentação de hidrogénio.
- 3.2. Procedimento de ensaio para verificar a integridade dos espaços fechados e dos sistemas de deteção.
- 3.2.1. Preparação:
- 3.2.1.1. O ensaio deve ser realizado sem qualquer influência do vento.
  - 3.2.1.2. Deve ser prestada especial atenção às condições ambientes aquando do ensaio, uma vez que se podem formar misturas inflamáveis de hidrogénio e ar.
  - 3.2.1.3. Antes do ensaio, prepara-se o veículo para se poder comandar à distância a libertação de hidrogénio a partir do sistema a hidrogénio. O número, a localização e a capacidade de escoamento dos pontos de evacuação a jusante da válvula de fecho principal do hidrogénio são definidos pelo fabricante do veículo, tendo em conta o caso mais desfavorável, em condições de falha única. No mínimo, o caudal total de todas as libertações comandadas à distância deve permitir acionar as funções automáticas de aviso e de fecho.
  - 3.2.1.4. Para efeitos do ensaio, é instalado um detetor de concentração de hidrogénio nos pontos onde o gás de hidrogénio se pode acumular mais no habitáculo (por exemplo, junto ao revestimento do teto) quando se verifica a conformidade com o disposto no ponto 7.1.4.2 do presente regulamento e os detetores de concentração de hidrogénio são instalados em volumes fechados ou semifechados no veículo onde o hidrogénio se pode acumular proveniente das libertações de hidrogénio simuladas quando se verifica a conformidade com o ponto 7.1.4.3 do presente regulamento (ver anexo 5, ponto 3.2.1.3).
- 3.2.2. Procedimento:
- 3.2.2.1. As portas, janelas e outras coberturas do veículo devem estar fechadas.
  - 3.2.2.2. Faz-se arrancar o sistema de propulsão, que se aquece até à sua temperatura normal de funcionamento, deixando-o a funcionar em marcha lenta sem carga durante o ensaio.
  - 3.2.2.3. Simula-se uma fuga utilizando a função de controlo à distância.
  - 3.2.2.4. Mede-se a concentração de hidrogénio de forma contínua até que a concentração não aumente durante 3 minutos. Quando se verifica a conformidade com o ponto 7.1.4.3 do presente regulamento, aumenta-se, então, a fuga simulada utilizando a função de controlo à distância até que a válvula de fecho principal do hidrogénio esteja fechada e o sinal de aviso seja ativado. Pode recorrer-se à monitorização da alimentação elétrica da válvula de fecho ou ao som da ativação da válvula de fecho para confirmar o funcionamento da válvula de fecho principal da alimentação de hidrogénio.
  - 3.2.2.5. Quando se verifica a conformidade com o ponto 7.1.4.2 do presente regulamento, o ensaio é concluído com êxito se a concentração de hidrogénio no habitáculo não exceder 1,0 %. Quando se verifica a conformidade com o ponto 7.1.4.3 do presente regulamento, o ensaio é concluído com êxito se a função de aviso e de fecho forem executadas aos níveis especificados (ou abaixo) no ponto 7.1.4.3 do presente regulamento; caso contrário, o ensaio é negativo e o sistema não se qualifica para ser colocado em serviço no veículo.
4. ENSAIO DE CONFORMIDADE DO SISTEMA DE ESCAPE DO VEÍCULO
- 4.1. Aquece-se o sistema motor do veículo de ensaio (por exemplo, pilha de combustível ou motor) até à sua temperatura normal de funcionamento.
  - 4.2. Aquece-se o aparelho de medição antes da utilização até à sua temperatura normal de funcionamento.
  - 4.3. Coloca-se a sonda de medição do aparelho de medição no centro do caudal dos gases de escape, a 100 mm, no máximo, da saída do escape exterior do veículo.

- 4.4. Mede-se a concentração de hidrogénio nos gases de escape de modo contínuo durante as seguintes etapas:
- Paragem do sistema motor;
  - Após a conclusão do processo de paragem, novo arranque imediato do sistema motor;
  - Após um lapso de um minuto, desliga-se novamente o sistema motor e prosseguem as medições até estar concluído o procedimento de paragem do sistema motor.
- 4.5. O tempo de resposta do aparelho de medição deve ser inferior a 300 milésimos de segundo.
5. ENSAIO DE CONFORMIDADE PARA FUGAS NO TUBO DE ALIMENTAÇÃO DO COMBUSTÍVEL
- 5.1. Aquece-se o sistema motor do veículo de ensaio (por exemplo, pilha de combustível ou motor) até à sua temperatura normal de funcionamento com a tubagem de alimentação do combustível sob pressão.
- 5.2. Procuram-se fugas de hidrogénio em secções acessíveis das tubagens de alimentação do combustível, entre a secção de alta pressão e a pilha de combustível (ou motor), utilizando um detetor de fugas de gás ou um líquido de deteção de fugas, tal como uma solução de sabão.
- 5.3. A deteção de fugas de hidrogénio deve efetuar-se principalmente nas juntas.
- 5.4. Quando se utiliza um detetor de fugas de gás, efetua-se a deteção através do acionamento do detetor de fugas durante, pelo menos, 10 segundos em locais tão próximos quanto possível dos tubos de alimentação do combustível.
- 5.5. Quando se utiliza um líquido para deteção de fugas, a deteção de fugas de hidrogénio gasoso efetua-se imediatamente após a aplicação do líquido. Além disso, devem ser realizados controlos visuais poucos minutos depois da aplicação do líquido para detetar eventuais bolhas causadas por fugas.
6. VERIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO
- Verifica-se a conformidade do sistema por inspeção visual.
-