

II

(Actos não legislativos)

REGULAMENTOS

REGULAMENTO (UE) N.º 228/2011 DA COMISSÃO

de 7 de Março de 2011

que altera o Regulamento (CE) n.º 1222/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere ao método de ensaio da aderência em pavimento molhado dos pneus da classe C1

(Texto relevante para efeitos do EEE)

A COMISSÃO EUROPEIA,

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

Tendo em conta o Regulamento (CE) n.º 1222/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Novembro de 2009, relativo à rotulagem dos pneus no que respeita à eficiência energética e a outros parâmetros essenciais ⁽¹⁾, nomeadamente o artigo 11.º, alínea c),

Considerando o seguinte:

- (1) Em conformidade com o anexo I, parte B, do Regulamento (CE) n.º 1222/2009, o índice de aderência em pavimento molhado dos pneus da classe C1 deve ser determinado como definido no Regulamento n.º 117 da UNECE e nas suas alterações subsequentes. Contudo, os representantes da indústria desenvolveram um método de ensaio revisto da aderência em pavimento molhado com base no anexo 5 do Regulamento n.º 117 da UNECE, que melhora significativamente a exactidão dos resultados dos ensaios.
- (2) A exactidão dos resultados dos ensaios é um factor fundamental para a determinação das classes de aderência em pavimento molhado dos pneus. Assegura que a comparação entre pneus de fornecedores diferentes é imparcial. Além disso, a exactidão dos ensaios impede que um pneu possa ser classificado em mais de uma classe e reduz os riscos de que as autoridades de fiscalização do mercado obtenham resultados de ensaio diferentes dos declarados pelos fornecedores, apenas devido à inexactidão do método de ensaio.

- (3) Por conseguinte, é necessário actualizar o método de ensaio relativo à aderência em pavimento molhado, a fim de melhorar a exactidão dos resultados de ensaio dos pneus.
- (4) O Regulamento (CE) n.º 1222/2009 deve, portanto, ser alterado em conformidade.
- (5) As medidas previstas no presente regulamento estão em conformidade com o parecer do Comité instituído pelo artigo 13.º do Regulamento (CE) n.º 1222/2009,

ADOPTOU O PRESENTE REGULAMENTO:

Artigo 1.º

Alterações ao Regulamento (CE) n.º 1222/2009

O Regulamento (CE) n.º 1222/2009 é alterado do seguinte modo:

1. No anexo 1, parte B, o primeiro período passa a ter a seguinte redacção:
- «As classes de aderência em pavimento molhado dos pneus C1 devem ser determinadas com base no índice de aderência em pavimento molhado (G), de acordo com a escala de A a G a seguir especificada, e medida de acordo com o anexo V.».
2. O texto constante do anexo do presente regulamento é aditado como anexo V.

Artigo 2.º

Entrada em vigorO presente regulamento entra em vigor no vigésimo dia seguinte ao da sua publicação no *Jornal Oficial da União Europeia*.⁽¹⁾ JO L 342 de 22.12.2009, p. 46.

O presente regulamento é obrigatório em todos os seus elementos e directamente aplicável nos Estados-Membros, em conformidade com os Tratados.

Feito em Bruxelas, em 7 de Março de 2011.

Pela Comissão
O Presidente
José Manuel BARROSO

ANEXO

«ANEXO V

Método de ensaio para medir o índice de aderência em pavimento molhado (G) dos pneus C1

1. NORMAS OBRIGATÓRIAS

São aplicáveis os documentos a seguir indicados.

- (1) ASTM E 303-93 (Reaprovada em 2008), Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester (Norma ASTM E 303-93 – reaprovada em 2003 – Método de ensaio padronizado para medição de propriedades de fricção de superfícies utilizando o ensaiador do valor BPN – British Pendulum Number),
- (2) ASTM E 501-08, Standard Specification for Standard Rib Tire for Pavement Skid-Resistance Tests (Especificações padronizadas para pneus-padrão com nervuras para ensaios de resistência e deslizamento em pavimentos);
- (3) ASTM E 965-96 (Reaprovada em 2006), Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth Using a Volumetric Technique (Método de ensaio padronizado para medição a profundidade de macrotexturas no pavimento utilizando técnica volumétrica);
- (4) ASTM E 1136-93 (Reaprovada em 2003), Standard Specification for a Radial Standard Reference Test Tire (SRTT14") [Especificações padronizadas para pneu de teste de referência radial padronizado (SRTT14")];
- (5) ASTM F 2493-08, Standard Specification for a Radial Standard Reference Test Tire (SRTT16") [Especificações padronizadas para pneu de teste de referência radial padronizado (SRTT16")].

2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do ensaio de aderência em pavimento molhado dos pneus C1, são aplicáveis as seguintes definições:

- (1) "ensaio": uma passagem única de um pneu com carga sobre uma dada pista de ensaio;
- (2) "pneu de ensaio": um pneu candidato, um pneu de referência, ou um pneu, ou jogo de pneus de controlo utilizado num ensaio;
- (3) "pneu(s) candidato(s) (T)": um pneu ou um jogo de pneus submetido(s) a ensaio para efeitos do cálculo do seu índice de aderência em pavimento molhado;
- (4) "pneu(s) de referência (R)": um pneu ou um jogo de pneus com as características indicadas na norma ASTM F 2493-08 e designado(s) como pneu(s) de ensaio de referência padronizado(s) de 16 polegadas (SRTT16");
- (5) "pneu(s) de controlo (C)": um pneu intermédio, ou um jogo de pneus intermédios utilizado(s) quando o pneu candidato e o pneu de referência não podem ser comparados directamente no mesmo veículo;
- (6) "força de travagem de um pneu": a força longitudinal, expressa em newtons, resultante da aplicação do binário de travagem;
- (7) "coeficiente de força de travagem de um pneu (BFC)": o rácio entre a força de travagem e a carga vertical;
- (8) "coeficiente de força de travagem de pico de um pneu": o valor máximo do coeficiente de força de travagem de um pneu que se produz antes do bloqueio da roda quando se aumenta progressivamente o binário de travagem;
- (9) "bloqueio da roda": a condição de uma roda, cuja velocidade de rotação em torno do seu eixo de rotação é zero, e impedida de girar em presença do binário da roda;
- (10) "carga vertical": a carga em newtons imposta ao pneu perpendicularmente à superfície da estrada;
- (11) "veículo de ensaio de pneu": um veículo destinado exclusivamente a esta utilização específica, com instrumentos de medição das forças vertical e longitudinal sobre um pneu de ensaio durante a travagem.

3. CONDIÇÕES GERAIS DE ENSAIO

3.1 Características da pista

A pista de ensaio deve ter as seguintes características:

- (1) A superfície deve ter um revestimento de asfalto denso com um declive uniforme de, no máximo, 2 % e que não apresente desvios de mais de 6 mm quando submetida a ensaio com uma vara de 3 m.
- (2) A superfície deve ter um pavimento com idade, composição e desgaste uniformes. A superfície de ensaio deve estar isenta de materiais soltos e depósitos de materiais estranhos.
- (3) A dimensão máxima de gravilha deve ser de 10 mm (com tolerância de 8 a 13 mm).
- (4) A profundidade de textura medida por mancha de areia deve ser de $0,7 \pm 0,3$ mm. Deve ser medida em conformidade com a norma ASTM E 965-96 (Reaprovada em 2006).
- (5) As propriedades de fricção da superfície molhada devem ser medidas por meio do método a) ou b) da secção 3.2.

3.2 Métodos de medição das propriedades de fricção da superfície molhada

a) Método do número de pêndulo britânico (BPN – British Pendulum Number)

O método do número de pêndulo britânico (BPN) é o definido na norma ASTM E 303-93 (Reaprovada em 2008).

A formulação e as propriedades físicas do componente da borracha dos calços devem ser as especificadas na norma ASTM E 501-08.

A média do número de pêndulo britânico (BPN) deve situar-se entre 42 e 60 BPN após a correcção de temperatura a seguir indicada.

O número de pêndulo britânico (BPN) deve ser corrigido para a temperatura da superfície da estrada molhada. A menos que as recomendações de correcção de temperatura sejam indicadas pelo fabricante do pêndulo britânico, pode utilizar-se a fórmula seguinte:

$$\text{BPN} = \text{valor BPN (valor medido)} + \text{correcção de temperatura}$$

$$\text{correcção de temperatura} = -0,0018 t^2 + 0,34 t - 6,1$$

em que t é a temperatura da superfície da estrada molhada, em graus Celsius.

Efeitos do desgaste da almofada de deslizamento: A almofada deve ser removida em razão do desgaste máximo quando o desgaste na extremidade de contacto do deslizador alcançar 3,2 mm no plano do deslizador, ou 1,6 mm na vertical do mesmo, em conformidade com a secção 5.2.2 e a figura 3 da norma ASTM E 303-93 (Reaprovada em 2008).

Para efeitos de verificação da coerência do BPN do revestimento da pista para a medição da aderência em pavimento molhado de um veículo de passageiros provido de instrumentos: Para diminuir a dispersão dos resultados dos ensaios, os valores do BPN para a pista de ensaio não devem ao longo de toda a distância da travagem. As propriedades de fricção da superfície molhada devem ser medidas cinco vezes em cada ponto da medição do BPN, de 10 em 10 metros e o coeficiente de variação das médias do BPN não poderá exceder 10 %.

b) Método de referência padrão para pneu de ensaio (SRTT14") [Standard Reference Test Tyre (SRTT14")] da norma ASTM E 1136

Em derrogação do ponto 4) da secção 2, este método utiliza o pneu de referência com as características indicadas na norma ASTM E 1136-93 (Reaprovada em 2003) e designado como SRTT14" ⁽¹⁾.

O valor médio do coeficiente de força de travagem de pico ($\mu_{\text{peak,ave}}$) de SRTT14" deve ser de $0,7 \pm 0,1$ a 65 km/h.

O valor médio do coeficiente de força de travagem de pico ($\mu_{\text{peak,ave}}$) do SRTT14" deve ser corrigido para a temperatura da superfície molhada de estrada, do seguinte modo:

$$\text{coeficiente de força de travagem de pico } (\mu_{\text{peak,ave}}) = \text{coeficiente de força de travagem de pico (medido)} + \text{correcção de temperatura}$$

$$\text{correcção de temperatura} = 0,0035 \times (t - 20)$$

em que t é a temperatura da superfície de estrada molhada, em graus Celsius.

⁽¹⁾ O tamanho do SRTT da norma ASTM E 1136 é P195/75R14.

3.3 Condições atmosféricas

O vento não deve perturbar a rega do revestimento da estrada (é permitido o uso de pára-ventos).

A temperatura do pavimento molhado e a temperatura ambiente devem situar-se entre 2 °C e 20 °C para pneus para neve e entre 5 °C e 35 °C para pneus normais.

A temperatura da superfície molhada não deve variar mais de 10 °C durante o ensaio.

A temperatura ambiente deve permanecer próxima da temperatura da superfície molhada; a diferença entre a temperatura ambiente e a da superfície molhada deve ser inferior a 10 °C.

4. MÉTODO DE ENSAIO DE MEDIÇÃO DA ADERÊNCIA EM SUPERFÍCIE MOLHADA

Para o cálculo do índice de aderência em superfície molhada (G) de um pneu candidato, os resultados da aderência em superfície molhada durante a travagem do pneu candidato são comparados com os resultados da aderência em superfície molhada durante a travagem do pneu de referência de um veículo que se desloque em linha recta numa superfície de estrada pavimentada e molhada. É medido por meio de um dos seguintes métodos:

— método que consiste no ensaio de um jogo de pneus montados num veículo de passageiros provido de instrumentos;

— método de ensaio que utiliza um reboque puxado por um veículo, ou um veículo para ensaio de pneus equipado com o(s) pneu(s) de ensaio.

4.1 Método de ensaio com utilização de um veículo de passageiros provido de instrumentos

4.1.1 Princípio

O método de ensaio cobre um procedimento para a medição do desempenho de desaceleração de pneus C1 durante a travagem, utilizando um veículo de passageiros provido de instrumentos com sistema de travagem antibloqueio (Antilock Braking System – ABS), entendendo-se por “veículo de passageiros provido de instrumentos” um veículo de passageiros provido do equipamento de medição constante da secção 4.1.2.2, para efeitos deste método de ensaio. Começando com uma velocidade inicial definida, os travões são aplicados a intensidade suficiente sobre as quatro rodas ao mesmo tempo para activar o ABS. A desaceleração média é calculada entre duas velocidades pré-definidas.

4.1.2 Equipamento

4.1.2.1 Veículo

As alterações permitidas no veículo de passageiros são as seguintes:

— as que permitam que o número de tamanhos de pneu que possam ser montados no veículo seja aumentado;

— as que permitam a instalação de um dispositivo para activação automática da travagem.

Qualquer outra alteração do sistema de travagem é proibida.

4.1.2.2 Equipamento de medição

O veículo deve ser equipado com um sensor adequado para a medição da velocidade sobre uma superfície molhada e da distância percorrida entre duas velocidades.

Para medir a velocidade do veículo, deve utilizar-se uma quinta roda, ou um sistema de medição de velocidade sem contacto.

4.1.3 Preparação da pista de ensaio e condições de rega da pista

A superfície da pista de ensaio é regada, no mínimo, meia hora antes do ensaio, a fim de igualar a temperatura do pavimento e a temperatura da água. Durante todo o ensaio deve proceder-se, sem interrupção, à rega externa da pista. Em toda a área de ensaio, a profundidade da água deve ser de $1,0 \pm 0,5$ mm medida a partir do ponto mais elevado do pavimento.

A pista de ensaio deve ser, em seguida, preparada, mediante a realização de, pelo menos, dez ensaios com pneus que não intervêm no programa de ensaio a 90 km/h.

4.1.4 Pneus e jantes

4.1.4.1 Preparação e rodagem dos pneus

Os pneus de ensaio são aparados para remover todas as protuberâncias na superfície de rodagem causadas pelas ventilações de ar da forma, ou rebarbas nas junções da forma.

Os pneus de ensaio são montados na jante de ensaio declarada pelo fabricante do pneu.

Deve obter-se uma boa sede de talão mediante a utilização de um lubrificante adequado. A utilização excessiva de lubrificante deve ser evitada para impedir que o pneu deslize na jante da roda.

As montagens de pneus/jantes para ensaio devem ser armazenadas num local durante, no mínimo, duas horas, de modo a que todos estejam à mesma temperatura ambiente antes do ensaio. Devem ser protegidos do sol para evitar aquecimento excessivo por radiação solar.

Para a rodagem dos pneus devem efectuar-se dois ensaios de travagem.

4.1.4.2 Carga dos pneus

A carga estática sobre cada pneu do eixo deve situar-se entre 60 % e 90 % da capacidade de carga ensaiada do pneu. As cargas dos pneus sobre o mesmo eixo não poderão apresentar mais de 10 % de diferença.

4.1.4.3 Pressão de enchimento do pneu

Nos eixos frontal e traseiro, as pressões de enchimento deverão ser de 220 kPa [para pneus normais e de carga extra (*extra load*)]. A pressão dos pneus deve ser verificada mesmo antes do ensaio, à temperatura ambiente, e ajustada, se for caso disso.

4.1.5 Procedimento

4.1.5.1 Realização do ensaio

Para cada corrida de ensaio é aplicável o seguinte procedimento de ensaio:

- (1) O veículo de passageiros é acelerado em linha recta até 85 ± 2 km/h.
- (2) Assim que o veículo de passageiros tiver atingido 85 ± 2 km/h, os travões são sempre accionados no mesmo local da pista de ensaio, designado como "ponto de início de travagem", com uma tolerância longitudinal de 5 m e uma tolerância transversal de 0,5 m.
- (3) Os travões devem accionados ou automaticamente, ou manualmente.
 - (i) A activação automática dos travões é efectuada mediante um sistema de detecção constituído por duas partes, uma indexada à pista de ensaio e outra a bordo do veículo de passageiros.
 - (ii) O accionamento manual dos travões está dependente do tipo de transmissão, como se indica a seguir. Em ambos os casos, é necessário exercer uma força mínima de 600 newtons no pedal.

Para a transmissão manual, o piloto deve libertar o pedal da embraiagem e pressionar vigorosamente o pedal do travão, mantendo-o pressionado a fundo durante o tempo necessário para executar a medição.

Para a transmissão automática, o piloto deve seleccionar o ponto morto e pressionar então o pedal do travão vigorosamente, mantendo-o pressionado durante o tempo necessário para executar a medição.

- (4) A desaceleração média é calculada entre 80 km/h e 20 km/h.

Se qualquer das condições mencionadas acima não forem cumpridas quando uma corrida de ensaio é feita (incluindo a tolerância de velocidade, a tolerância longitudinal e transversal do ponto de início da travagem e o tempo de travagem), a medição é rejeitada e é feita uma nova corrida de ensaio.

4.1.5.2 Ciclo de ensaio

Para medir o índice de aderência em pavimento molhado de um jogo de pneus candidatos (T) realiza-se um certo número de ensaios, de acordo com o procedimento seguinte, em que cada ensaio é efectuado na mesma direcção, podendo efectuar-se medições com, no máximo, três jogos diferentes de pneus candidatos no mesmo ciclo de ensaio:

- (1) Em primeiro lugar, o jogo de pneus de referência é montado no veículo de passageiros provido de instrumentos.
- (2) Depois de realizadas, pelo menos, três medições válidas, em conformidade com a secção 4.1.5.1, o jogo de pneus de referência é substituído por um jogo de pneus candidatos.
- (3) Depois de realizadas seis medições válidas dos pneus candidatos, podem medir-se mais dois jogos de pneus candidatos.
- (4) O ciclo de ensaios é concluído com mais três medições válidas do mesmo jogo de pneus de referência utilizado no início do ciclo de ensaios.

EXEMPLOS:

- A ordem de corrida para um ciclo de ensaio de três jogos de pneus candidatos (T1 a T3) mais um jogo de pneus de referência (R) deve ser a seguinte:

$$R-T1-T2-T3-R$$

- A ordem de corrida para um ciclo de ensaio de cinco jogos de pneus candidatos (T1 a T5) mais um jogo de pneus de referência (R) deve ser a seguinte:

$$R-T1-T2-T3-R-T4-T5-R$$

4.1.6 *Processamento dos resultados das medições*4.1.6.1 *Cálculo da desaceleração média (AD)*

A desaceleração média (AD) é calculada em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ para cada série de corridas de ensaio válida, do seguinte modo:

$$AD = \left| \frac{S_f^2 - S_i^2}{2d} \right|$$

em que:

S_f é a velocidade final em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $S_f = 20 \text{ km/h} = 5,556 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

S_i é a velocidade inicial em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $S_i = 80 \text{ km/h} = 22,222 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

d é a distância percorrida em m entre S_i e S_f .

4.1.6.2 *Validação de resultados*

O coeficiente de variação AD é calculado do seguinte modo:

$$(\text{Desvio-padrão} / \text{valor médio}) \times 100$$

Para os pneus de referência (R): Se o coeficiente de variação AD de quaisquer dois grupos consecutivos de três corridas de ensaio do jogo de pneu de referência for superior a 3 %, todos os dados devem ser rejeitados e o ensaio deve ser repetido para todos os pneus do ensaio (os pneus candidatos e os pneus de referência).

Para os pneus candidatos (T): Os coeficientes de variação AD são calculados para todos os jogos de pneus candidatos. Se um coeficiente de variação for superior a 3 %, os dados devem ser rejeitados e o ensaio deve ser repetido para esse jogo de pneus candidatos.

4.1.6.3 *Cálculo da desaceleração média ajustada (Ra)*

A desaceleração média (AD) do jogo de pneus de referência utilizado para o cálculo do seu coeficiente de força de travagem é ajustada de acordo com a posição de cada jogo de pneus candidatos num dado ciclo de ensaios.

A referida desaceleração média (AD) ajustada dos pneus de referência (Ra) é calculada em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, em conformidade com o quadro 1, em que R_1 é a média dos valores de AD no primeiro ensaio do jogo de pneus de referência (R) e R_2 é a média dos valores de AD no segundo ensaio do mesmo jogo de pneus de referência (R).

Quadro 1

Número de jogos de pneus candidatos num ciclo de ensaios	Jogo de pneus candidatos	Ra
1 (R_1-T1-R_2)	T1	$Ra = 1/2 (R_1 + R_2)$
2 ($R_1-T1-T2-R_2$)	T1	$Ra = 2/3 R_1 + 1/3 R_2$
	T2	$Ra = 1/3 R_1 + 2/3 R_2$
3 ($R_1-T1-T2-T3-R_2$)	T1	$Ra = 3/4 R_1 + 1/4 R_2$
	T2	$Ra = 1/2 (R_1 + R_2)$
	T3	$Ra = 1/4 R_1 + 3/4 R_2$

4.1.6.4 Cálculo do coeficiente de força de travagem (BFC)

O coeficiente de força de travagem (Braking Force Coefficient – BFC) é calculado para uma travagem nos dois eixos, em conformidade com o quadro 2, em que Ta ($a = 1, 2$ ou 3) é a média dos valores AD para cada jogo de pneus candidatos (T) utilizado num ciclo de ensaios.

Quadro 2

Pneu de ensaio	Coeficiente de força de travagem
Pneu de referência	$BFC(R) = Ra/g $
Pneu candidato	$BFC(T) = Ta/g $

g é a aceleração devida à gravidade, $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

4.1.6.5 Cálculo do índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato

O índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato ($G(T)$) é calculado do seguinte modo:

$$G(T) = \left[\frac{BFC(T)}{BFC(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{BFC(R)}{BFC(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

em que:

- t é a temperatura da superfície molhada medida em graus Celsius quando o pneu candidato (T) é submetido a ensaio
- t_0 é a condição de temperatura de referência da superfície molhada, $t_0 = 20 \text{ °C}$ para os pneus normais e $t_0 = 10 \text{ °C}$ para os pneus de neve
- $BFC(R_0)$ é o coeficiente de força de travagem para o pneu de referência nas condições de referência, $BFC(R_0) = 0,68$
- $a = - 0,4232$ e $b = - 8,297$ para pneus normais, $a = 0,7721$ e $b = 31,18$ para pneus de neve

4.1.7 Comparação de desempenho de aderência em pavimento molhado de um pneu candidato e de um pneu de referência utilizando um pneu de controlo

4.1.7.1 Enquadramento

Quando o tamanho do pneu candidato difere significativamente do tamanho do pneu de referência, pode não ser possível realizar uma comparação directa no mesmo veículo de passageiros provido de instrumentos. Este método de ensaio utiliza um pneu intermédio, a seguir denominado pneu de controlo, como definido no ponto 5 da secção 2.

4.1.7.2 Princípio da abordagem

O princípio é a utilização de um jogo de pneus de controlo e de dois veículos diferentes de passageiros providos de instrumentos para comparar um jogo de pneus candidatos com um jogo de pneus de referência no âmbito do ciclo de ensaios.

Um veículo de passageiros provido de instrumentos é equipado com um jogo de pneus de referência, seguido pelo jogo de pneus de controlo e o outro com o jogo de pneus de controlo, seguido pelo jogo de pneus candidatos.

São aplicáveis as especificações constantes das secções 4.1.2 a 4.1.4.

O primeiro ciclo de ensaios é uma comparação entre o jogo de pneus de controlo e o jogo de pneus de referência.

O segundo ciclo de ensaios é uma comparação entre o jogo de pneus candidatos e o jogo de pneus de controlo. É realizado na mesma pista de ensaios e no mesmo dia que o primeiro ciclo de ensaios. A temperatura da superfície molhada deve estar dentro de uma margem de $\pm 5 \text{ °C}$ relativamente à temperatura do primeiro ciclo de ensaios. Deve ser utilizado o mesmo jogo de pneus de controlo para o primeiro e o segundo ciclos de ensaios.

O índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato ($G(T)$) é calculado do seguinte modo:

$$G(T) = G_1 \times G_2$$

em que:

— G_1 é o índice relativo de aderência em pavimento molhado do pneu de controlo (C) comparado com o pneu de referência (R), calculado do seguinte modo:

$$G_1 = \left[\frac{BFC(C)}{BFC(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{BFC(R)}{BFC(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

— G_2 é o índice relativo de aderência em pavimento molhado do pneu candidato (T) tomando como base o do pneu de controlo (C), calculado do seguinte modo:

$$G_2 = \frac{BFC(T)}{BFC(C)}$$

4.1.7.3 Armazenamento e conservação

É necessário que todos os pneus de um jogo de pneus de controlo tenham sido armazenados nas mesmas condições. Logo que o jogo de pneus de controlo tenha sido submetido a ensaio em comparação com o pneu de referência, devem aplicar-se as condições de armazenamento específicas definidas na norma ASTM E 1136-93 (Reaprovada em 2003).

4.1.7.4 Substituição dos pneus de referência e dos pneus de controlo

Quando os ensaios tenham provocado desgaste irregular ou danos, ou quando o desgaste influencie os resultados dos ensaios, a utilização do pneu deve cessar.

4.2 Método de ensaios utilizando um reboque atrelado a um veículo, ou um veículo de ensaio de pneus

4.2.1 Princípio

As medições são efectuadas em pneus de ensaio montados num reboque puxado por um veículo (a seguir, "veículo de reboque"), ou por um veículo de ensaio de pneus. O travão na posição de ensaio é accionado com firmeza até que um binário de travagem suficiente seja gerado para produzir a força de travagem máxima que irá ocorrer antes do bloqueio das rodas a uma velocidade de ensaio de 65 km/h.

4.2.2 Equipamento

4.2.2.1 Veículo de reboque e reboque ou veículo de ensaio de pneus

- O veículo de reboque ou o veículo de ensaio de pneus devem ser capazes de manter a velocidade especificada de 65 ± 2 km/h mesmo quando submetidos às forças de travagem máximas.
- O reboque ou o veículo de ensaio de pneus deve ser equipado com um lugar onde o pneu possa ser instalado para efeitos de medição, a seguir denominado "posição de ensaio", bem como com os seguintes acessórios:
 - (i) equipamento para o accionamento de travões na posição de ensaio;
 - (ii) um depósito de água para guardar água suficiente para alimentar o sistema de rega da superfície da estrada, a menos que se utilize a rega externa;
 - (iii) equipamento de controlo para registar os sinais de transdutores instalados na posição de ensaio e para manobrar a taxa de aplicação de água, se a opção de rega independente foi utilizada.
- A variação máxima das regulações de convergência e do ângulo de arqueamento para a posição de ensaio deve situar-se dentro de $\pm 0,5^\circ$ com carga vertical máxima. Os braços e casquilhos da suspensão devem ter a rigidez necessária para reduzir ao mínimo o movimento solto e garantir a conformidade com a aplicação das forças máximas de travagem. O sistema de suspensão deve fornecer capacidade adequada para transporte de carga adequada e estar concebido para isolar a ressonância da suspensão.
- A posição de ensaio deve estar equipada com um sistema de travagem automóvel normal ou especial, que possa aplicar binário de travagem suficiente para produzir o valor máximo da força longitudinal na roda de ensaio de travagem nas condições especificadas.
- O sistema de accionamento da travagem deve ser capaz de controlar o intervalo de tempo entre o accionamento inicial do travão e a força longitudinal de pico, conforme especificado na secção 4.2.7.1.

- O reboque ou o veículo de ensaio de pneus deve estar concebido para se adaptar às variedades de tamanhos dos pneus candidatos a ser submetidos a ensaio.
- O reboque ou o veículo de ensaio de pneus deve possuir dispositivos previstos para ajuste da carga vertical, conforme especificado na secção 4.2.5.2.

4.2.2.2 Equipamento de medição

- A posição da roda de ensaio no reboque ou no veículo de ensaio de pneus deve ser equipada com um sistema de medição da velocidade de rotação da roda e de transdutores para medir a força de travagem e a carga vertical na roda de ensaio.
- Requisitos gerais para o sistema de medição: O sistema de instrumentação deve estar em conformidade com os seguintes requisitos gerais a temperaturas ambientes entre 0 °C e 45 °C:
 - (i) precisão geral do sistema, força: $\pm 1,5\%$ da escala completa da carga vertical ou força de travagem;
 - (ii) precisão geral do sistema, velocidade: $\pm 1,5\%$ de velocidade ou $\pm 1,0$ km/h, segundo a que for maior.
- Velocidade do veículo: Para medir a velocidade do veículo deve utilizar-se uma quinta roda, ou um sistema de medição de precisão da velocidade sem contacto.
- Forças de travagem: Os transdutores de medição da força de travagem devem medir a força longitudinal gerada na interface pneu-estrada como resultado do accionamento do travão dentro de uma variação de 0 % até, no mínimo, 125 % da carga vertical aplicada. A concepção e a localização do transdutor devem reduzir ao mínimo os efeitos da inércia e as ressonâncias mecânicas induzidas por vibração.
- Carga vertical: O transdutor de medição de carga vertical deve medir a carga vertical na posição de ensaio durante o accionamento do travão. O transdutor deve ter as mesmas especificações descritas anteriormente.
- Sistema de preparação e registo dos sinais: Todo o equipamento de preparação e registo de sinais deve fornecer um resultado linear com os ganhos e resoluções de leitura de dados necessários para cumprir os requisitos especificados anteriormente. Além disso, serão aplicáveis os seguintes requisitos:
 - (i) A resposta a frequência mínima será constante de 0 Hz a 50 Hz (100 Hz) dentro de $\pm 1\%$ da escala completa.
 - (ii) A relação entre sinal e ruído deve ser de, no mínimo, 20/1.
 - (iii) O ganho deve ser suficiente para permitir a visualização em escala completa para o nível de sinal de entrada em escala completa.
 - (iv) A impedância de entrada deve ser, no mínimo, dez vezes maior do que a impedância de saída da fonte do sinal.
 - (v) O equipamento deve ser insensível a vibrações, acelerações e alterações da temperatura ambiente.

4.2.3 Preparação da pista de ensaio

A pista de ensaio deve estar preparada mediante a realização de, pelo menos, dez ensaios com pneus que não intervêm no programa de ensaio a 65 ± 2 km/h.

4.2.4 Rega da pista

O veículo de reboque e o reboque, ou o veículo de ensaio de pneus podem, facultativamente, estar equipados com um sistema de rega do pavimento, à excepção do depósito de armazenagem, que, no caso do reboque, está montado no veículo de reboque. A água aplicada ao pavimento diante dos pneus de ensaio provém de um bocal adequadamente concebido para assegurar que a camada de água que o pneu de ensaio encontra tem uma secção transversal uniforme à velocidade do ensaio, com um mínimo de salpicos e pulverização.

A configuração e a posição do bocal devem assegurar que os jactos de água são dirigidos para o pneu de ensaio e apontados para o pavimento a um ângulo de 20° a 30°.

A água é projectada para o pavimento a uma distância de 0,25 m a 0,45 m adiante do centro da zona de contacto do pneu. O bocal deve estar situado a 25 mm acima do pavimento, ou à altura mínima necessária para passar os obstáculos que o veículo de ensaio possa encontrar, mas não deve, em qualquer caso, estar a mais de 100 mm acima do pavimento.

A camada de água deve ser, no mínimo, 25 mm mais larga do que o piso do pneu de ensaio e aplicada de modo a que o pneu esteja situado centralmente entre os bordos. O débito de água deve ser suficiente para assegurar uma espessura de água de $1,0 \pm 0,5$ mm e deve ser mantido constante durante todo o ensaio com uma tolerância de ± 10 %. O volume de água por unidade de largura da superfície molhada deve ser directamente proporcional à velocidade de ensaio. A quantidade de água aplicada a 65 km/h é $18 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ por metro de largura da superfície molhada se a profundidade da água for de 1,0 mm.

4.2.5 Pneus e jantes

4.2.5.1 Preparação e rodagem do pneu

Os pneus de ensaio devem ser desbastados para remover todas as protuberâncias da superfície de rodagem causadas pelas ventilações de ar do molde, ou rebarbas nas junções do molde.

O pneu de ensaio deve ser montados na jante de ensaio declarada pelo fabricante dos pneus.

Deve obter-se um assentamento adequado do talão mediante a utilização de um lubrificante adequado. A utilização excessiva de lubrificante deve ser evitada para impedir deslizamento do pneu sobre a jante da roda.

As montagens de pneus / jantes para ensaio devem ser armazenadas num local durante, no mínimo, duas horas, de modo a ficarem todas à mesma temperatura ambiente antes do ensaio. Devem ser abrigadas do sol para evitar um aquecimento excessivo por radiação solar.

Para a rodagem dos pneus devem realizar-se dois ensaios de travagem com a carga, pressão e velocidade definidas nos pontos 4.2.5.2, 4.2.5.3 e 4.2.7.1, respectivamente.

4.2.5.2 Carga do pneu

A carga de ensaio do pneu de ensaio é de 75 ± 5 % da capacidade de carga ensaiada do pneu.

4.2.5.3 Pressão de enchimento dos pneus

A pressão de enchimento a frio dos pneus de ensaio deve ser de 180 kPa para os pneus de carga normal. Para os pneus de carga extra (*extra-load*), a pressão de enchimento a frio é de 220 kPa.

A pressão dos pneus deve ser verificada logo antes do ensaio, à temperatura ambiente e ajustada, se for caso disso.

4.2.6 Preparação do veículo de reboque e do reboque ou do veículo de ensaio de pneus

4.2.6.1 Reboque

Para os reboques de um eixo, a altura do engate e a posição transversal devem ser ajustadas quando o pneu de ensaio tenha sido carregado com a carga de ensaio especificada, a fim de evitar qualquer perturbação dos resultados de medição. A distância longitudinal do eixo do ponto de articulação do engate à linha central do eixo do reboque deve ser, no mínimo, igual a dez vezes a "altura do engate", ou "altura do acoplamento";

4.2.6.2 Instrumentação e equipamento

Instalar a quinta roda, quando seja utilizada, em conformidade com as especificações do fabricante e posicioná-la o mais perto possível da posição no meio da pista para o veículo de reboque, ou o veículo de ensaio de pneus.

4.2.7 Procedimento

4.2.7.1 Corrida de ensaio

Para cada ensaio é aplicável a seguinte corrida de ensaio:

- (1) O veículo de reboque ou o veículo de ensaio de pneus são conduzidos até à pista de ensaio em linha recta, à velocidade especificada para o ensaio de 65 ± 2 km/h.
- (2) Põe-se em marcha o sistema de registo.
- (3) Despeja-se água no pavimento à frente do pneu de ensaio, aproximadamente 0,5 s antes do accionamento do travão (para o sistema de rega interno).
- (4) Os travões do reboque são accionados a uma distância máxima de 2 metros de um ponto de medição das propriedades de fricção em superfície molhada e com uma profundidade de areia conforme com os pontos 4 e 5 da secção 3.1. A taxa de accionamento dos travões deve ser tal que o intervalo de tempo entre o accionamento inicial da força e a força longitudinal de pico se situe na gama de 0,2 s a 0,5 s.
- (5) Desliga-se o sistema de registo.

4.2.7.2 Ciclo de ensaios

Para a medição do índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato (T), realizam-se diversos ensaios, de acordo com o seguinte procedimento, em que cada ensaio deve ser realizado no mesmo ponto da pista de ensaio e na mesma direcção. No mesmo ciclo de ensaios podem efectuar-se medições, com, no máximo, três pneus candidatos, desde que os ensaios sejam completados dentro de um dia.

- (1) Primeiro, submete-se a ensaio o pneu de referência.
- (2) Depois de, no mínimo, seis medições válidas, efectuadas em conformidade com a secção 4.2.7.1, o pneu de referência é substituído pelo pneu candidato.
- (3) Depois de efectuadas seis medições válidas do pneu candidato, podem ser medidos mais dois pneus candidatos.
- (4) O ciclo de ensaios é encerrado com mais seis medições válidas do mesmo pneu de referência utilizado no início do ciclo de ensaios.

EXEMPLOS:

- A sequência de ensaios para um ciclo de ensaios de três pneus candidatos (T1 a T3), mais o pneu de referência (R), deve ser a seguinte:

R-T1-T2-T3-R

- A sequência de ensaios para um ciclo de ensaios de cinco pneus candidatos (T1 a T5), mais o pneu de referência (R), deve ser a seguinte:

R-T1-T2-T3-R-T4-T5-R

4.2.8 *Processamento dos resultados de medição*

4.2.8.1 *Cálculo do coeficiente de força de travagem de pico*

O coeficiente de força de travagem de pico do pneu (μ_{peak}) é o valor mais elevado de $\mu(t)$ antes de ocorrer o bloqueio da roda, calculado do seguinte modo para cada corrida de ensaio. Os sinais analógicos devem ser filtrados para remover ruídos. Os sinais registados digitalmente devem ser filtrados utilizando a técnica de média móvel.

$$\mu(t) = \left| \frac{fh(t)}{fv(t)} \right|$$

em que:

$\mu(t)$ é o coeficiente de força de travagem dinâmica do pneu em tempo real;

$fh(t)$ é a força de travagem dinâmica em tempo real, em newtons;

$fv(t)$ é a carga vertical dinâmica em tempo real, em newtons.

4.2.8.2 *Validação de resultados*

O coeficiente de variação μ_{peak} é calculado do seguinte modo:

$$(\text{desvio-padrão} / \text{valor médio}) \times 100.$$

Para os pneus de referência (R): Se o coeficiente de variação do coeficiente de força de travagem de pico (μ_{peak}) do pneu de referência for superior a 5 %, todos os dados devem ser rejeitados e o ensaio de ser repetido para todos os pneus de ensaio (o(s) pneu(s) candidato(s) e o pneu de referência).

Para o(s) pneu(s) candidato(s) (T): O coeficiente de variação do coeficiente de força de travagem de pico (μ_{peak}) é calculado para todos os pneus candidatos. Se um coeficiente de variação for superior a 5 %, os dados devem ser rejeitados e o ensaio deve ser repetido para esse pneu candidato.

4.2.8.3 *Cálculo do valor médio ajustado do coeficiente de força de travagem de pico*

O valor médio do coeficiente de força de travagem de pico do pneu de referência utilizado para o cálculo do seu coeficiente de força de travagem é ajustado de acordo com a posição de todos os pneus candidatos num dado ciclo de ensaios.

O referido valor médio ajustado do coeficiente de força de travagem de pico do pneu de referência (R_a) é calculado em conformidade com o quadro 3, em que R_1 é o valor médio do coeficiente de travagem de pico do pneu no primeiro ensaio do pneu de referência (R) e R_2 é o valor médio do coeficiente de travagem de pico do pneu no segundo ensaio do mesmo pneu de referência (R).

Quadro 3

Número de pneus candidatos num ciclo de ensaios	Pneu candidato	Ra
1 (R ₁ -T1-R ₂)	T1	Ra = 1/2 (R ₁ + R ₂)
2 (R ₁ -T1-T2-R ₂)	T1	Ra = 2/3 R ₁ + 1/3 R ₂
	T2	Ra = 1/3 R ₁ + 2/3 R ₂
3 (R ₁ -T1-T2-T3-R ₂)	T1	Ra = 3/4 R ₁ + 1/4 R ₂
	T2	Ra = 1/2 (R ₁ + R ₂)
	T3	Ra = 1/4 R ₁ + 3/4 R ₂

4.2.8.4 Cálculo do valor médio do coeficiente de força de travagem de pico de um pneu ($\mu_{peak,ave}$)

O valor médio dos coeficientes de força de travagem de pico ($\mu_{peak,ave}$) é calculado em conformidade com o quadro 4, em que Ta ($a = 1, 2$ ou 3) é o valor médio dos coeficientes de força de travagem de pico medidos para um pneu candidato num ciclo de ensaios.

Quadro 4

Pneu de ensaio	$\mu_{peak,ave}$
Pneu de referência	$\mu_{peak,ave}(R) = Ra$ como indicado no quadro 3
Pneu candidato	$\mu_{peak,ave}(T) = Ta$

4.2.8.5 Cálculo do índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato

O índice de aderência em pavimento molhado do pneu candidato ($G(T)$) é calculado do seguinte modo:

$$G(T) = \left[\frac{\mu_{peak,ave}(T)}{\mu_{peak,ave}(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{\mu_{peak,ave}(R)}{\mu_{peak,ave}(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

em que:

- t é a temperatura da superfície molhada medida em graus Celsius quando o pneu candidato (T) é submetido a ensaio
- t_0 é a condição da temperatura de referência do pavimento molhado
- $t_0 = 20$ °C para os pneus normais $t_0 = 10$ °C para os pneus de neve
- $\mu_{peak,ave}(R_0) = 0,85$ é o coeficiente de força de travagem de pico para o pneu de referência nas condições de referência
- $a = - 0,4232$ e $b = - 8,297$ para os pneus normais, $a = 0,7721$ e $b = 31,18$ para os pneus de neve

EXEMPLO 2: Relatório de ensaio do índice de aderência em pavimento molhado utilizando o método de veículo de passageiros

Piloto:		Data de ensaio:		Velocidade inicial (km/h):	
Pista:		Veículo de passageiros:		Velocidade final (km/h):	
	Profundidade da textura (mm):	Marca:			
	BPN:	Modelo:			
	Profundidade de água (mm):	Tipo:			

N.º	1	2	3	4	5	
Marca	Uniroyal	PNEU B	PNEU C	PNEU D	Uniroyal	
Concepção	ASTM F 2493 SRTT16"	CONCEPÇÃO B	CONCEPÇÃO C	CONCEPÇÃO D	ASTM F 2493 SRTT16"	
Tamanho	P225/60R16	TAMANHO B	TAMANHO C	TAMANHO D	P225/60R16	
Descrição de serviço	97S	LI/SS	LI/SS	LI/SS	97S	
Identificação de pneu	XXXXXXXXX	YYYYYYYYY	ZZZZZZZZZ	NNNNNNNNN	XXXXXXXXX	
Jante						
Pressão do eixo frontal (kPa)						
Pressão do eixo traseiro (kPa)						
Carga do eixo frontal (N)						
Temperatura do pavimento molhado (°C)						
Temperatura ambiente (°C)						
	Distância de travagem (m)	Desaceleração média (m/s ²)	Distância de travagem (m)	Desaceleração média (m/s ²)	Distância de travagem (m)	Desaceleração média (m/s ²)
Medições	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

N.º	1	2	3	4	5
AD média (m/s ²)					
Desvio-padrão (m/s ²)					
Validação de resultados Coeficiente de variação (%) < 3 %					
AD média ajustada do pneu de referência R_a (m/s ²)					
BFC(R) pneu de referência (SRTT16")					
BFC(T) pneu candidato					
Índice de aderência em pavimento molhado (%)»					