

Regulamento n.º 111 da Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas (CEE/NU) — Prescrições uniformes respeitantes à homologação dos veículos-cisterna das categorias N e O no que diz respeito à estabilidade à capotagem ⁽¹⁾

1. CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente regulamento trata da estabilidade à capotagem dos veículos-cisterna das categorias N₂, N₃, O₃ e O₄ ⁽²⁾ destinados ao transporte de mercadorias perigosas, tais como definidas no ADR ⁽³⁾.

2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do disposto no presente regulamento, entende-se por:

- 2.1. «Homologação de um veículo», a homologação de um tipo de veículo no que diz respeito à estabilidade à capotagem.
- 2.2. «Tipo de veículo», veículos que não apresentam entre si diferenças quanto às suas características essenciais tais como:
- 2.2.1. Categoria (ver n.º 1 acima) e tipo de veículo (camião, reboque, semi-reboque, reboque de eixo(s) central(is) ⁽⁴⁾).
- 2.2.2. Massa máxima tal como definida no n.º 2.4 a seguir.
- 2.2.3. Secção transversal da cisterna (circular, elíptica, maxi-volume).
- 2.2.4. Altura máxima do centro de gravidade do veículo carregado.
- 2.2.5. Repartição da massa pelos eixos (incluindo o prato de engate).
- 2.2.6. Número e disposição dos eixos (incluindo o espaçamento dos eixos).
- 2.2.7. Arranjo da suspensão no que diz respeito às características de balanço.
- 2.2.8. Dimensões e estrutura dos pneumáticos (radial ou diagonal).
- 2.2.9. Via de cada eixo.
- 2.2.10. Distância entre eixos.
- 2.3. «Veículo em carga», salvo outra menção, um veículo carregado com a sua «massa máxima».

⁽¹⁾ Regulamento da Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas publicado conforme às disposições do n.º 5 do artigo 4.º, da Decisão 97/836/CE do Conselho (JO L 346 de 17.12.1997, p. 78).

⁽²⁾ Categorias N e O tais como definidas no anexo 7 da Resolução de conjunto sobre a construção dos veículos (R.E.3) (documento TRANS/WP.29/78/Rev. 1).

⁽³⁾ Acordo Europeu relativo ao transporte rodoviário internacional de mercadorias perigosas (ADR).

⁽⁴⁾ Tipo de veículo conforme definido no anexo 7 da Resolução de conjunto sobre a construção dos veículos (R.E.3) (documento TRANS/WP.29/78/Rev. 1).

- 2.4. «Massa máxima», a massa máxima tecnicamente admissível declarada pelo fabricante do veículo (que pode ser superior à «massa máxima admissível» fixada pela autoridade nacional).
- 2.5. «Distribuição da massa pelos eixos», a parte da massa máxima admissível suportada por cada eixo, de acordo com as indicações do fabricante.
- 2.6. «Altura nominal da suspensão», a distância entre o centro da roda e um dado ponto do quadro, de acordo com as indicações do fabricante.

3. PEDIDO DE HOMOLOGAÇÃO

- 3.1. O pedido de homologação de um tipo de veículo no que diz respeito à estabilidade à capotagem deve ser apresentado pelo fabricante do veículo ⁽⁵⁾ ou seu mandatário devidamente acreditado.
- 3.2. Deve ser acompanhado dos documentos acima mencionados, em triplicado, e das seguintes informações:
 - 3.2.1. Descrição pormenorizada do tipo de veículo no que diz respeito aos pontos 2.2. Os números e/ou símbolos de identificação do tipo de veículo devem ser indicados.
 - 3.2.2. Fotografias e/ou planos e esquemas do veículo ou representando o veículo deste tipo em alçado frontal, lateral e traseiro.
 - 3.2.3. Indicação da massa do veículo, tal como definida no n.º 2.4.
- 3.3. Deve ser apresentado ao serviço técnico encarregado dos ensaios de homologação um veículo representativo do tipo de veículo homologado.

4. HOMOLOGAÇÃO

- 4.1. Se o veículo apresentado para homologação nos termos do presente regulamento satisfizer os requisitos do n.º 5 a seguir, deve ser concedida a homologação desse tipo de veículo.
- 4.2. Cada homologação inclui a atribuição de um número de homologação cujos dois primeiros algarismos (no caso presente, 00 para o regulamento sob a sua forma inicial) indicam a série de alterações que correspondem às mais recentes modificações técnicas importantes introduzidas no regulamento na data de emissão da homologação. A mesma parte contratante não pode atribuir o mesmo número a outro tipo de veículo.
- 4.3. A homologação, a extensão, a recusa ou a revogação da homologação ou a interrupção definitiva da produção de um tipo de veículo nos termos do presente regulamento deve ser notificada às partes contratantes no acordo que aplicam o presente regulamento através do envio de um formulário conforme com o modelo do anexo 1 e de fotografias e/ou planos ou esquemas fornecidos pelo requerente da homologação, num formato que não exceda o formato A4 (210 × 297 mm) ou dobrados nesse formato e a uma escala adequada.
- 4.4. A cada um dos veículos que seja conforme com o tipo homologado nos termos do presente regulamento deve ser afixada de forma bem visível, num local facilmente acessível indicado no formulário de homologação, uma marca internacional de homologação constituída por:

⁽⁵⁾ Fabricante do veículo de base ou responsável pela montagem final do veículo-cisterna.

- 4.4.1. Um círculo envolvendo a letra «E» seguida do número distintivo do país que concedeu a homologação ⁽⁶⁾.
- 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 com um tipo de veículo homologado nos termos de um ou mais dos regulamentos anexados ao acordo no país que concedeu a homologação nos termos do presente regulamento, o símbolo previsto no ponto 4.4.1 não terá de ser repetido; nesse caso, os números dos regulamentos e das homologações e os símbolos adicionais que dizem respeito a todos os regulamentos ao abrigo dos quais tenha sido concedida a homologação nesse mesmo país devem ser colocados em colunas verticais à direita do símbolo previsto no n.º 4.4.1.
- 4.6. A marca de homologação deve ser claramente legível e indelével.
- 4.7. A marca de homologação deve ser aposta na chapa do veículo ou imediatamente ao seu lado.
- 4.8. O anexo 2 do presente regulamento dá exemplos de marcas de homologação.
5. PRESCRIÇÕES RELATIVAS AOS ENSAIOS
- 5.1. O veículo deve ser submetido:
- 5.1.1. A um ensaio em plataforma basculante, executado em conformidade com o anexo 3 do presente regulamento, concebido para simular o comportamento em curva de raio constante sem oscilações, ou então
- 5.1.2. A uma série de cálculos de acordo com o método apresentado no anexo 4 do presente regulamento. Em caso de dúvida ou de litígio, será necessário proceder ao ensaio em plataforma basculante.
- 5.2. Os resultados do ensaio em plataforma basculante ou dos cálculos são considerados como satisfatórios se as condições enunciadas nos n.ºs 5.3 e 5.4 forem respeitadas.
- 5.3. *Crítérios de estabilidade*
- 5.3.1. O comportamento do veículo, determinado em conformidade com as disposições do anexo aplicável (anexo 3 ou 4) do presente regulamento, deve satisfazer um dos seguintes critérios, sob reserva do n.º 5.1.2:
- 5.3.1.1. Ensaio em plataforma basculante:
- A estabilidade do veículo aquando do ensaio estático deve ser tal que não haja capotagem do veículo quando a plataforma fizer um ângulo de 23°, nos dois sentidos.
- Se o veículo não satisfizer um dos três ensaios em relação a uma dada direcção (direita ou esquerda), pode ser submetido a um (novo) ensaio adicional.

⁽⁶⁾ 1 para a Alemanha, 2 para a França, 3 para a Itália, 4 para os Países Baixos, 5 para a Suécia, 6 para a Bélgica, 7 para a Hungria, 8 para a República Checa, 9 para a Espanha, 10 para a Jugoslávia, 11 para o Reino Unido, 12 para a Áustria, 13 para o Luxemburgo, 14 para a Suíça, 15 (não utilizado), 16 para a Noruega, 17 para a Finlândia, 18 para a Dinamarca, 19 para a Roménia, 20 para a Polónia, 21 para Portugal, 22 para a Federação Russa, 23 para a Grécia, 24 (não utilizado), 25 para a Croácia, 26 para a Eslovénia, 27 para a Eslováquia, 28 para a Bielorrússia, 29 para a Estónia, 30 (não utilizado), 31 para a Bósnia-Herzegovina, 32-36 (não utilizados) e 37 para a Turquia. Serão atribuídos números subsequentes a outros países pela ordem cronológica em que ratificarem ou aderirem ao Acordo relativo à adopção de condições uniformes de homologação e ao reconhecimento recíproco da homologação de equipamentos e peças de veículos a motor, e os números assim atribuídos serão comunicados pelo secretário-geral da Organização das Nações Unidas às partes contratantes no acordo.

5.3.1.2. Método de cálculo:

A estabilidade do veículo deve ser tal que, quando sujeito a uma aceleração lateral estabilizada de 4 m/s^2 , não haja capotagem

5.4. *Requisitos particulares*

Não se deve produzir contacto entre elementos do veículo não passíveis de se tocarem em condições normais de utilização.

6. MODIFICAÇÃO DO TIPO DE VEÍCULO E EXTENSÃO DE UMA HOMOLOGAÇÃO

6.1. Qualquer modificação do tipo de veículo definido no n.º 2.2 (por exemplo, o quadro, a carroçaria, a suspensão ou a configuração dos eixos, etc.) deve ser notificada ao serviço administrativo que homologou esse tipo de veículo. Esse serviço pode então:

6.1.1. Considerar que as modificações introduzidas não são susceptíveis de produzir efeitos negativos significativos e que o veículo continua em todo o caso a obedecer aos requisitos estabelecidos.

6.1.2. Ou exigir um novo relatório de ensaio do serviço técnico responsável pela condução dos ensaios.

6.2. A confirmação ou recusa da homologação, com indicação das modificações ocorridas, deve ser notificada às partes contratantes no acordo que aplicam o presente regulamento através do procedimento indicado no n.º 4.3.

6.3. A autoridade competente responsável pela extensão da homologação deve atribuir um número de série a cada formulário de comunicação preenchido para uma extensão e informar desse facto as restantes partes através de um formulário de comunicação conforme com o modelo apresentado no anexo 2 do presente regulamento.

7. CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

Os procedimentos da conformidade da produção devem ser conformes com os definidos no apêndice 2 do Acordo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/5057 Rev. 2) e satisfazer os seguintes requisitos:

7.1. Os veículos homologados nos termos do presente regulamento devem ser fabricados de modo a estarem em conformidade com o tipo homologado e satisfazer os requisitos do n.º 5.

7.2. A autoridade competente que concedeu a homologação pode verificar em qualquer ocasião os métodos de controlo da conformidade aplicáveis a cada unidade de produção. A frequência normal dessas verificações é de dois em dois anos.

8. SANÇÕES POR NÃO-CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

8.1. A homologação concedida a um tipo de veículo nos termos do presente regulamento pode ser revogada se os requisitos enunciados no ponto 7.1 não forem cumpridos ou se os veículos seleccionados não forem aprovados nos controlos mencionados no n.º 7.2.

8.2. Se uma parte contratante no acordo que aplique o presente regulamento revogar uma homologação que havia previamente concedido, deve notificar imediatamente desse facto as restantes partes contratantes que apliquem o regulamento, utilizando um formulário conforme com o modelo apresentado no anexo 1 do presente regulamento.

9. INTERRUPTÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

Se o detentor de uma homologação cessar definitivamente o fabrico de um tipo de veículo homologado nos termos do presente regulamento, deve informar desse facto a autoridade que concedeu a homologação que, por sua vez, informará as partes no acordo de 1958 que apliquem o presente regulamento através de um formulário de comunicação conforme com o modelo apresentado no anexo 1 do presente regulamento.

10. NOMES E MORADAS DOS SERVIÇOS TÉCNICOS RESPONSÁVEIS PELA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE HOMOLOGAÇÃO E DOS RESPECTIVOS SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS

As partes contratantes no acordo de 1958 que aplicam o presente regulamento devem comunicar ao Secretariado da Organização das Nações Unidas os nomes e moradas dos serviços técnicos responsáveis pela realização de ensaios de homologação e dos serviços administrativos que concedem essas homologações e aos quais devem ser enviados os formulários de concessão, extensão, recusa ou revogação da homologação emitidos por outros países.

ANEXO 1

Comunicação

[Formato máximo: A4 (210 x 297 mm)]



Emitido por: designação da administração:

.....

.....

.....

referente a ⁽²⁾: CONCESSÃO DE HOMOLOGAÇÃO

EXTENSÃO DE HOMOLOGAÇÃO

RECUSA DE HOMOLOGAÇÃO

REVOGAÇÃO DE HOMOLOGAÇÃO

INTERRUPÇÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

de um tipo de veículo no que diz respeito à sua estabilidade à capotagem nos termos do Regulamento n.º III

Homologação n.º Extensão n.º

1. Designação comercial ou marca do veículo:
2. Categoria do veículo: N₂ /N₃ /O₃ /O₄ ⁽²⁾
3. Tipo de veículo:
 - 3.1. Quadro; marca, modelo, tipo:
 - 3.2. Cisterna; marca, modelo:
 - 3.3. Cisterna monocoque: sim/não ⁽²⁾
4. Nome e morada do fabricante:
5. Nome e morada do eventual mandatário do fabricante:
6. Massa do veículo:
 - 6.1. Massa máxima do veículo:
 - 6.2. Massa da cisterna em carga:
 - 6.3. Distribuição da massa máxima pelos eixos:
 - 6.4. No caso de um semi-reboque ou de um reboque de eixo(s) central(is), carga estática sobre o ponto de engate:
7. Secção transversal da cisterna: circular/elíptica/maxi-volume ⁽²⁾
8. Altura do centro de gravidade do veículo em carga:

9. Eixos:
- 9.1. Número e disposição dos eixos (incluindo o espaçamento dos eixos):
- 9.2. Arranjo da suspensão no que diz respeito às características de rolamento:
- 9.3. Altura nominal da suspensão e localização da marca ⁽³⁾:
- 9.4. Dimensões e estrutura dos pneumáticos (radial ou diagonal) ⁽²⁾
- 9.5. Via de cada eixo:
10. Distância entre eixos:
11. Condições de ensaios:
- 11.1. Massa do veículo aquando do ensaio:

Eixo n.º	Carga (em kg)
Total	

- 11.2. Força exercida no prato de engate do veículo tractor ou sobre o engate do reboque de eixo(s) central(is):
- 11.3. Coeficiente de enchimento da carga de ensaio (% de enchimento da cisterna):
- 11.4. Carga de ensaio (água, etc.):
12. Data em que o veículo foi apresentado para os ensaios de homologação:
13. Serviço técnico responsável pela execução dos ensaios de homologação:
14. Data do relatório de ensaio emitido pelo serviço técnico:
15. Número do relatório de ensaio emitido pelo serviço técnico:
16. Ensaio em plataforma basculante/método de cálculo ⁽²⁾
17. A homologação foi objecto de concessão/recusa/extensão/revogação ⁽²⁾
18. Posição da marca de homologação no veículo:
19. Local:
20. Data:
21. Assinatura:
22. Apresenta-se em anexo uma lista dos documentos que compõem o processo de homologação entregue ao serviço administrativo que concedeu a homologação; pode-se obter uma cópia mediante pedido.

⁽¹⁾ Número distintivo do país que procedeu à concessão/revogação/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições de homologação no texto do regulamento).

⁽²⁾ Riscar o que não interessa.

⁽³⁾ Se o veículo estiver equipado com um sistema de regulação da altura, é necessário indicá-lo.

ANEXO 2

Exemplos de marcas de homologação

MODELO A

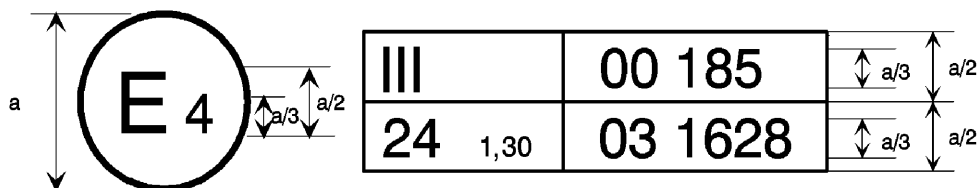
(ver n.º 4.5 do presente regulamento)

 $a \geq 8 \text{ mm min.}$

A marca de homologação acima indicada, afixada num veículo, mostra que o tipo de veículo em causa foi homologado nos Países Baixos (E4) no que diz respeito à sua estabilidade à capotagem, nos termos do Regulamento n.º III. Os dois primeiros algarismos do número de homologação indicam que a homologação foi concedida em conformidade com o disposto no Regulamento n.º III na sua forma original

MODELO B

(ver n.º 4.6 do presente regulamento)

 $a \geq 8 \text{ mm min.}$

A marca de homologação acima indicada, afixada num veículo, mostra que o tipo de veículo em causa foi homologado nos Países Baixos (E4) nos termos dos Regulamentos n.ºs III e n.º 24 ⁽¹⁾. (No caso deste último, o símbolo adicional que se segue ao número do regulamento indica que o coeficiente de absorção corrigido é de 1,30 m⁻¹.) Os dois primeiros algarismos dos números de homologação indicam que a homologação foi concedida em conformidade com as disposições do Regulamento n.º III na sua forma original e do Regulamento n.º 24 incluindo a série 03 de alterações.

⁽¹⁾ Este último número é dado apenas a título de exemplo.

ANEXO 3

Ensaio estático em plataforma basculante

1. DEFINIÇÕES

Para efeitos do disposto no presente ensaio, entende-se por:

«Limiar de capotagem», o instante em que todas as rodas situadas do mesmo lado do veículo perdem contacto com a superfície da plataforma basculante.

2. DISPOSIÇÕES GERAIS

2.1. *Plataforma basculante*

É necessário utilizar uma superfície rígida. Os pneumáticos podem ser calçados contra um bloco com um rebordo de segurança para evitar o deslizamento lateral, desde que o bloco de segurança não falseie os resultados do ensaio.

2.2. *Velocidade do vento*

Se a plataforma basculante for instalada ao ar livre, a velocidade do vento não deve exceder 3 m/s, se este soprar lateralmente em relação ao veículo, ou 5 m/s, se soprar de outra direcção.

2.3. *Pneumáticos*

Os pneumáticos devem ser cheios às pressões prescritas pelo fabricante do veículo para o veículo submetido ao ensaio, em condição de carga. A pressão de enchimento deve ser medida a frio, com uma tolerância $\pm 2\%$.

2.4. *Órgãos de funcionamento*

2.4.1. Todos os órgãos de funcionamento do veículo susceptíveis de influenciar os resultados do ensaio (estado e regulação das molas e outros órgãos de suspensão, regulação geométrica da suspensão, etc.) devem estar conformes com as especificações do fabricante.

2.4.2. Os sistemas de correcção de altura devem ser tornados inoperativos durante o ensaio para evitar um enchimento ou esvaziamento dos elementos de suspensão durante este último. Se existirem sistemas de equilibragem lateral, devem ser postos fora de serviço, excepto se se tratar de sistemas com um tempo de resposta muito curto, e inferior a um segundo.

3. PRECISÃO DAS MEDIÇÕES

3.1. O ângulo de inclinação da plataforma basculante deve ser medido com uma precisão superior a 0,3°.

4. VEÍCULOS QUE NÃO SEJAM VEÍCULOS A MOTOR

4.1. Se o veículo for um reboque de eixo(s) central(is), pode ser submetido ao ensaio atrelado a um veículo a motor. Pode ser utilizado qualquer veículo a motor, substituto ou suporte que tenha um sistema de engate e uma altura adequados, não sendo os resultados de ensaio falseados por esse facto.

4.2. Se o veículo for um semi-reboque, deve ser submetido ao ensaio atrelado a um tractor ou a um substituto. O tractor/substituto terá influência nos resultados do ensaio. Convirá portanto utilizar um tractor/substituto de referência.

5. CONDIÇÕES DE CARGA DO VEÍCULO

Aquando do ensaio, o veículo deve normalmente estar carregado com a sua massa máxima. Tal significa um veículo-cisterna completamente carregado, sem todavia exceder a massa máxima admissível nem as massas máximas admissíveis por roda.

Se a carga normal do veículo-cisterna for uma mercadoria classificada como perigosa, esta pode ser substituída por água ou uma carga equivalente não perigosa. Se as condições normais de ensaio, a) completamente carregado ou b) massa máxima, não puderem ser reunidas com essa carga de ensaio, então:

- a) É aceitável um coeficiente de enchimento compreendido entre 100 % e 70 % da cisterna. Se, para o coeficiente de enchimento mínimo de 70 %, a massa total e/ou a força exercida nos eixos se mantiverem superiores à massa máxima admissível e à força máxima admissível exercida nos eixos, é necessário prever uma carga de ensaio de densidade inferior.

A distribuição da massa da cisterna (incluindo a carga de ensaio) pelos eixos deve ser proporcional às condições em carga máxima.

As cisternas com compartimentos devem ser objecto de um carregamento diferenciado de modo a que a altura do centro de gravidade de cada eixo ou grupo de eixos seja tão próxima quanto possível da do centro de gravidade real.

- b) O fabricante do veículo ⁽¹⁾ deve indicar um método de cálculo para determinar um novo ângulo de inclinação máxima da plataforma basculante aplicável para a carga de ensaio inferior.

6. MEDIDAS DE SEGURANÇA

Para evitar a capotagem completa do veículo, é necessário prever meios de retenção para este, que não devem influenciar os resultados do ensaio.

7. MÉTODO

O método consiste em aumentar muito progressivamente o ângulo de inclinação da plataforma até se atingir o ângulo máximo prescrito, ou até que o veículo se comece a voltar. O veículo é submetido ao ensaio com todos os elementos em linha recta paralela ao eixo da plataforma basculante de modo que nenhuma linha longitudinal média de um eixo esteja afastada mais de 25 mm.

Todos os eixos manobráveis do veículo devem ser bloqueados de modo a impedir o deslocamento lateral dos eixos e/ou que as rodas virem. Por outro lado, o veículo deve estar imobilizado no sentido longitudinal de modo a impedir o deslocamento para a frente ou para a retaguarda, desde que o método de imobilização não influencie os resultados do ensaio.

O veículo deve ser inclinado a taxas muito fracas, de 0,25°/s, ou menos.

Deve ser inclinado progressivamente três vezes tanto para a direita quanto para a esquerda do seu eixo longitudinal médio. Tendo em conta a influência dos efeitos de não-progressividade e de histerese dos órgãos elásticos e de engate do veículo, este deve ser retirado da plataforma entre os ensaios e cumprir um percurso destinado a neutralizar os efeitos do atrito e da histerese.

⁽¹⁾ Fabricante do veículo de base ou o responsável pela montagem final do veículo-cisterna.

ANEXO 4

Cálculo da estabilidade lateral

1. INTRODUÇÃO

Determina-se por cálculo a estabilidade lateral dos veículos-cisterna simulando um ensaio em pista circular em condições estabilizadas (raio constante e velocidade constante, portanto aceleração lateral constante). O método de cálculo tem em conta os principais factores que influenciam a estabilidade, tais como a altura do centro de gravidade, a via do veículo e todos os factores que influenciam um deslocamento lateral do centro de gravidade (resistência ao rolamento dos eixos, resistência ao rolamento da suspensão, etc.).

No caso dos semi-reboques, o comportamento do tractor será simulado por uma resistência ao rolamento de referência no cabeçote de engate.

As hipóteses em que se baseia o método de cálculo são as seguintes:

1. O centro de rolamento dos eixos está ao nível do solo.
2. A estrutura do veículo é rígida.
3. O veículo é simétrico em relação ao seu eixo médio longitudinal.
4. A deformação dos pneumáticos e a da suspensão são lineares.
5. A deformação lateral das suspensões é nula.

2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do cálculo, entende-se por:

«Bogie», um grupo de eixos dotado de um sistema de repartição das cargas, tal que se obtenha uma carga nula simultaneamente em todas as rodas de um mesmo lado.

3. SÍMBOLOS (ver também figura 1)

i	(-)	=	índice do eixo ou da bogie; ($i = 1 - n$, eixo ou bogie da frente a -; $i = T$, todos os eixos ou bogies; $i = M$, eixo ou bogie com a maior resistência ao rolamento; no caso dos semi-reboques apenas, $i = K$, prato de atrelagem)
m_i	(m)	=	altura nominal do centro de rolamento da suspensão
A_i	(kN)	=	carga no eixo ou na bogie
C_{DG_i}	(kNm/rad)	=	resistência ao rolamento da suspensão no centro de rolamento do eixo
C_{DGM_i}	(kNm/rad)	=	resistência equivalente ao rolamento da suspensão ao nível do solo
C_{DR_i}	(kNm/rad)	=	resistência ao rolamento do eixo ou da bogie
C_{DRES_i}	(kNm/rad)	=	resistência ao rolamento combinada resolvida da suspensão ao nível solo
F_{RV_i}	(kN/m)	=	flexibilidade vertical do pneumático para cada eixo ou bogie (incluindo o duplo efeito dos pneumáticos duplos)
U_i	(kN)	=	massa não suspensa
T_{N_i}	(m)	=	via nominal
T_i	(m)	=	via teórica para um eixo ou bogie com pneumáticos duplos
F_E	(-)	=	factor de massa efectivo do eixo ou da bogie com a maior resistência ao rolamento
H_G	(m)	=	altura do centro de gravidade do veículo completo
H_N	(m)	=	altura do centro de gravidade da massa suspensa
MA	(m)	=	largura dos pneumáticos duplos
q_c	g	=	aceleração lateral corrigida no ponto de capotagem
q_M	g	=	aceleração lateral à descolagem da primeira roda
q_T	g	=	aceleração lateral máxima óptima no ponto de capotagem
g	(m/s ²)	=	aceleração da gravidade; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
ϑ_i	(rad)	=	pseudo-ângulo de rolamento do veículo à descolagem da roda
β	(deg)	=	ângulo equivalente de inclinação da plataforma

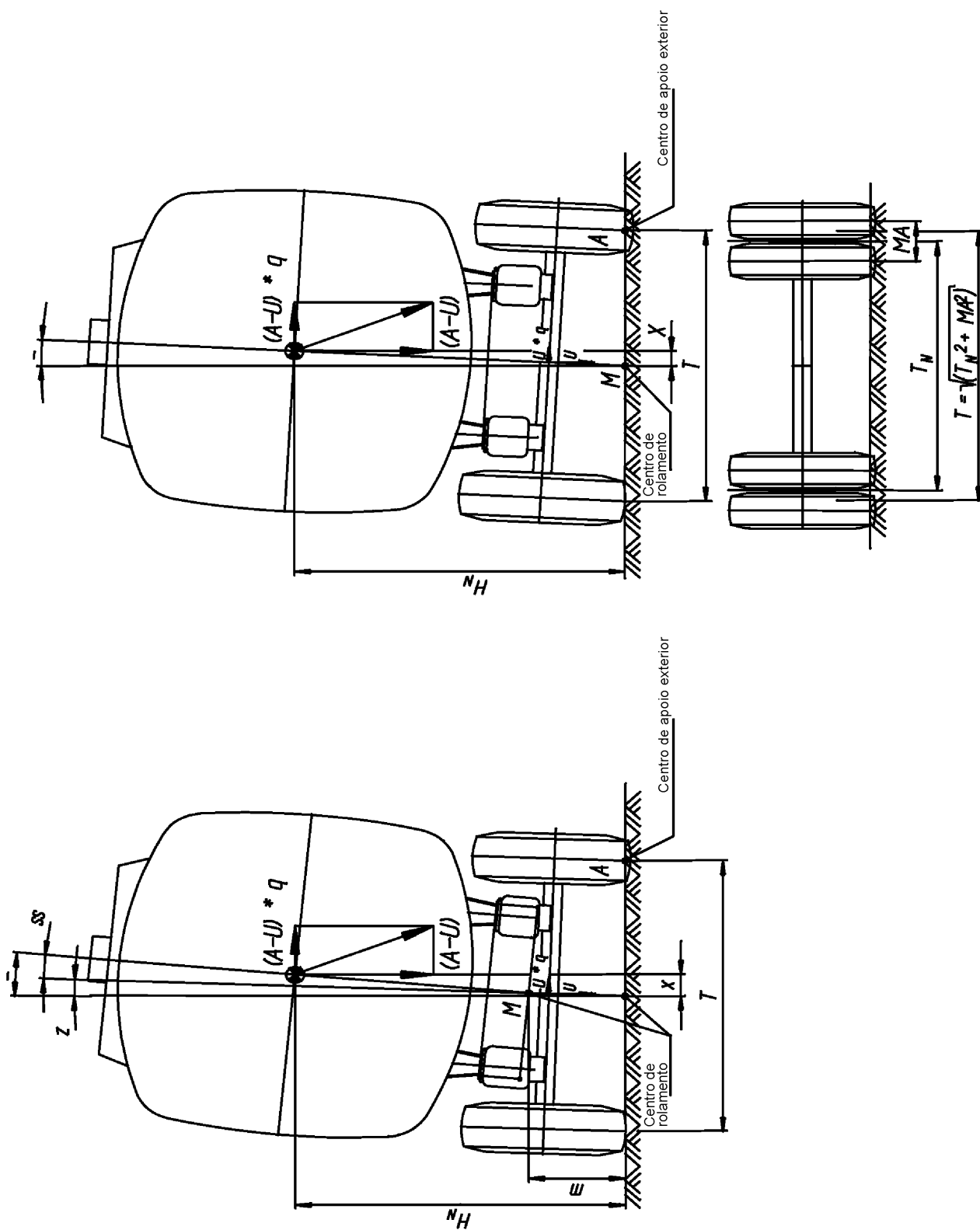


Figura 1: Corte transversal do veículo-cisterna

4. DISPOSIÇÕES GERAIS

Os sistemas de correcção de altura devem ser postos fora de acção.

5. REBOQUES

5.1. Se o reboque for um reboque com eixos espaçados, ou um reboque de eixo central, não é necessário ter em conta no cálculo os efeitos do engate no veículo tractor.

5.2. Se o reboque for um semi-reboque, o comportamento do tractor é simulado por uma resistência ao rolamento de referência no cabeçote de engate, que representa a inclinação em rolamento ao nível do solo devida à suspensão, aos pneumáticos, ao quadro e ao prato de engate do tractor.

6. CONDIÇÕES DE CARGA DO VEÍCULO

Para o ensaio, o veículo deve estar com a sua carga máxima. Este estado é o estado de um veículo-cisterna carregado mas sem exceder a massa máxima autorizada nem as cargas máximas autorizadas por roda.

7. MÉTODO DE CÁLCULO

7.1. Para o cálculo da resistência ao rolamento combinada e do pseudo-ângulo de rolamento do veículo à descolagem de uma roda para cada eixo ou bogie, aplicam-se as seguintes fórmulas:

7.1.1. Eixo ou bogie com pneumáticos simples:

Resistência ao rolamento do eixo ou da bogie:

$$C_{DRi} = \frac{F_{Rvi} \times T_{Ni}^2}{2}$$

Resistência equivalente ao rolamento da suspensão ao nível do solo:

$$C_{DGMi} = C_{DGi} \times \left[\frac{H_N}{H_N - m} \right]^2$$

Resistência ao rolamento combinada que simula um deslocamento lateral do centro da gravidade:

$$C_{DRESi} = \frac{C_{DGMi} \times C_{DRi}}{C_{DGMi} + C_{DRi}}$$

Pseudo-ângulo de rolamento do veículo à descolagem de uma roda:

$$\vartheta_i = \frac{A_i \times T_{Ni}}{2 \times C_{DRESi}}$$

7.1.2. Eixo ou bogie com pneumáticos duplos:

Via teórica para pneumáticos duplos:

$$T_i = \sqrt{T_{Ni}^2 + MA^2}$$

Resistência ao rolamento do eixo ou da bogie:

$$C_{DRi} = \frac{F_{Rvi} \times T_i^2}{2}$$

Resistência equivalente ao rolamento da suspensão ao nível do solo:

$$C_{DGMi} = C_{DGi} \times \left[\frac{H_N}{H_N - m} \right]^2$$

Resistência ao rolamento combinada que simula um deslocamento lateral do centro da gravidade:

$$C_{DRESi} = \frac{C_{DGMi} \times C_{DRI}}{C_{DGMi} + C_{DRI}}$$

Pseudo-ângulo de rolamento do veículo à descolagem de uma roda:

$$\vartheta_i = \frac{A_i \times T_i}{2 \times C_{DRESi}}$$

- 7.2. No caso dos semi-reboques, aplicam-se as fórmulas a seguir indicadas para o cálculo dos efeitos devidos ao cabeçote de engate:

Via:

$$T_K = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Resistência ao rolamento:

$$C_{DRESK} = A_K \times 4$$

- 7.3. Depois de ter calculado a resistência ao rolamento combinada global e o pseudo-ângulo de rolamento para cada eixo ou bogie, determinam-se os parâmetros totais para o veículo completo:

Massa total do veículo ⁽¹⁾:

$$A_T = \sum_{i=1}^n A_i + A_K$$

Massa não suspensa total:

$$U_T = \sum_{i=1}^n U_i$$

Via efectiva ⁽¹⁾:

$$T_T = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \times A_i)}{A_T} + \frac{T_K \times A_K}{A_T}$$

Resistência ao rolamento total ⁽¹⁾:

$$C_{DREST} = \sum_{i=1}^n C_{DRESi} + C_{DRESK}$$

- 7.4. Escolher o eixo ou a bogie que tenham o valor mais baixo de ϑ , isto é, aquele em que se produzirá em primeiro lugar a descolagem de uma roda. Para distinguir esse eixo ou essa bogie dos outros eixos ou bogies, atribui-se-lhe os seguintes símbolos:

A_M = carga no eixo ou da bogie com o valor mais baixo de ϑ

U_M = massa não suspensa do eixo ou da bogie com o valor mais baixo de ϑ

T_M = via do eixo ou da bogie com o valor mais baixo de ϑ

C_{DRESM} = resistência ao rolamento do eixo ou da bogie com o valor mais baixo de ϑ

⁽¹⁾ Utilizar apenas a segunda parte da fórmula para os semi-reboques.

7.5. Cálculo da estabilidade lateral

7.5.1. Factor de massa efectivo do eixo ou da bogie com a maior resistência ao rolamento F_E :

$$F_E = \frac{C_{DRESM}}{C_{DREST}}$$

7.5.2. Aceleração lateral à descolagem da primeira roda q_M :

$$q_M = \frac{A_M \times T_M}{2 \times \left[(F_E \times A_T \times H_G) + \frac{((A_T - U_T) \times F_E \times H_N)^2}{C_{DRESM} - (A_T \times F_E \times H_N)} \right]}$$

7.5.3. Aceleração lateral teórica óptima máxima no ponto de capotagem q_T :

$$q_T = \frac{A_T \times T_T}{2 \times \left[(A_T \times H_G) + \frac{((A_T - U_T) \times H_N)^2}{C_{DREST} - (A_T \times H_N)} \right]}$$

7.5.4. Por interpolação linear entre a aceleração lateral à descolagem da primeira roda e a aceleração lateral teórica máxima, obtém-se a aceleração lateral correlacionada no ponto de capotagem q_c :

$$q_c = q_T - (q_T - q_M) \times \frac{A_M}{A_T}$$

—

APÊNDICE

Relatório relativo ao cálculo de estabilidade

1. Designação comercial ou marca do veículo:
 2. Tipo de veículo:
 3. Fabricante:
 4. Altura do centro de gravidade da massa suspensa:
 5. Massa não suspensa de todos os eixos:
 6. Altura nominal do centro de rolamento da suspensão de todos os eixos:
 7. Resistência ao rolamento da suspensão de todos os eixos:
 8. Flexibilidade vertical do pneumático (incluindo o efeito dos pneumáticos duplos):
 9. No caso de pneumáticos duplos, largura destes:
 10. Resultado do cálculo: q_c
 11. Serviço técnico que executou os cálculos:
 12. Data:
 13. Assinatura:
-