

# RECOMENDAÇÕES PARA SELECÇÃO E COLOCAÇÃO DE SISTEMAS DE RETENÇÃO RODOVIÁRIOS DE VEÍCULOS

Carlos Roque<sup>1</sup>, João Lourenço Cardoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes. Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança., Av do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [croque@lneec.pt](mailto:croque@lneec.pt)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes. Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança, Av do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

*O LNEC, através do seu Departamento de Transportes e por solicitação do Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P., elaborou um estudo para o estabelecimento de um conjunto de recomendações técnicas e de disposições normativas relativas aos sistemas de retenção rodoviários de veículos (SRRV), tendo em vista apoiar as decisões nesta matéria incidindo nas estradas da Rede Rodoviária Nacional (RRN). Na presente comunicação apresentam-se os principais critérios a usar na selecção e dimensionamento geral de sistemas de retenção de veículos a instalar em estradas da RRN, descrevendo-se, nomeadamente, a metodologia proposta para selecção de entre os diferentes tipos de sistemas disponíveis, bem como o método a empregar no cálculo do comprimento necessário para as barreiras de segurança.*

---

**Palavras-chave:** Projecto rodoviário; Sistema de retenção rodoviário de veículos; Segurança; Norma

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de retenção de veículos são equipamentos instalados na estrada para fornecerem um determinado nível de retenção a um veículo descontrolado [1], impedindo que este invada zonas perigosas, sendo actualmente dimensionados para diferentes níveis de funcionamento, os quais são definidos, de acordo com as normas de desempenho em vigor [1], atendendo a três características: a retenção, a gravidade do impacto e a deformabilidade do dispositivo.

As intervenções para melhoria da segurança rodoviária da área adjacente à faixa de rodagem (AAFR) terão de contemplar – em determinados trechos ou pontos singulares do traçado, onde não seja eficiente disponibilizar uma zona livre adequada – a instalação de dispositivos de retenção que evitem a entrada de veículos em zonas mais perigosas que os próprios dispositivos.

O interesse do estabelecimento de critérios para a instalação de sistemas de retenção de veículos é, pois, elevado.

Não obstante, os sistemas de retenção de veículos deverão ser usados como último recurso para proteger o tráfego dos obstáculos perigosos existentes na AAFR. A presença destes dispositivos representa a aceitação pelo projectista de que a eliminação de um obstáculo perigoso é prática ou economicamente inviável, e que é necessário proteger o tráfego desse mesmo obstáculo. O elevado número de mortos em acidentes com objectos fixos, nos quais as colisões com barreiras de segurança são consideradas a situação mais frequente [2], demonstra que esta protecção não é uma solução totalmente eficaz do ponto de vista da segurança.

É, pois, importante reter que estes sistemas representam obstáculos que podem ser atingidos por um veículo. Contudo, são concebidos, construídos e testados para garantir que qualquer colisão com estes sistemas será menos grave do que uma colisão, de características dinâmicas equivalentes, com um obstáculo perigoso localizado na AAFR.

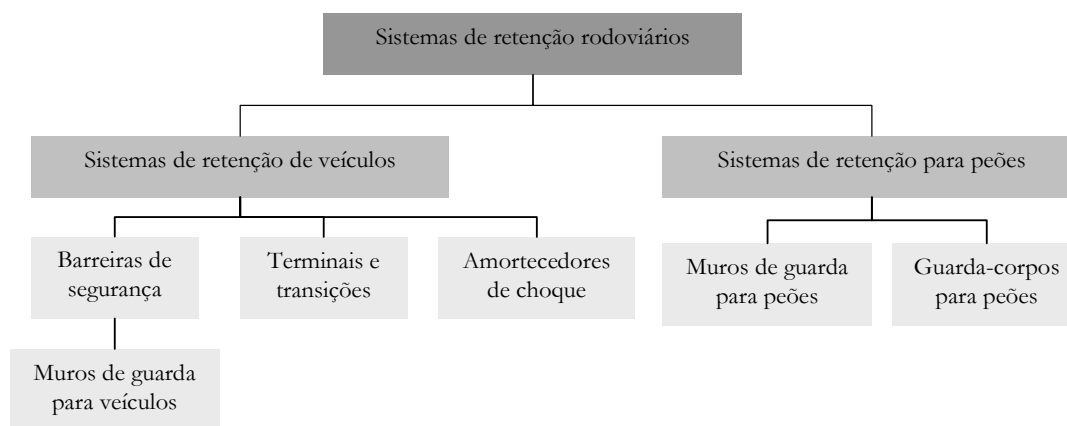
Importa salientar que actualmente, qualquer sistema de retenção de veículos utilizado para proteger os veículos descontrolados dos obstáculos perigosos deve ser testado de acordo com os requisitos de ensaio europeus, conforme especificado na Norma Europeia EN 1317 [1].

O LNEC, através do seu Departamento de Transportes e por solicitação do Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P., elaborou em 2010 um estudo para o estabelecimento de um conjunto de recomendações técnicas e de disposições normativas relativas aos sistemas de retenção rodoviários de veículos (SRRV) tendo em vista apoiar as decisões nesta matéria incidindo nas estradas da Rede Rodoviária Nacional (RRN).

Na presente comunicação apresentam-se os principais critérios a seguir para selecção e dimensionamento geral de sistemas de retenção de veículos a instalar em estradas da RRN de acordo com o referido relatório, descrevendo-se, nomeadamente, a metodologia proposta para selecção de entre os diferentes tipos de sistemas disponíveis, bem como o método a empregar no cálculo do comprimento necessário para as barreiras de segurança.

## 2 CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÃO

De acordo com a Norma Europeia EN 1317 [1], podem distinguir-se duas classes de sistemas de retenção rodoviários em função do tipo de elemento a proteger: os de retenção de veículos, objecto de análise neste estudo, e os de retenção para peões (ver Figura 1). Os primeiros englobam as barreiras de segurança; os muros de guarda para veículos; os respectivos terminais e transições; e os amortecedores de choque. Os sistemas de retenção para peões incluem muros de guarda para peões e guarda-corpos para peões.



**Figura 1** – Tipos de sistemas (adaptado de [1]).

As barreiras de segurança são instaladas longitudinalmente ao longo da AAFR ou do separador central de uma estrada, com o objectivo de conter ou, em alternativa, conter e redireccionar veículos desgovernados que saiam da faixa de rodagem, impedindo-os de embater em obstáculos perigosos ou de invadir a faixa contrária. As barreiras de segurança são concebidas unicamente para embates laterais.

Os terminais, que podem ser definidos como sendo o tratamento das extremidades de uma barreira de segurança, estabelecem uma transição suave da situação de ausência de retenção para a da retenção da barreira, sem introduzir perigo adicional para o condutor nas colisões envolvendo essas zonas.

As transições podem ser definidas como estruturas de ligação entre duas barreiras de segurança diferentes (em termos de características geométricas, nível de retenção ou deformação lateral). As transições são concebidas para evitar alterações bruscas no desempenho das barreiras, no caso de um veículo descontrolado atingir a área compreendida entre dois sistemas diferentes. Os locais mais comuns para a sua implantação são as ligações entre os muros de guarda para veículos e as barreiras de segurança.

Um amortecedor de choque, é um dispositivo destinado, fundamentalmente, a imobilizar um veículo descontrolado com uma desaceleração tolerável para os seus ocupantes, evitando desta forma a colisão com um obstáculo pontual.

Ao contrário das barreiras de segurança, os amortecedores de choque são concebidos para embates com a zona terminal da sua estrutura, bem como com as suas zonas laterais. Se a colisão com um amortecedor de choque for frontal, a energia cinética do veículo, deverá ser absorvida pelo dispositivo e o veículo imobilizar-se-á na berma, de forma a não representar um perigo para os restantes veículos da corrente de tráfego. No caso de um impacto lateral, a maior parte dos amortecedores de choque funciona como uma guarda de segurança [2].

Devem ainda ser referidos os dispositivos de protecção para motociclistas (DPM) pela sua capacidade de redução da gravidade do embate de motociclistas com barreiras de segurança, para os quais ainda não há norma europeia de avaliação do funcionamento. No entanto, com esse objectivo, encontra-se em fase de discussão pública a Norma Europeia EN 1317-8, relativa aos sistemas de retenção rodoviários para veículos de duas rodas.

### **3 SELECÇÃO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA**

O desempenho de uma barreira em caso de choque varia de acordo com um conjunto de parâmetros contextuais, nomeadamente o local de instalação, as condições do solo e as considerações ambientais, sendo igualmente importante considerar o ciclo de vida da barreira.

A necessidade da instalação de sistemas de retenção de veículos é habitualmente determinada em função de um conjunto de características da estrada e da envolvente rodoviária, em que estes sistemas se integram. Exemplos destas características são: a velocidade média do tráfego, a largura do separador central, a altura e inclinação dos taludes laterais e a largura e tipo de berma. Também o tipo de ocupação da AAFR ou a presença de obstáculos fixos nesta área contribuem para esta necessidade.

Diversos países desenvolveram recomendações para apoiar a avaliação da necessidade de colocação destes sistemas, principalmente no que diz respeito às barreiras de segurança, e para a selecção dos equipamentos mais vantajosos em cada situação. Neste âmbito, em vários países europeus as normas e recomendações encontram-se ajustados à Norma Europeia EN 1317, definindo os critérios de colocação, de selecção do nível de retenção e de comprimento mínimo das guardas em função das características da estrada e do ambiente rodoviário de acordo com as mesmas.

A partir da análise da Norma Europeia EN 1317 [1], das práticas adoptadas nos vários países analisados e das propostas resultantes do projecto RISER [3], foi delineado um conjunto de procedimentos para a abordagem do problema da colocação de sistemas de retenção em estradas da RRN.

A metodologia preconizada para selecção de SRRV comporta quatro passos:

- Identificação dos obstáculos perigosos que devem ser considerados. Este passo é determinante na avaliação da necessidade de instalação de um sistema de retenção e na definição da sua tipologia, nomeadamente na distinção entre a protecção de um perigo pontual ou linear;
- Determinação do nível de retenção do sistema;
- Determinação da largura útil do sistema, através da localização transversal dos obstáculos perigosos;
- Determinação do comprimento do sistema com base nas dimensões do obstáculo perigoso.

Os procedimentos descritos só se aplicam quando o obstáculo perigoso a ser intervencionado não pode ser removido da área de recuperação ou substituído por uma estrutura frágil (isto é, passivamente segura).

### **3.1 Identificação dos obstáculos perigosos**

Um aspecto importante no dimensionamento de uma AAFR tolerante corresponde à identificação dos obstáculos perigosos que podem ser atingidos por veículos descontrolados [3]. Para além da segurança dos ocupantes dos veículos, as lesões ou danos provocados em terceiros requerem uma atenção especial. Vias-férreas, edifícios particularmente sensíveis (por exemplo, escolas ou hospitais) e armazéns com mercadorias perigosas encontram-se, frequentemente, próximos de estradas e susceptíveis de serem colididos por veículos descontrolados. O impacto de um veículo com estas estruturas pode levar a lesões e danos que vão para além daqueles que dizem respeito aos ocupantes do veículo. O tipo de obstáculo perigoso (como, por exemplo, uma árvore ou um poste de iluminação) também influencia os critérios de instalação dos sistemas de retenção.

As principais informações que devem ser obtidas são as seguintes:

- Onde se encontram localizados os obstáculos e áreas sensíveis em relação à estrada?
- Quais são as consequências do impacto com esse obstáculo para os passageiros de um veículo descontrolado?
- Quais são as dimensões do obstáculo?
- Quais são as consequências da ruína do obstáculo ou da invasão da zona por um veículo?

A distância dos obstáculos relativamente à faixa de rodagem é a primeira questão a ser analisada. Para tal, a zona de livre para o trecho de estrada em análise deverá ser previamente identificada, permitindo desta forma focar a atenção no levantamento de todos os obstáculos perigosos existentes nesses corredores adjacentes à faixa de rodagem.

Em caso de colisão, as características do obstáculo perigoso influenciam directamente o risco de lesões e danos materiais, afectando dessa forma a selecção do nível de retenção do sistema.

### **3.2 Avaliação da necessidade de colocação e selecção do nível de retenção**

Após a identificação dos obstáculos perigosos que podem ser atingidos por um veículo descontrolado é necessário estabelecer critérios para determinar a necessidade de colocação dos sistemas de retenção de veículos.

Até agora em Portugal, de acordo com a Norma de Traçado, publicada em 1994 pela então Junta Autónoma de Estradas [4], a colocação de barreiras de segurança nas bermas tem sido aconselhada para evitar a colisão com obstáculos situados a menos de 3.5 metros da faixa de rodagem. Além disso, considera-se que devem ser colocadas barreiras de segurança sempre que a inclinação dos taludes seja superior a 2:3 e a sua altura superior a 3.0 metros.

De acordo com a mesma norma, nos casos em que existam cursos de água, vias-férreas ou estradas adjacentes aos taludes de aterro, devem também ser previstas guardas de segurança.

Ainda de acordo com a referida norma, a necessidade de barreiras de segurança pode ser fixada com base num ábaco, em função da inclinação do talude, da altura do aterro, das características do traçado, das condições climáticas mais desfavoráveis previsíveis e do volume de tráfego da estrada em análise.

A par com a definição de critérios para avaliação da necessidade de colocação, importa estabelecer o nível de retenção adequado para cada situação em análise. O nível de retenção é uma das características mais importantes de um sistema de retenção de veículos, pois define a aptidão do sistema para redireccionar um veículo, impedindo a

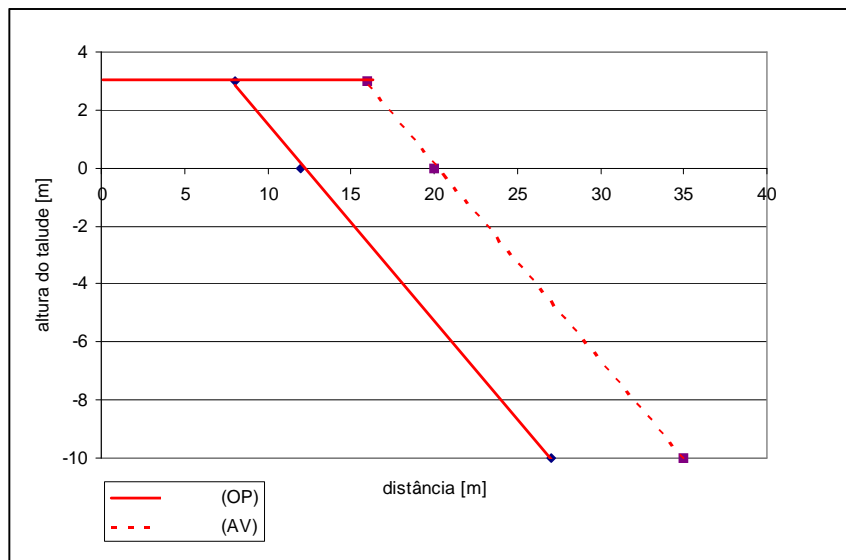
invasão de uma área sensível ou perigosa. O nível de retenção é especificado pelas condições do ensaio de choque (massa do veículo, velocidade de embate e ângulo de embate). Um maior nível de retenção corresponde a um sistema de retenção de veículos mais resistente.

Os critérios de decisão que se preconizam para o caso das estradas da RRN comportam dois passos: o cálculo das distâncias críticas e a aplicação dos fluxogramas de selecção do nível de retenção.

A avaliação da necessidade de colocação das barreiras de segurança depende da distância a que os obstáculos perigosos ou áreas vulneráveis se encontram do limite da faixa de rodagem. Esta avaliação é particularmente importante no caso da berma direita fora das obras-de-arte.

Reconhecendo a importância da protecção de terceiros e o facto destes, geralmente, sofrerem efeitos particularmente graves resultantes de acidentes envolvendo veículos descontrolados, definiram-se duas distâncias críticas abaixo das quais é necessária a instalação de barreiras de segurança. A distância AV é aplicável a áreas vulneráveis que necessitam de protecção especial (níveis de risco 1 e 2), e a distância OP é aplicável aos obstáculos perigosos (níveis de risco 3 e 4). As distâncias críticas AV e OP dependem do limite de velocidade local e da altura do talude (com sinal positivo para taludes de escavação e negativo para taludes de aterro). Os níveis de risco 1, 2, 3 e 4 correspondem, respectivamente, a perigos especiais para terceiros, riscos para terceiros, obstáculos especiais na AAFR e perigos para os ocupantes do veículo.

São ilustradas na Figura 2 as distâncias críticas AV e OP para estradas com limite de velocidade superior a 100 km/h.

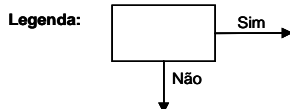
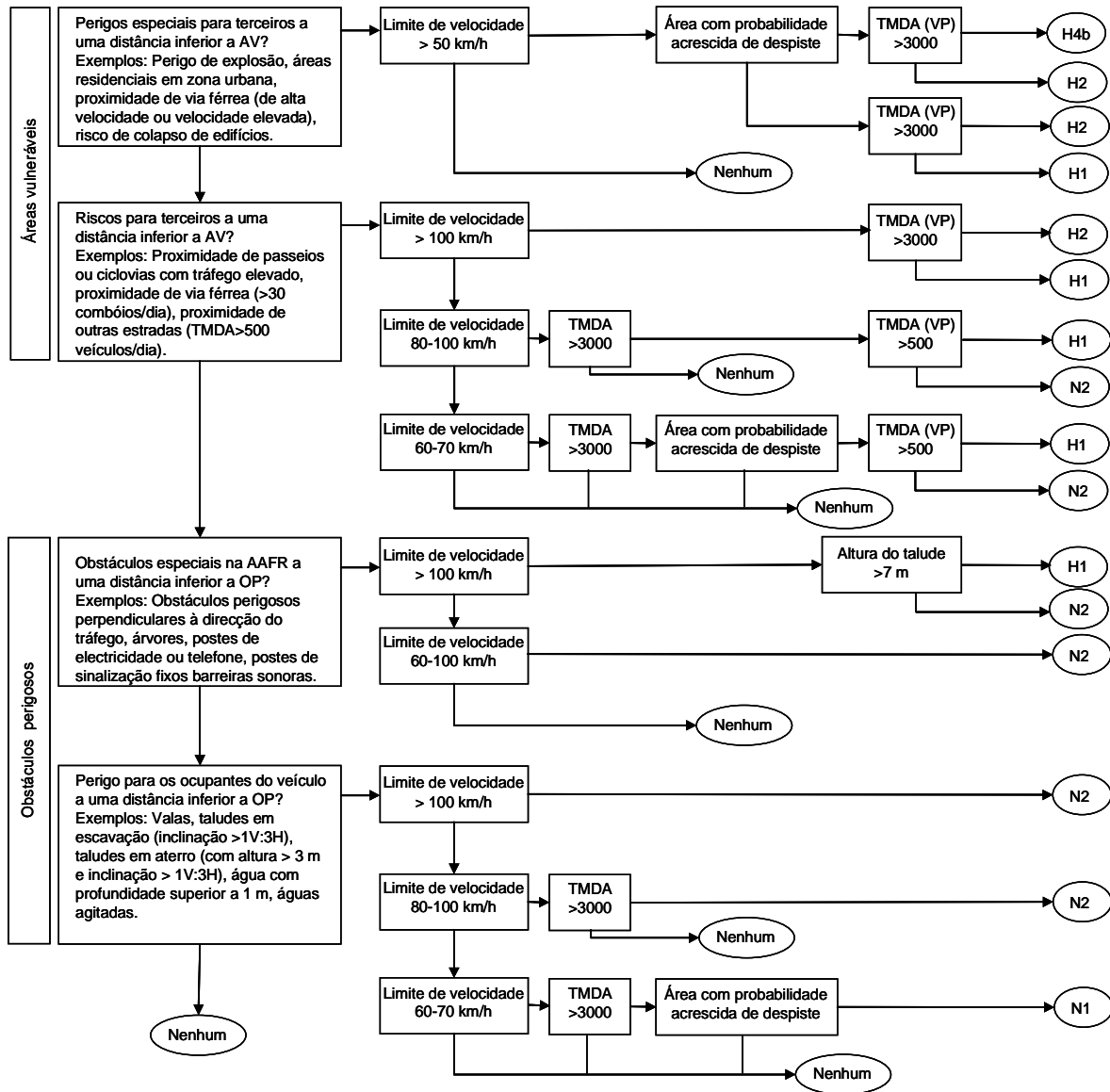


**Figura 2** – Distância crítica para estradas com limite de velocidade superior a 100 km/h [2].

Os fluxogramas para avaliação da necessidade e selecção do nível de retenção dizem respeito a quatro situações distintas: barreiras de segurança na berma direita; barreiras de segurança na berma esquerda; Barreiras de segurança na berma direita em obras-de-arte; e barreiras de segurança na berma esquerda em obras-de-arte. Na Figura 3 apresenta-se como exemplo o fluxograma para barreiras de segurança na berma direita.

Após identificação do aspecto a considerar (área vulnerável ou obstáculo perigoso), o processo começa no lado esquerdo dos fluxogramas com o tipo de obstáculo perigoso (como, por exemplo, árvores, postes de electricidade ou

barreiras sonoras) ou área vulnerável (por exemplo, perigo de explosão, proximidade de via férrea ou risco de colapso de edifícios). De seguida, o tipo de estrada é definido pelo limite de velocidade e TMDA. Condições específicas que possam conduzir a um maior risco de acidentes são igualmente consideradas, bem como a influência dos veículos pesados.



**Nota:** No que diz respeito à gravidade do embate do veículo, não se deverá exceder a classe B. A classe de nível de largura útil W deverá ser compatível com o espaço disponível.

**Figura 3** – Fluxograma para avaliação da necessidade e selecção do nível de retenção de barreiras de segurança na berma direita [2].

É exemplo de área com probabilidade acrescida de invasão por despiste, a alteração brusca nas características do perfil transversal relativamente aos trechos adjacentes.

### 3.3 Posicionamento lateral do sistema

O posicionamento de qualquer sistema de retenção de veículos na proximidade da faixa de rodagem deve ter em consideração a influência do mesmo sobre as condições de circulação do tráfego e as implicações em matéria de manutenção da infra-estrutura.

No caso das barreiras de segurança, a sua maioria está localizada muito perto do limite da faixa de rodagem. A distância livre de obstáculos atrás de uma barreira de segurança (ou de outro sistema de retenção de veículos que se deforme) é matéria de extraordinária importância para o correcto funcionamento do sistema de retenção. A largura útil e a deflexão dinâmica são determinadas a partir de ensaios de choque realizados de acordo com a Norma Europeia EN 1317 [1].

A largura útil e a deflexão dinâmica devem ser consideradas aquando da escolha de uma barreira de segurança, de forma a garantir que há espaço livre suficiente por trás do sistema para que, durante um embate, a deflexão da barreira de segurança e o basculamento do veículo durante o impacto não impliquem o contacto deste com os obstáculos perigosos colocados atrás da mesma.

### 3.4 Comprimento necessário

Outro aspecto fundamental para qualquer sistema de retenção de veículos, em particular no caso das barreiras de segurança, é o seu comprimento de instalação. O comprimento necessário de um sistema de retenção depende de três factores:

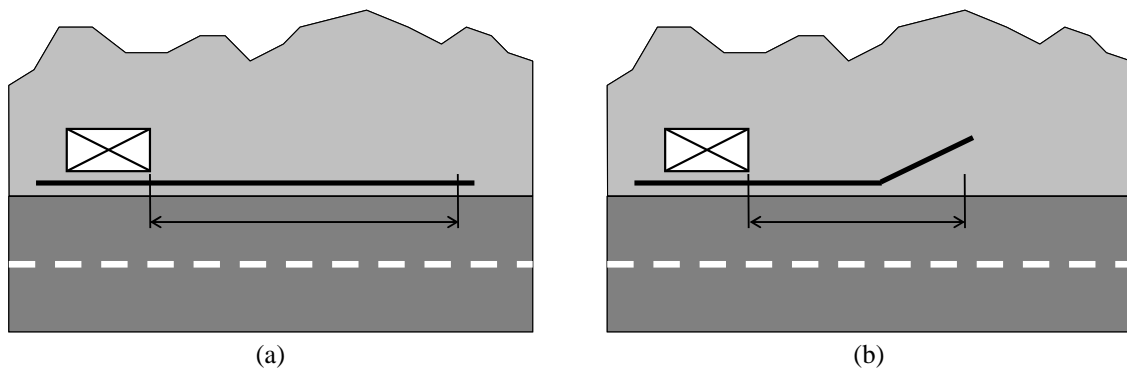
- Características do próprio sistema, especificando o comprimento mínimo para o correcto funcionamento do mesmo. Este corresponde ao comprimento considerado no relatório de ensaio da ficha de homologação, de acordo com a Norma Europeia EN 1317, correspondendo assim ao comprimento mínimo de instalação da barreira de segurança;
- Condições esperadas de embate, função do ângulo e da velocidade de embate esperados.
- Características da AAFR, nomeadamente dimensões do obstáculo, e que favoreçam a possibilidade de circulação do veículo descontrolado por detrás da barreira;

O comprimento necessário deve ser entendido como o comprimento adequado de um sistema de retenção de veículos excluindo terminais ou fixações. Este comprimento corresponde à secção de barreira que deverá ser atingida por um veículo descontrolado, susceptível de invadir a zona perigosa, ao sair da faixa de rodagem. Os terminais, podendo igualmente ser atingidos por um veículo descontrolado, não são considerados como fazendo parte da secção principal da barreira, tanto mais que o nível de retenção que disponibilizam é inferior ao desta.

Como já foi referido anteriormente, deve ser considerada a possibilidade de um veículo desgovernado se deslocar por detrás do sistema. Vários estudos alertam para a possibilidade de ocorrência de acidentes em que os veículos saem da estrada antes do início da barreira de segurança e atingem um obstáculo perigoso ou área vulnerável existente por trás da barreira [3, 5, 6]. Quando o terreno a montante da barreira é relativamente plano, e o comprimento da barreira é demasiado pequeno, o veículo pode deslocar-se com facilidade por detrás da barreira, atingindo o obstáculo

perigoso. Esta situação é particularmente relevante em pilares de viadutos ou nas bocas de aquedutos existentes nos separadores centrais das auto-estradas. Duas soluções podem ser adoptadas para mitigar este problema (ver Figura 4):

- Prolongar a barreira a montante do perigo (Figura 4.a). Ainda assim o veículo poderá deslocar-se por detrás da barreira. Contudo, a distância de travagem disponível permite que o embate, a ocorrer, seja de menor gravidade.
- Afastar a barreira da estrada, denominada barreira com afastamento (Figura 4.b). Daqui poderá resultar um impacto do veículo com o terminal de barreira, situação de menor gravidade quando comparada com o embate no obstáculo perigoso.



**Figura 4** – Comprimento necessário a montante do obstáculo perigoso (adaptado de [1])

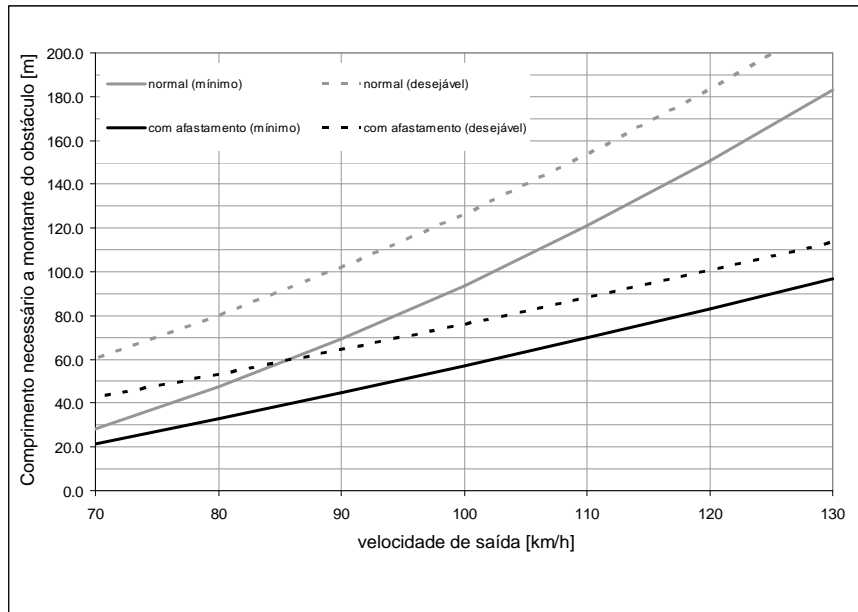
A título de exemplo, e para barreiras sem afastamento, o comprimento necessário a montante do obstáculo, em taludes de aterro, deverá ser determinado a partir da seguinte equação [2]:

$$\text{Comprimento} = \frac{v_{saída}^2 - v_{embate}^2}{2 \cdot g \cdot (\mu \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi))} \cdot \cos(\alpha) - a \cdot \cot(\alpha) \quad (1)$$

Em que:  $v_{saída}$  = velocidade de saída da faixa de rodagem [m/s];  $v_{embate}$  = velocidade de embate no obstáculo perigoso [m/s];  $\alpha$  = ângulo de saída da faixa de rodagem [°];  $\mu$  = Coeficiente de atrito mobilizável na AAFR;  $g$  = aceleração da gravidade [9,81 m/s<sup>2</sup>];  $\varphi$  = inclinação do talude [°];  $a$  = distância da barreira ao limite da faixa de rodagem [m].

Na Figura 5, apresentam-se os valores do comprimento mínimo em função da velocidade de saída da faixa de rodagem para as duas soluções previamente descritas (barreira normal e barreira com afastamento). Em qualquer dos casos foram consideradas as situações de imobilização do veículo antes de embater no obstáculo (desejável) e de embate à velocidade de 50 km/h (mínimo). No caso da barreira com afastamento, foi considerada uma taxa de afastamento de 1:10 (correspondente a um ângulo de afastamento de 5.7°) e um comprimento de 8 m imediatamente a montante do obstáculo em que não há afastamento





**Figura 5** – Comprimento necessário a montante do obstáculo perigoso – barreira com afastamento vs barreira normal [2].

É possível verificar que a diferença entre comprimentos necessários, quando comparadas as duas soluções é cada vez maior à medida que aumenta a velocidade de saída do veículo descontrolado. Daqui, pode concluir-se que esta solução é tanto mais interessante quanto mais elevada for a velocidade dos veículos em circulação.

Contudo, a utilização de barreiras com afastamento aumenta efectivamente a gravidade do embate de todas as colisões na AAFR, pelo aumento do ângulo de embate entre o veículo descontrolado e a barreira de tráfego, pelo que a taxa de afastamento não deve exceder 1:20 em estradas com limites de velocidade superiores a 80 km/h e 1:10 nos restantes casos.

## 4 CONCLUSÕES

A experiência tem demonstrado que, tipicamente, os problemas mais frequentemente associados ao deficiente funcionamento dos sistemas de retenção rodoviários são os seguintes:

- Comprimento insuficiente dos sistemas para proteger os veículos descontrolados dos obstáculos perigosos.
- Instalação de sistemas que protegem os veículos ligeiros descontrolados dos obstáculos perigosos negligenciando os perigos que representam os veículos pesados.
- Distâncias livres de obstáculos por detrás dos sistemas insuficientes para o regular funcionamento dos mesmos.
- Terminais e transições das barreiras de segurança inadequados.

Qualquer sistema de retenção de veículos utilizado para proteger os veículos descontrolados dos obstáculos perigosos deve ser testado de acordo com os requisitos de ensaio europeus, conforme especificado na Norma Europeia EN 1317 [1].

Com a elaboração do estudo para o estabelecimento de disposições normativas relativas aos SRRV, cujos principais aspectos foram sucintamente caracterizados na presente comunicação, considera-se que foi dado um contributo importante para dar resposta às necessidades de projecto das estradas da RRN. O referido estudo contribui significativamente para uma superior fundamentação técnica das decisões de intervenção em segurança que envolvam SRRV, ao estabelecer critérios a usar na selecção e dimensionamento geral de sistemas de retenção de veículos a instalar em estradas da RRN, designadamente, através da metodologia proposta para selecção de entre os diferentes tipos de sistemas disponíveis, bem como da definição de um método a empregar no cálculo do comprimento necessário para as barreiras de segurança.

## **5 REFERÊNCIAS**

- 1 European Committee for Standardization – EN 1317-1 Road Restraint Systems—Part 1: Terminology and General Criteria for Test Methods. Technical Committee CEN/TC 226, Brussels, 2007.
- 2 Roque, C.; Cardoso, J.L. – Sistemas de retenção rodoviários de veículos. Recomendações para selecção e colocação. Estudo realizado por solicitação do Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P. Relatório LNEC 382/2010, Lisboa, 2010.
- 3 RISER – D06: European Best Practice for Roadside Design. European Community R&TD Project, 5th Framework Programme “Growth”, Project "RISER" GRD2/2001/50088, 2006.
- 4 JAE – Norma de Traçado. Junta Autónoma de Estradas. Almada, 1994.
- 5 American Association of State Highway and Transportation Officials (2002). Roadside Design Guide. Washington, D.C.
- 6 Highway Agency (2006). TD 19/06 - Requirement for road restraint systems. Design manual for roads and bridges, volume 2 Highway structures. Secretary of State for Transport, Local Government and the Regions. England.