

SINALIZAÇÃO DE PROIBIÇÃO DE ULTRAPASSAGEM



Sinalização de Proibição de Ultrapassagem

DOCUMENTO BASE

Índice

1. Introdução	1
2. Distância de visibilidade a utilizar na delimitação de zonas de proibição de ultrapassagem..	3
3. Critérios de sinalização em curva horizontal.....	11
4. Critérios de sinalização em curva vertical convexa.....	12
5. Distância mínima de permissão de ultrapassagem.....	14
6. Proximidade de trechos de proibição de ultrapassagem	19
7. Sucessão de trechos de proibição de ultrapassagem.....	22
Referências.....	24

DOCUMENTO BASE

DOCUMENTO BASE

Índice de Figuras

Figura 2. 1 - Elementos da PSD	3
Figura 2. 2 - Elementos da PSD	4
Figura 2. 3 - Fases da PSD _G	5
Figura 2. 4 - Comparação dos modelos da AASHTO e de Glennon	5
Figura 2. 5 - Critério de Glennon	6
Figura 2. 6 - Marcação de curvas de acordo com a CEMT e a NMR	7
Figura 2. 7 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem	8
Figura 2. 8 - Distâncias de marcação de linha contínua	8
Figura 2. 9 - Distâncias de visibilidade: CEMT (à esquerda) e Critério de Glennon (à direita) ...	9
Figura 2. 10 - Distâncias de visibilidade e de marcação	10
Figura 3. 1 - Sinalização de curvas em planta em função da ultrapassagem	11
Figura 4. 1 - Visibilidade total em concordância convexa	12
Figura 4. 2 - Visibilidade em concordância convexa dependente do raio	12
Figura 4. 3 - Visibilidade em concordância convexa dependente do raio e de n	12
Figura 4. 4 - Sinalização de concordâncias convexas – Caso b)	13
Figura 4. 5 - Sinalização de concordâncias convexas – Caso c)	13
Figura 5. 1 - Composição de 0,85 DVU em ambos os sentidos de trânsito	15
Figura 5. 2 - DMPU - Distância mínima de permissão de ultrapassagem	16
Figura 5. 3 - DMPU e distância de visibilidade dos sinais C14a	16
Figura 5. 4 - Distâncias relevantes para a DMPUP	18
Figura 5. 5 - Exemplos de aplicação da DMPUP	18
Figura 6. 1 - Contacto e sobreposição das distâncias de pré-aviso	19
Figura 6. 2 - Exemplo de sobreposição total distâncias de pré-aviso	20
Figura 6. 3 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso	21
Figura 6. 4 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso	21
Figura 6. 5 - Exemplo de sobreposição total de linhas descontínuas de aviso	21
Figura 6. 6 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso, com transposição	22
Figura 7. 1 - Solução teórica	22
Figura 7. 2 - Solução preconizada	23

Índice de Quadros

Quadro 2. 1 - Velocidade do tráfego nas estradas nacionais	4
Quadro 2. 2 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem e de marcação de linha contínua ...	7
Quadro 2. 3 - Distâncias de marcação de linha contínua (m)	9
Quadro 2. 4 - Distâncias de visibilidade e de marcação (m)	10
Quadro 5. 1 - DMPU e distância de visibilidade dos sinais C14a – valores teóricos (m)	15
Quadro 5. 2 - Geometria da LSPU	17
Quadro 5. 3 - Distâncias relevantes para a DMPUP	18
Quadro 6. 1 - Comparação dos valores de L e da distância de pré-aviso	20

DOCUMENTO BASE

Sinalização de proibição de ultrapassagem

1. Introdução

Um dos princípios básicos da sinalização, a homogeneidade, determina que em condições idênticas o condutor encontre sinais com a mesma valência e dimensão, colocados segundo as mesmas regras. Este princípio deve prevalecer na definição dos locais onde a proibição de ultrapassagem é imposta e dos locais em que a ultrapassagem é permitida, em estradas de faixa de rodagem única, devendo para tanto ser definido um critério único [1].

A definição dos trechos em que a ultrapassagem constitui uma manobra perigosa e em que, como tal, deve ser proibida implica o estudo das velocidades praticadas e a definição da distância mínima de visibilidade que permite a realização da manobra, tendo em conta aquelas velocidades e a sua distribuição.

Esta distância varia em função da velocidade dos veículos mais rápidos e da velocidade dos veículos lentos. A distância de visibilidade que permite a ultrapassagem depende também da velocidade dos veículos de sentido contrário. As oportunidades de realização da ultrapassagem dependem, por sua vez, da proporção de veículos lentos na corrente de tráfego e da intensidade e composição do tráfego de sentido contrário.

As considerações anteriores mostram a complexidade do estudo da ultrapassagem face às múltiplas variáveis a considerar. A distância que permite a realização da manobra de ultrapassagem num determinado ponto pode variar muito em função dos valores atribuídos a estas variáveis e da sua combinação. A distância mínima de visibilidade de ultrapassagem a adoptar para a definição das linhas contínuas (marca M1) representa assim um compromisso.

Se for adoptada a maior distância, ou seja a que corresponde às condições mais desfavoráveis à realização da manobra, as linhas definidas garantem a segurança rodoviária mas constituem uma restrição considerável à fluidez do tráfego, uma vez que as condições mais desfavoráveis são de rara ocorrência.

Quando existe na corrente de tráfego uma percentagem elevada de veículos lentos, verifica-se, com frequência, o desrespeito das linhas contínuas por parte dos condutores, se a visibilidade é suficiente para ultrapassar o veículo que os precede.

A distância de visibilidade a considerar no projecto de sinalização deve ser tal que a frequência das ultrapassagens passíveis de realização sem perigo quando a sinalização as proíbe, seja

baixa. De outro modo a fluidez do tráfego é limitada e a segurança rodoviária aparente, pois as ultrapassagens realizadas em desrespeito da linha contínua não faltarão (adaptado de [2]).

Este é um aspecto particularmente importante para as velocidades de projecto mais baixas e sempre que prevalecem extensas zonas de proibição de ultrapassagem, normalmente associadas às características geométricas das estradas projectadas para aquelas velocidades.

Por outro lado, nas situações em que, na ausência de trânsito de sentido contrário, a opção de ultrapassar é tomada com base na informação que é transmitida ao condutor pela sinalização e na sua expectativa *ad hoc*, há que assegurar que a **distância de marcação**¹ é não só adequada à velocidade do tráfego como permanece a mesma ao longo do itinerário (homogeneidade).

Convém, por último, acentuar que é condição necessária, mas não suficiente, para realizar uma ultrapassagem que a sinalização o permita. Em determinados trechos de estrada em que a ultrapassagem é permitida, existem períodos em que, devido ao trânsito ou às condições meteorológicas, a realização da manobra se torna perigosa ou mesmo impossível.

O estudo da sinalização de proibição de ultrapassagem permite definir:

- a distância de visibilidade a utilizar na delimitação de zonas de proibição de ultrapassagem;
- a distância mínima de permissão de ultrapassagem;
- a marcação rodoviária a utilizar quando existe proximidade entre zonas de proibição de ultrapassagem;
- a marcação rodoviária a utilizar quando existe sucessão de trechos de proibição de ultrapassagem.

Coexistem no nosso País dois critérios de definição da distância de visibilidade de ultrapassagem, um da Norma de Traçado da JAE (NT) [3], baseado no modelo da AASHTO [4], e outro da Norma de Marcas Rodoviárias, também da JAE (NMR) [5], baseado nas recomendações da CEMT [6], com resultados muito distintos na sua utilização.

Comparando os modelos da AASHTO / NT e da CEMT / NMR, e utilizando o modelo de Glennon, estabeleceu-se um critério de definição da distância de visibilidade de ultrapassagem, a utilizar na delimitação de zonas de proibição de ultrapassagem, que compatibiliza as distâncias de visibilidade de ultrapassagem a considerar nos projectos de traçado (DVU) com as distâncias de proibição de ultrapassagem a utilizar nos projectos de sinalização (vertical e marcação rodoviária).

O critério estabelecido é compatível com a NT, pois utiliza os valores da DVU ali definida, permitindo considerar na definição da zona de proibição de ultrapassagem toda a manobra desde o ponto crítico, onde a opção de desistir ainda existe. O comprimento desta zona enquadra-se na gama de valores propostos pela CEMT, garantindo contudo distâncias de visibilidade mais realistas do que as obtidas pelos critérios da CEMT e da NMR.

¹ Soma dos comprimentos da linha descontínua de aviso e da linha contínua.

Este critério permite ainda determinar a distância mínima de permissão de ultrapassagem quando prevalecem distâncias de visibilidade inferiores às definidas.

2. Distância de visibilidade a utilizar na delimitação de zonas de proibição de ultrapassagem

Numa estrada de faixa de rodagem única com duas vias de trânsito, a manobra de ultrapassagem é realizada por ocupação da via de trânsito de sentido contrário. Para que a ultrapassagem se realize em segurança, o condutor deve ver uma distância à sua frente de modo a poder completar a manobra sem obrigar um terceiro veículo, que circule em sentido oposto, a diminuir a sua velocidade.

Quando necessário, o condutor pode retomar a mão sem ultrapassar, estando a manobra só parcialmente realizada, se verificar que o veículo de sentido contrário se encontra demasiado próximo – início da segunda fase da Figura 2. 1 [4].

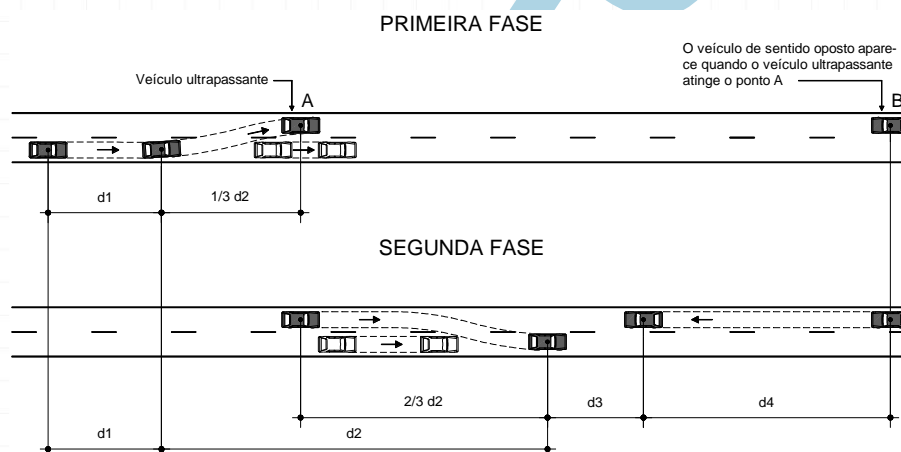


Figura 2. 1 - Elementos da PSD

A distância de visibilidade de ultrapassagem (*Passing Sight Distance - PSD*) mínima para estradas de duas vias é, de acordo com a AASHTO [4], a soma de quatro distâncias – Figura 2. 1 e Figura 2. 2, correspondendo a duas fases da manobra de ultrapassagem:

- d1 - distância percorrida durante o tempo de percepção e reacção e de aceleração inicial até o veículo estar em condições de ocupar a via de sentido contrário;
- d2 - distância percorrida enquanto o veículo circula na via de sentido contrário;
- d3 - distância, no final da manobra, entre o veículo ultrapassante e o veículo de sentido contrário;
- d4 - distância percorrida pelo veículo de sentido contrário durante $2/3$ do tempo em que o veículo ultrapassante ocupa a via de sentido contrário, ou $2/3$ de d_2 .

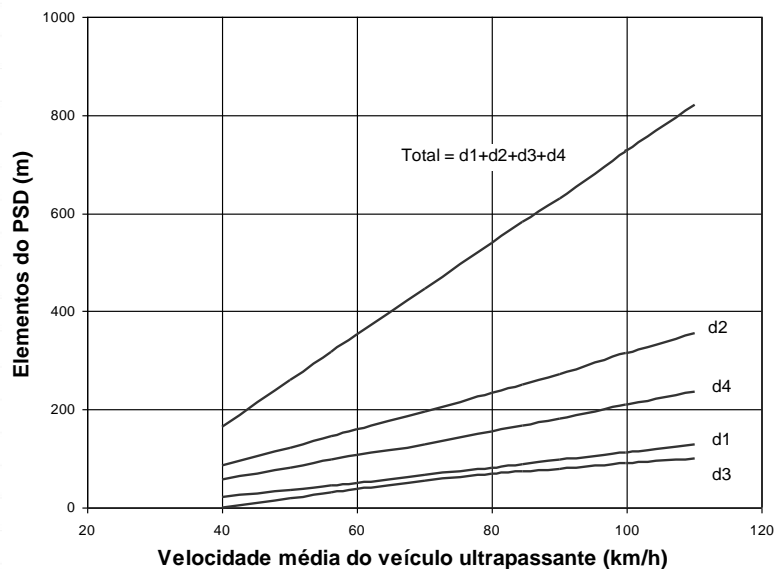


Figura 2.2 - Elementos da PSD

Neste modelo a distância de visibilidade de ultrapassagem é medida entre os olhos do condutor, 1,05 m acima do pavimento, e um objecto com 1,30 m de altura. Esta distância é medida, em estradas de duas vias de trânsito e faixa de rodagem única, sobre o eixo da estrada.

A Norma de Traçado da JAE (NT) [3] utiliza este modelo, sendo a DVU dada por $DVU (m) = 7 \times V_{85} (km/h)$, em que V_{85} é a velocidade do tráfego, correspondente ao percentil 85 da distribuição das velocidades, e toma os valores definidos na NT em função da velocidade base (VB) – Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Velocidade do tráfego nas estradas nacionais

Velocidade base VB (km/h)	Velocidade do tráfego V_{85} (km/h)
60	80
80	100
100	120
120	130
140	140

Estudos recentes [7] mostram que as velocidades dos veículos ultrapassante e ultrapassado se situam entre 1,02 e 1,15 de V_{85} e entre 0,79 e 0,85 de V_{85} , respectivamente, em concordância com a utilização da V_{85} na determinação da DVU.

Glennon [8] considerou não só a distância necessária para completar a manobra de ultrapassagem como avaliou a possibilidade de a abortar a qualquer instante. No início da manobra a distância para abortar é substancialmente menor do que a necessária para a completar – Figura 2.3.

Com o desenrolar da ultrapassagem, a distância para a abortar aumenta enquanto a necessária para a completar diminui, até que atingem o mesmo valor num ponto designado como crítico, sendo essa a distância de visibilidade de ultrapassagem (PSD_G) a tomar tanto no projecto (determinação da percentagem do traçado em que a distância de visibilidade de ultrapassagem não é assegurada, com vista à avaliação da capacidade) como na definição da sinalização rodoviária.

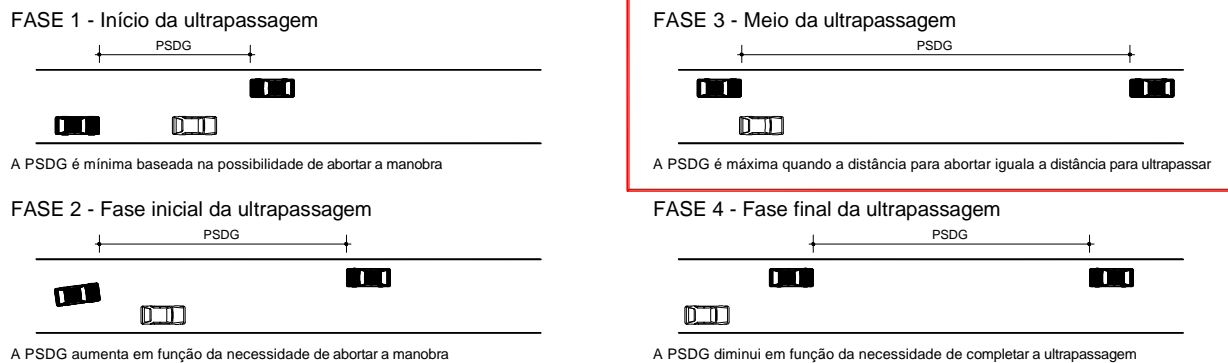
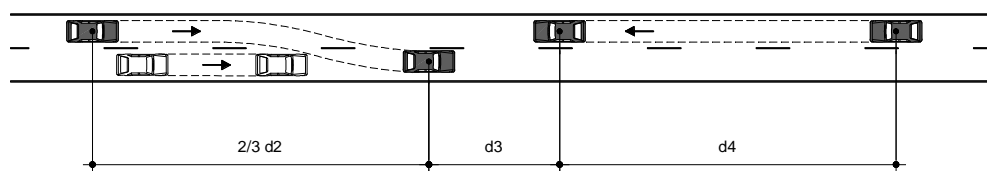


Figura 2. 3 - Fases da PSD_G

Comparando os modelos de ultrapassagem da AASHTO e de Glennon, observa-se que os pressupostos relativos ao comportamento dos condutores dos veículos ultrapassante, ultrapassado e de sentido contrário, durante a manobra de ultrapassagem, são semelhantes.

Verifica-se, ainda que a segunda fase do modelo AASHTO corresponde à fase da manobra considerada relevante no modelo de Glennon [1] – Figura 2. 4.

SEGUNDA FASE (AASHTO)



FASE 3 (GLENNON) - Meio da ultrapassagem

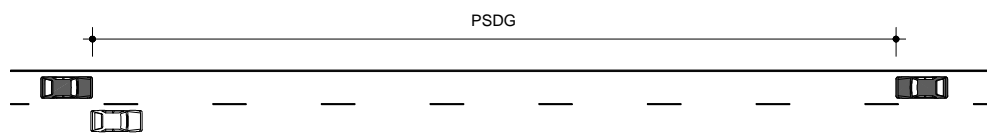


Figura 2. 4 - Comparação dos modelos da AASHTO e de Glennon

Assim, aplicando o critério de Glennon ao modelo da AASHTO, a distância de visibilidade de ultrapassagem corresponde ao somatório das distâncias $2/3 d_2$, d_3 e d_4 da Figura 2. 1.

Verificam-se, ainda, as seguintes relações: $2/3 d_2 + d_3 + d_4 \cong 0,7 PSD$ e $d_3 + d_4 \cong 0,4 PSD$.

Estas relações permitem assim estabelecer uma correspondência entre a **distância de visibilidade de ultrapassagem**, calculada utilizando o **Critério de Glennon**, e as distâncias que definem a zona de proibição de ultrapassagem através de sinalização. O valor 0,4 PSD (ou 0,4 DVU) corresponde ao início da proibição de ultrapassagem, ou seja da linha contínua. O valor 0,7 PSD (ou 0,7 DVU) corresponde sensivelmente ao ponto onde a linha de aviso se deve iniciar [1] – **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

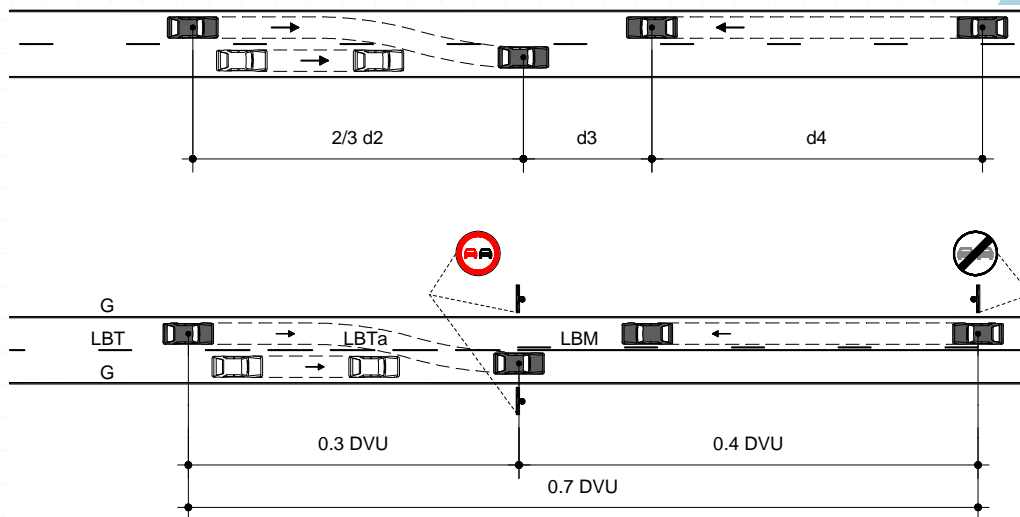


Figura 2. 5 - Critério de Glennon

A distância de visibilidade a considerar é assim constituída pela soma de duas distâncias: a **distância de pré-aviso** (0,3 DVU) e a **distância de marcação de linha contínua** (LC = 0,4 DVU)².

De acordo com a **CEMT** [6], quando há lugar à interdição de utilização da parte da faixa de rodagem reservada à circulação em sentido contrário, nos locais onde a distância de visibilidade é reduzida, nomeadamente em curvas em planta, essa interdição deve ser imposta nos locais onde a distância de visibilidade é inferior a um certo mínimo **M**, por intermédio de linhas contínuas colocadas de acordo com a Figura 2. 6.

A escolha da distância de visibilidade a adoptar para a definição das zonas onde uma linha contínua é ou não desejável, assim como a escolha do comprimento a dar-lhe, resulta de um compromisso³, sendo recomendado um conjunto de valores de **M** para diferentes velocidades de aproximação (V_{85} - Quadro 2. 2). A CEMT define a “distância de visibilidade” como a distância à qual um objecto deve ser visto pelo condutor, considerando que a altura ocular é de 1,0 m e que a altura do objecto sobre a faixa de rodagem é de 1,2 m. Esta distância é medida, tal como no modelo da AASHTO, sobre o eixo da estrada.

² No respeito pelo princípio de que o início de um trecho de proibição de ultrapassagem deve ser precedido por um trecho de pré-aviso, no qual se pode completar uma ultrapassagem já iniciada ou desistir da mesma, sem entrar na zona de proibição propriamente dita. A distância de marcação, conforme definida na Introdução é ligeiramente inferior àquela distância, como se verá.

³ Este compromisso é obviamente do tipo do enunciado na Introdução, embora a CEMT não esclareça o método de cálculo utilizado.

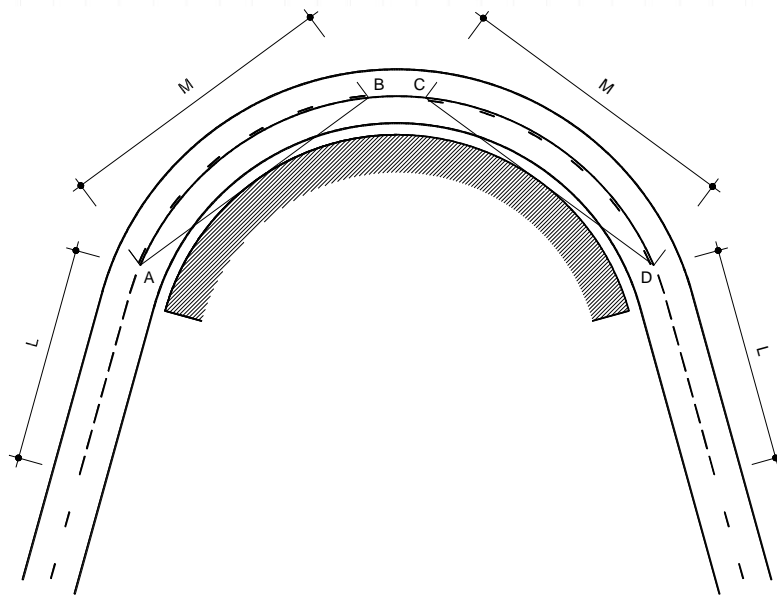


Figura 2. 6 - Marcação de curvas de acordo com a CEMT e a NMR

A **NMR** [5] refere as recomendações da CEMT para definir que se os valores de distância de visibilidade calculados para um determinado ponto singular em planta e em perfil forem inferiores ao valor de **M**, a ultrapassagem deve ser impedida pela marcação de uma linha contínua.

Como se pode ver no Quadro 2. 2 na Figura 2. 7 e na Figura 2. 8, os valores da NT são praticamente concordantes com os da AASHTO, estando os calculados por Glennon entre 46% e 47% daqueles valores e, surpreendentemente, muito próximos dos do MUTCD [9], embora as bases de cálculo sejam diversas [8].

Quadro 2. 2 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem e de marcação de linha contínua

Velocidade (km/h)	Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)				Distância de marcação de linha contínua (m)			
	AASHTO PSD [4]	Glennon PSDG [8]	NT JAE DVU	Critério de Glen- non 0.7 DVU	MUTCD MPSD (*) [9]	CEMT M (*) [6]	NMR JAE M (*) [3]	Critério de Glen- non 0.4 DVU
	VB	VB	V ₈₅	V ₈₅	V ₈₅	V ₈₅	V ₈₅	V ₈₅
40	270	-	280	195	140	35-75 (**)	40	110
50	345	-	350	245	160	60-120	60	140
60	410	180	420	295	180	85-170	80-90(**)	170
70	485	225	490	340	210	105-215	100-120	195
80	540	255	560	390	245	130-260	120-160	225
90	615	280	630	440	280	145-290	140-200	250
100	670	310	700	490	320	160-320	160-250	280
110	730	345	770	540	355	175-350	180-300	310
120	775	-	840	590	395	190-380	200-360	335

(*) Também distância de visibilidade de ultrapassagem.

(**) Valor mínimo (m) - valor normal (M)

Os valores propostos pela NMR são baixos face aos preconizados pela CEMT, nomeadamente para as velocidades mais baixas e na parte alta dos intervalos definidos (estes últimos valores são iguais aos valores definidos na legislação francesa [2]).

De notar que tanto a AASHTO como a NT têm valores da distância de visibilidade de ultrapassagem para as velocidades mais elevadas superiores a 600 m, distâncias para as quais os condutores têm dificuldades em interpretar as imagens [7].

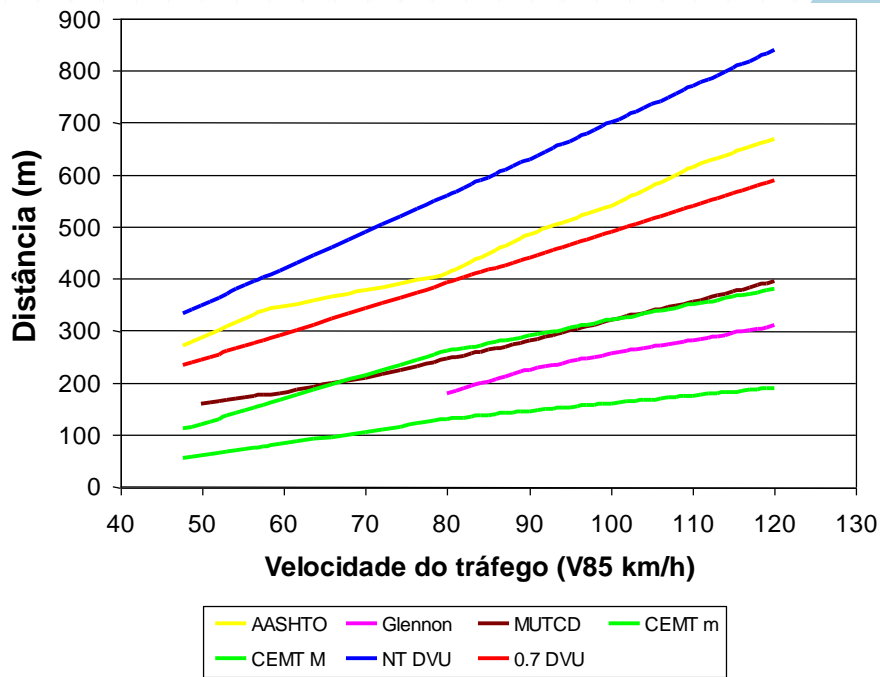


Figura 2. 7 - Distâncias de visibilidade de ultrapassagem

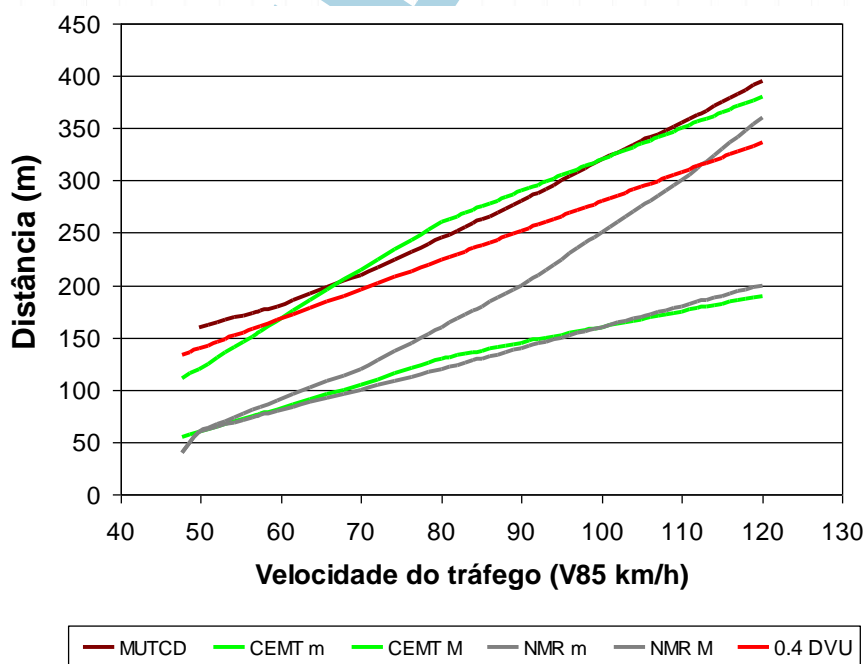


Figura 2. 8 - Distâncias de marcação de linha contínua

Conforme referido na Introdução, a utilização do **Critério de Glennon** é compatível com a NT, pois utiliza os valores da DVU ali definida, permitindo considerar na marcação da zona de proibição de ultrapassagem toda a manobra desde o ponto crítico, onde a opção de a abortar ainda existe.

As distâncias de marcação de linha contínua obtidas utilizando o Critério de Glennon aplicado aos valores da DVU da NT, enquadram-se nos valores da MUTCD e da CEMT (Quadro 2. 3 e Figura 2. 8), garantindo contudo distâncias de visibilidade maiores do que as da CEMT – Figura 2. 9. Nesta figura são comparadas as distâncias de visibilidade obtidas por um e outro método para uma mesma curva em planta.

Quadro 2. 3 - Distâncias de marcação de linha contínua (m)

Velocidade V_{85} (km/h)	CEMT	NMR	Critério de Glennon 0.4 DVU
40	35-75	40	110
50	60-120	60	140
60	85-170	80-90	170
70	105-215	100-120	195
80	130-260	120-160	225
90	145-290	140-200	250
100	160-320	160-250	280
110	175-350	180-300	310
120	190-380	200-360	335

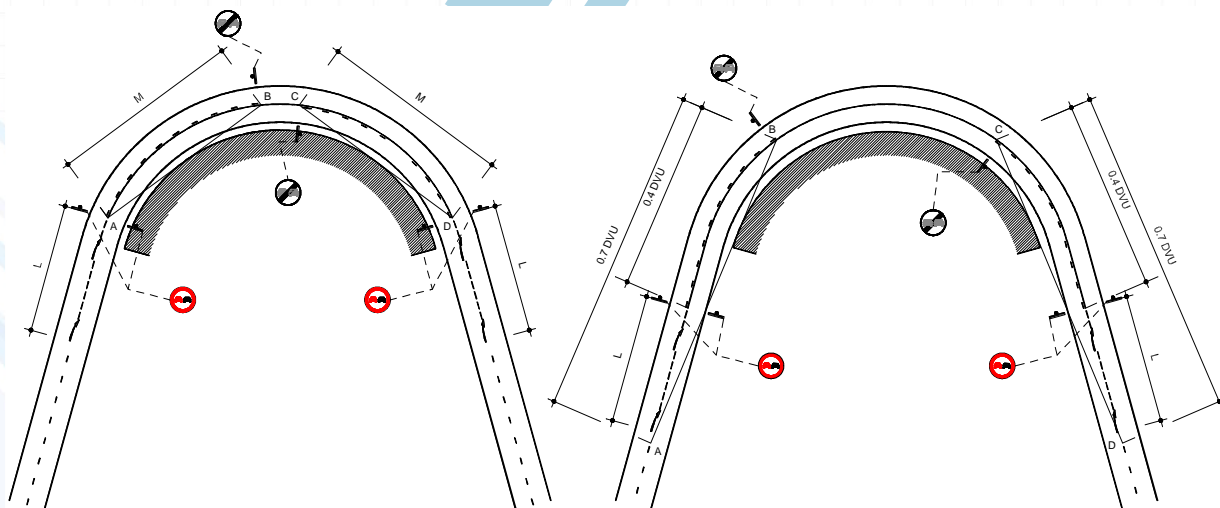


Figura 2. 9 - Distâncias de visibilidade: CEMT (à esquerda) e Critério de Glennon (à direita)

Por outro lado, todos os valores da distância de visibilidade de ultrapassagem, calculados segundo o Critério de Glennon (0,7 DVU), são muito próximos dos da AASHTO e inferiores a 600 m, como tal dentro do limite das capacidades visuais do condutor (vide Quadro 2. 2, Figura 2. 7 e Figura 2. 8).

No Quadro 2. 4 e no histograma da Figura 2. 10, comparam-se as distâncias de marcação preconizadas com os valores de 0,7 DVU para as várias velocidades do tráfego, constatando-se que a distância de marcação é muito próxima da distância de visibilidade considerada. Assim a linha descontínua de aviso prevista na NMR, utiliza grande parte da distância de pré-aviso havendo como tal compatibilidade entre estas distâncias.

Quadro 2. 4 - Distâncias de visibilidade e de marcação (m)

Velocidade V_{85} (km/h)	NMR (L)	Critério de Glennon		Distância de marcação (L + comprimen- to da linha conti- nua)	Distância de marcação/ /0,7 DVU (%)
	Comprimento da linha de aviso	Comprimento da linha contínua 0.4 DVU	Distância de visibilidade 0.7 DVU		
40	42	110	195	152	78
50	42	140	245	182	74
60	84	170	295	254	86
70	84	195	340	279	82
80	126	225	390	351	90
90	126	250	440	376	85
100	168	280	490	448	91
110	210	310	540	520	96
120	252	335	590	587	99

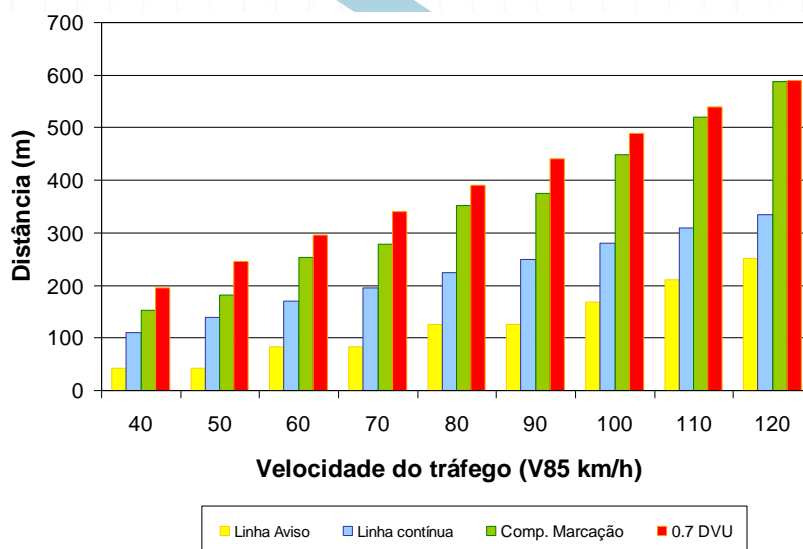


Figura 2. 10 - Distâncias de visibilidade e de marcação

De salientar que os comprimentos da linha de aviso estão dependentes da modulação utilizada nas linhas longitudinais descontínuas e que são definidos pela NMR para escalões de velocidade (ver Quadro 2. 4), o que leva a que haja um menor ajustamento na parte superior daqueles escalões, nomeadamente para as velocidades de 50 km/h, 70 km/h e 90 km/h.

3. Critérios de sinalização em curva horizontal

A sinalização de uma curva horizontal deve ser realizada de acordo com a Figura 3. 1, em que o ponto A (ou D) é o ponto em que a distância de visibilidade começa a ser inferior a 0,7 DVU e o ponto C (ou B) é o ponto onde volta a ser superior a 0,7 DVU.

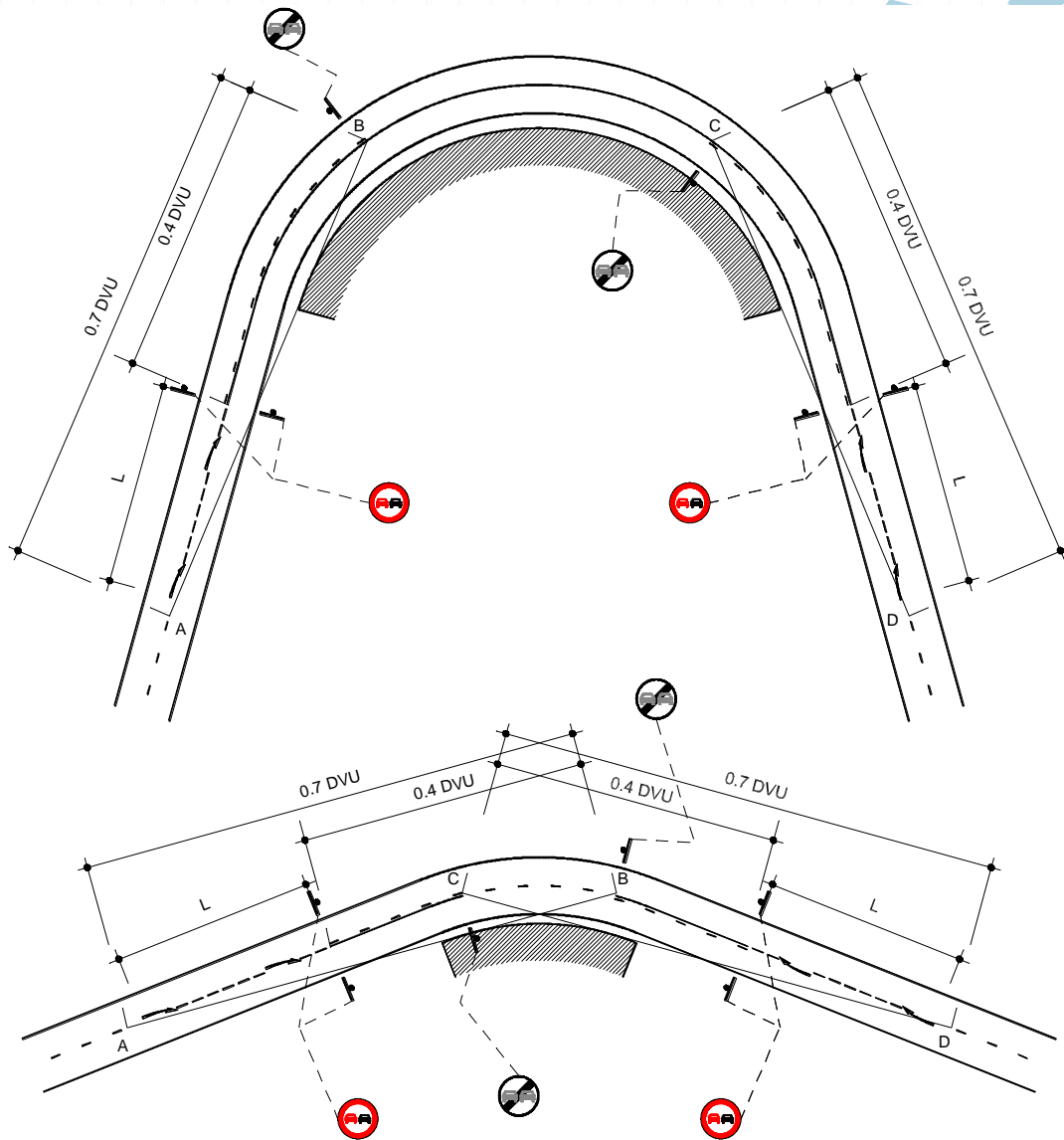


Figura 3. 1 - Sinalização de curvas em planta em função da ultrapassagem

É aconselhável seguir o critério utilizado para os delineadores (ver a DT Dispositivos retrorreflectores complementares das Marcas Rodoviárias), tomando a distância de visibilidade segundo uma tangente ao limite da plataforma e não aos obstáculos existentes no intradorso, pois o crescimento da vegetação nem sempre é controlado, não havendo garantias que as condições de projecto se mantêm ao longo da vida da obra. Há ainda também equipamentos que podem limitar a visibilidade (barreiras de segurança, nomeadamente as de nível de retenção mais elevado, barreiras acústicas, acrotérios e guardas de pontes e viadutos, etc.) que não são muitas vezes devidamente considerados na fase de projecto geométrico e de sinalização.

4. Critérios de sinalização em curva vertical convexa

De acordo com a Convenção de Viena [10], “distância de visibilidade” é a distância a que um objecto de determinada altura colocado na estrada pode ser visto por um observador, colocado igualmente na estrada, quando os olhos do mesmo estão a uma altura igual ou inferior à altura do objecto. Para efeitos do cálculo considera-se que a altura ocular é de 1,0 m e a altura do objecto sobre a faixa de rodagem é igualmente de 1,0 m.

De acordo com a abordagem clássica da visibilidade em concordância convexa, três situações se colocam:

a) Há visibilidade seja qual for o raio, se $n/2 < 2h/d$ ($n = |i_E - i_D|$ é o módulo da diferença algébrica entre as inclinações dos trainéis, em que i_E e i_D são as inclinações dos trainéis da esquerda e da direita, respectivamente) – ver Figura 4. 1.

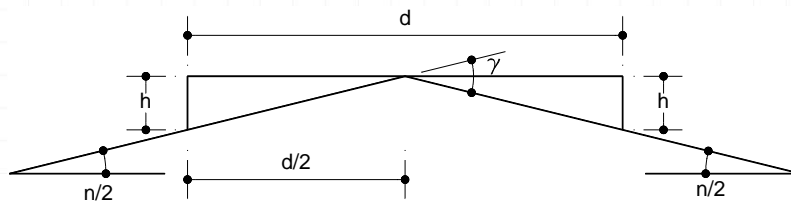


Figura 4. 1 - Visibilidade total em concordância convexa

b) Para $n/2 > 4h/d$ o que limita a visibilidade é o raio (parâmetro) da concordância, sendo então a distância de visibilidade dada por $d = \sqrt{8Rh}$ – Figura 4. 2.

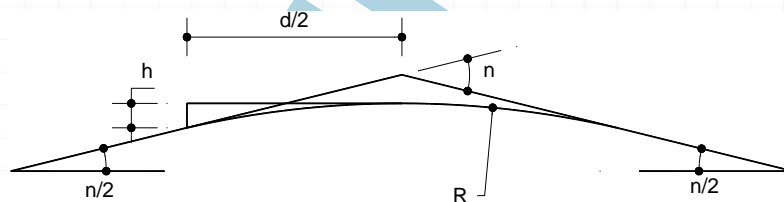


Figura 4. 2 - Visibilidade em concordância convexa dependente do raio

c) Para $2/d \leq n/2 \leq 4/d$ o veículo ultrapassante e o de sentido contrário (observador e o objecto) estão sobre os trainéis, na posição mais desfavorável simétricos em relação ao vértice, e a distância de visibilidade é dada por $d = Rn/2 + 4h/n$, de acordo com a Figura 4. 3.

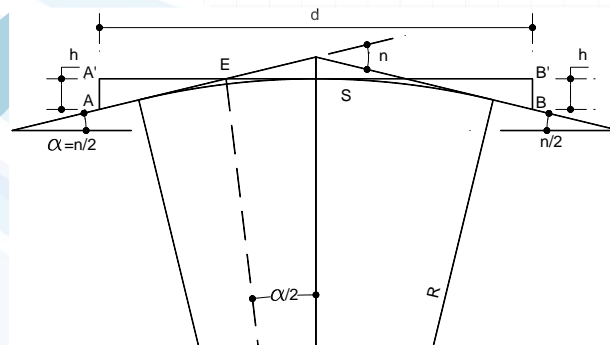


Figura 4. 3 - Visibilidade em concordância convexa dependente do raio e de n

No caso **a)** não há quaisquer restrições à visibilidade e como tal, à manobra de ultrapassagem.

Nos casos **b)** e **c)** a marcação deve ser realizada de acordo com a Figura 4. 4 e com a Figura 4. 5, respectivamente, em que o ponto A (ou D) é o ponto em que a distância de visibilidade começa a ser inferior a 0,7 DVU e o ponto C (ou B) é o ponto onde volta a ser superior a 0,7 DVU.

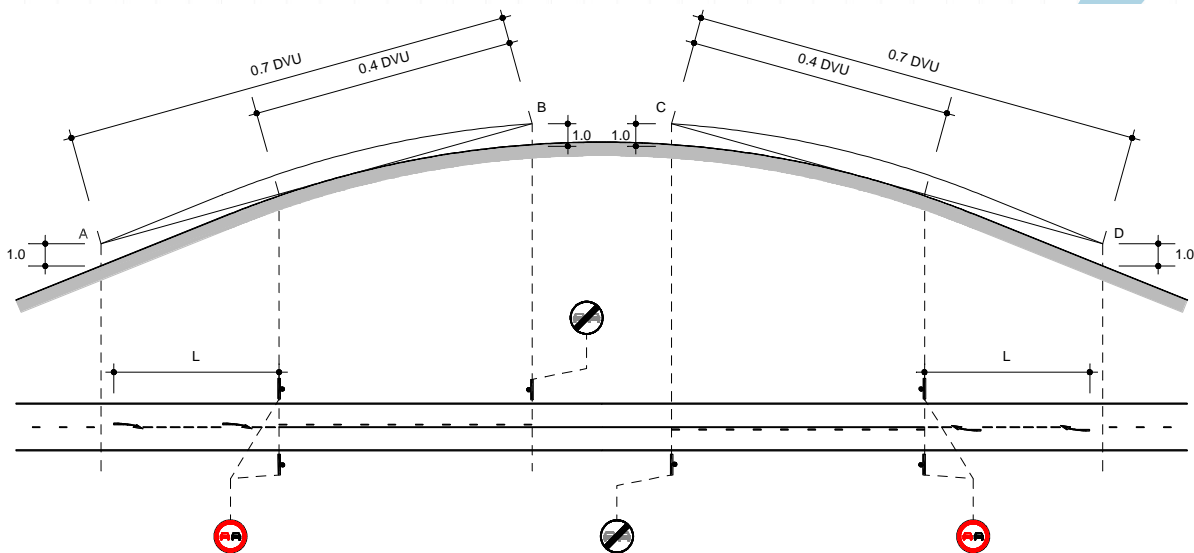


Figura 4. 4 - Sinalização de concordâncias convexas – Caso b)

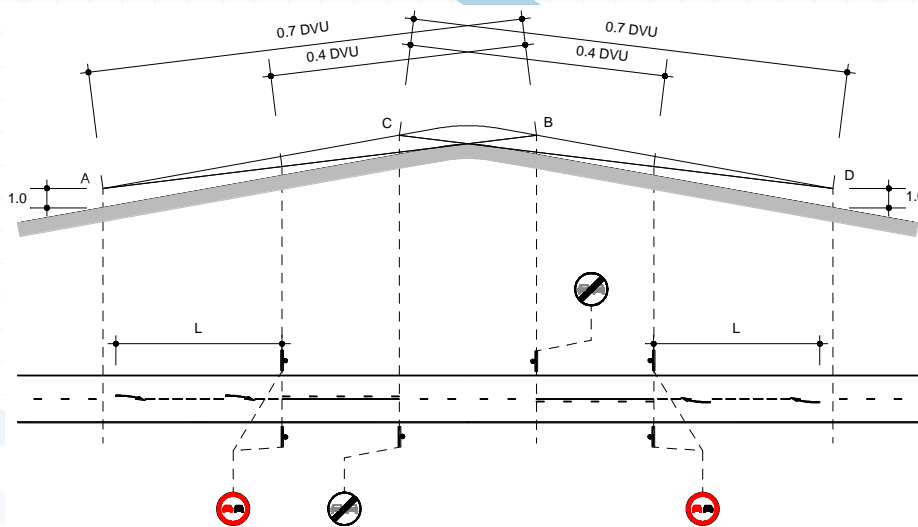


Figura 4. 5 - Sinalização de concordâncias convexas – Caso c)

A determinação dos pontos A (ou D) e dos pontos C (ou B), no traçado em planta e no traçado em perfil, pode ser feita de modo gráfico sobre as folhas de planta / perfil longitudinal, às escalas utilizadas em projecto. A sua conjugação bem como a adaptação das distâncias resultantes à modulação das linhas longitudinais descontínuas (LBTa e LBT) é indispensável para definir a colocação da sinalização a utilizar.

5. Distância mínima de permissão de ultrapassagem

As situações analisadas nos capítulos precedentes reportam-se à prevalência de distâncias de visibilidade superiores a 0,7 DVU e à determinação dos pontos onde a distância de visibilidade passa a ser inferior àquele valor, definindo assim os locais onde a proibição de ultrapassagem deve ser imposta por sinalização.

Considerando a situação inversa em que prevalecem distâncias de visibilidade inferiores a 0,7 DVU, como no caso de curvas consecutivas com limitação de visibilidade, torna-se necessário determinar a distância mínima em que se pode permitir a ultrapassagem ou Distância Mínima de Permissão de Ultrapassagem (DMPU) [11].

A distância de visibilidade de ultrapassagem tem, como se viu no modelo da AASHTO, uma primeira parcela d_1 , que é definida como a distância percorrida durante o tempo de percepção e reacção e de aceleração inicial até o veículo estar em condições de ocupar a via de sentido contrário. Esta primeira parcela da distância de visibilidade de ultrapassagem corresponde à avaliação da possibilidade de iniciar a ocupação da via de sentido contrário durante a manobra de ultrapassagem o que, numa perspectiva conservadora, exige que a sinalização aplicada não a proíba: existência do sinal C20c, fim da proibição de ultrapassar, e de linha axial descontínua, incluída numa linha mista (M3 - LBM), dado o pressuposto de prevalência da proibição da manobra.

Esta abordagem é conservadora, pois é possível ao condutor avaliar a possibilidade de iniciar a manobra de ultrapassagem antes mesmo de a sinalização o permitir. Esta é aliás a prática corrente, ocupando o veículo a via de trânsito de sentido contrário logo que as condições de circulação e a sinalização o permitam, ou seja, desde que possível, assim que a linha axial passa de contínua a mista (princípio da coerência).

Pode assim admitir-se, numa abordagem menos restritiva, que o condutor pode avaliar a possibilidade de iniciar a ocupação da via de trânsito de sentido contrário, com vista à finalização da manobra de ultrapassagem, transitando na via limitada por uma linha axial contínua, com base na percepção que tem do início da linha mista, ou da sinalização vertical correspondente (sinal C20c - fim da proibição de ultrapassar).

Nesta hipótese a avaliação da possibilidade de iniciar a manobra, posicionando o veículo em condições de ocupar a via de sentido contrário (no final da distância d_1 , de acordo com a Figura 2. 1), processa-se imediatamente antes do início da linha mista, não havendo então que considerar a parcela d_1 para a definição da DMPU. De lembrar que, de acordo com o modelo seguido, o condutor pode abortar a manobra a qualquer momento, se verificar que o veículo de sentido contrário se encontra demasiado próximo.

Verifica-se, por outro lado, que d_1 é aproximadamente igual a 0,15 PSD (vide Figura 2. 2), pelo que só tem de se considerar a distância 0,85 DVU na definição da DMPU. Como se pode ver pela Figura 5. 1, a composição desta hipótese nos dois sentidos de trânsito leva a que a dis-

tância desimpedida⁴ na secção inicial de qualquer zona de ultrapassagem permitida tenha uma extensão pelo menos igual a 0,85 DVU.

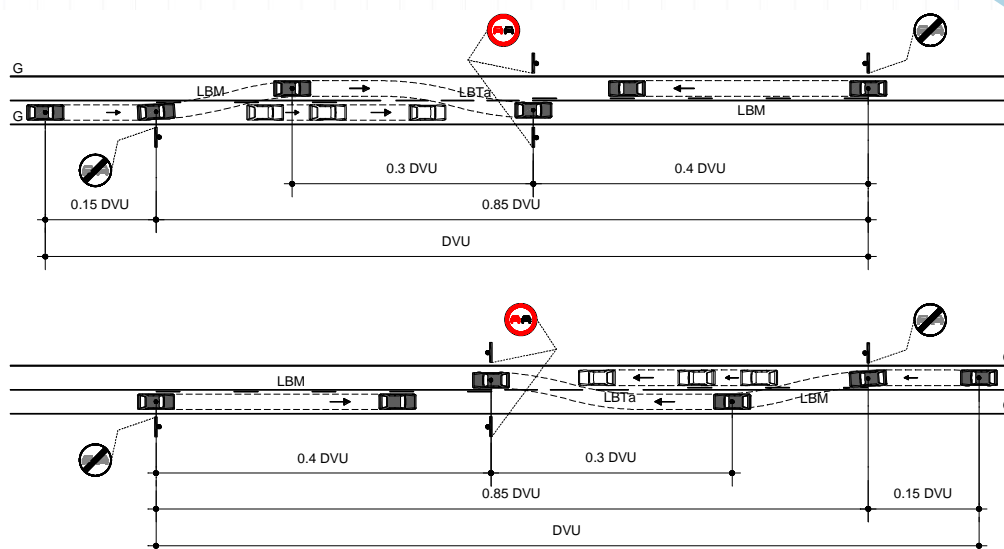


Figura 5. 1 - Composição de 0,85 DVU em ambos os sentidos de trânsito

Assim a DMPU tem os valores da segunda coluna do Quadro 5. 1, sendo a sinalização de uma zona de permissão de ultrapassagem com este comprimento feita de acordo com a Figura 5. 2.

Quadro 5. 1 - DMPU e distância de visibilidade dos sinais C14a – valores teóricos (m)

Velocidade V_{85} (km/h)	DMPU	0.05 DVU	Dist. visib. sinais C14a		0.3 DVU
			PTT 1-6-1	PTT 2,5-7-2,5	
40	238.0	14.0	94.0	107.3	81.2
50	297.5	17.5	117.5	134.2	101.5
60	357.0	21.0	141.0	161.2	121.8
70	416.5	24.5	164.5	188.0	142.1
80	476.0	28.0	188.0	214.9	162.4
90	535.5	31.5	211.5	241.7	182.7
100	595.0	35.0	235.0	268.5	203.0
110	654.5	38.5	261.9	299.2	223.3
120	714.0	42.0	282.0	322.2	243.6

⁴ Não se trata, na verdade, de uma distância de visibilidade, pois uma vez assegurado o desimpedimento visual desta distância a distância de visibilidade necessária para a realização da ultrapassagem não se altera, sendo 0,7 DVU.

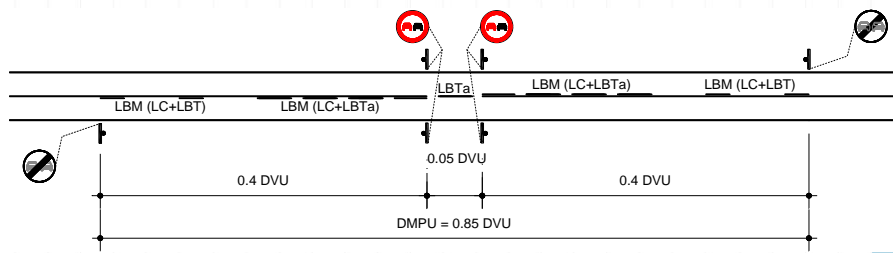


Figura 5. 2 - DMPU - Distância mínima de permissão de ultrapassagem

A proximidade entre sinais C14a na Figura 5. 2 (distância 0,05 DVU – ver também o Quadro 5. 1) parece poder dificultar a sua leitura em ambos os sentidos de trânsito, pela aparente obstrução visual que constituem os sinais respeitantes ao sentido contrário. Verifica-se contudo que as distâncias a que os sinais C14a são visíveis, para os perfis transversais tipo mais correntes e considerando a obstrução visual que constituem os sinais de sentido contrário, são sempre superiores à distância de pré-aviso ($0,3 \text{ DVU} = \frac{2}{3} d_2$)⁵.

Os sinais C14a são visíveis, para o condutor do veículo ultrapassante, no ponto crítico da ultrapassagem assegurando-se assim que a opção de desistir da manobra, em função da sinalização colocada, pode ser tomada atempadamente – Figura 5. 3.

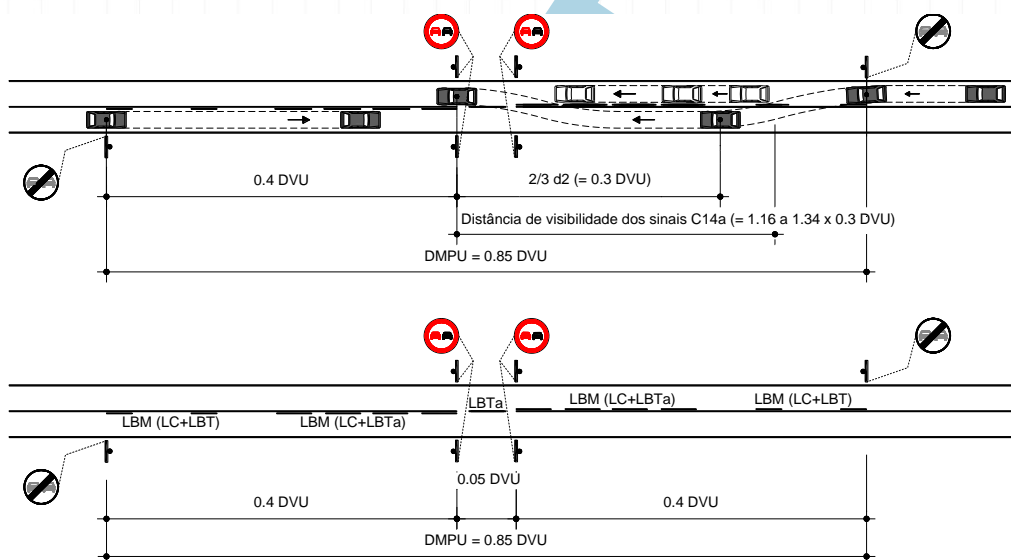


Figura 5. 3 - DMPU e distância de visibilidade dos sinais C14a

A aplicação ao projecto de sinalização rodoviária deste desenvolvimento teórico exige, como em todos os restantes casos, uma adaptação das distâncias calculadas à modulação das linhas longitudinais descontínuas, mormente das linhas de aviso, considerando ainda aspectos de legibilidade das setas de desvio tipo 2 a elas associadas.

Este ajustamento é normalmente um acto simples de projecto. Neste caso tem que ser aprofundado, pois surgem zonas de linha de aviso sobrepostas (respeitantes aos dois sentidos de

⁵ Considerando os perfis transversais tipo 1,0-6,0-1,0 e 2,5-7,0-2,5 num trecho de estrada rectilíneo em planta e em perfil longitudinal, as distâncias de visibilidade, medidas entre o eixo da estrada e os limites exteriores dos sinais C14a, são entre 16% e 34% superiores ao valor de 0,3 DVU, respectivamente.

trânsito) com continuidade em linha mista (LBC + LBTa), como se pode ver na Figura 5. 3, o que exige o estudo da sua geometria para que as setas de desvio cumpram a função que o RST lhes atribui – neste caso a obrigação de passar para a via de trânsito que elas apontam, ou retomar a mão.

Há assim que compatibilizar as distâncias calculadas para as várias V_{85} consideradas com as exequíveis, face à modulação das linhas descontínuas.

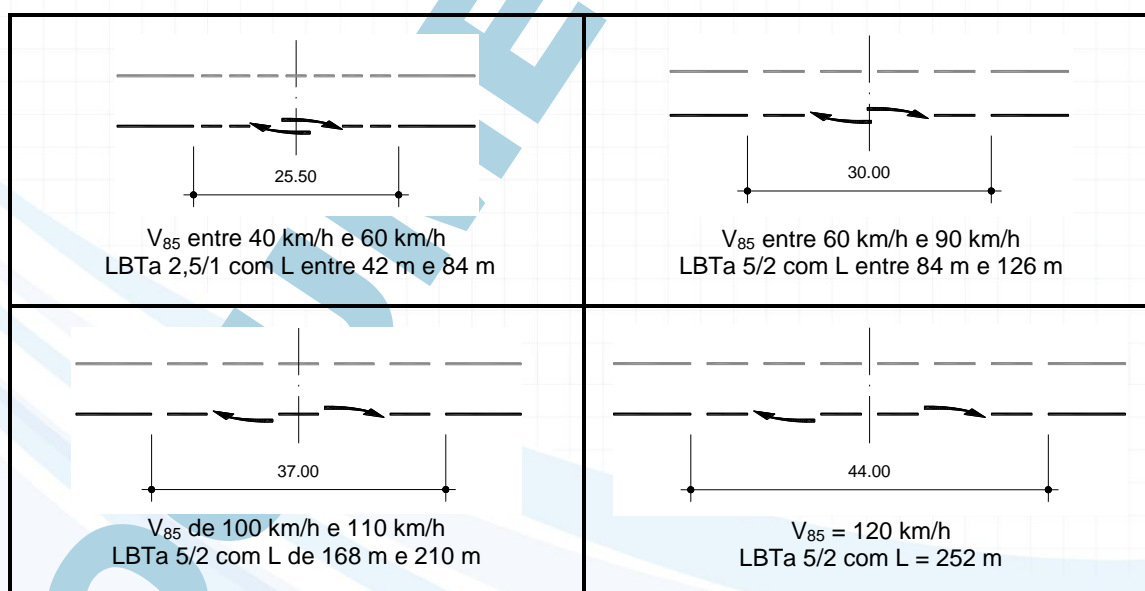
Dada a curta extensão para acomodar o final de duas linhas de aviso determinaram-se os valores de projecto correspondentes a 0,05 DVU – comprimento da **Linha entre Sinais de Proibição de Ultrapassagem (LSPU)** – que compatibilizam a modularidade das linhas de aviso com a correcta colocação das setas de desvio tipo 2 para as várias velocidades, em conformidade com as recomendações que os exemplos de aplicação da NMR [5] constituem.

Há ainda que assegurar que a distância de marcação de Linha Contínua de projecto – **LC**⁶, não é significativamente inferior ao valor teórico⁷ (ver Figura 2. 5 - Critério de Glennon).

No Quadro 5. 2 apresentam-se a geometria e as dimensões da LSPU para as várias velocidades e para os dois tipos de linha de aviso usadas. Na parte superior de cada figura encontra-se, desenhada a cinzento, a linha descontínua de aviso sem as setas de desvio Tipo 2 (M16b), de modo a ver-se a correspondência com a solução final já com estas setas de desvio.

Na Figura 5. 4 indicam-se as distâncias relevantes para a **DMPU de Projecto – DMPUP**, apresentando-se no Quadro 5. 3 os correspondentes valores.

Quadro 5. 2 - Geometria da LSPU



⁶ LC corresponde neste caso, ao comprimento de linha mista como se pode ver na Figura 5. 4. Optou-se por esta designação em coerência com a designação dada a 0,4 DVU no Capítulo 2.

⁷ Os valores de projecto inferiores aos valores de cálculo têm uma diferença máxima de 2,0 m.

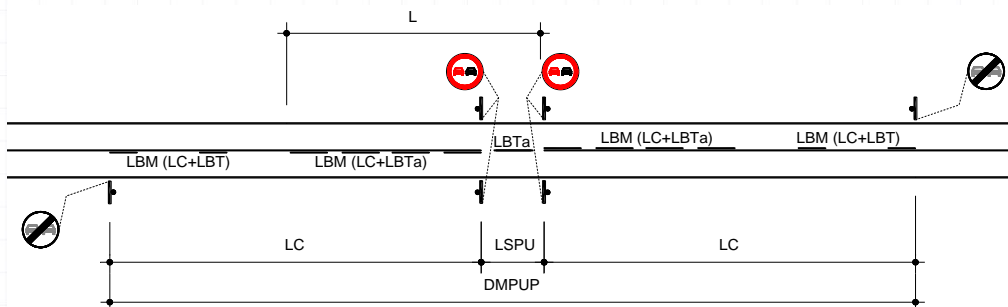


Figura 5. 4 - Distâncias relevantes para a DMPUP

Quadro 5. 3 - Distâncias relevantes para a DMPUP

V ₈₅ (km/h)	L (m) Comprimento da linha de aviso	LC (m)		LSPU (m)		DMPUP (m)	
		para LBTa 2.5/1	para LBTa 5/2	para LBTa 2.5/1	para LBTa 5/2	para LBTa 2.5/1	para LBTa 5/2
40	42	114.5	-	25.5	-	254.5	-
50	42	142.5	-	25.5	-	310.5	-
60	84	170.5	166.0	25.5	30.0	366.5	362.0
70	84	-	194.0	-	30.0	-	418.0
80	126	-	222.0	-	30.0	-	474.0
90	126	-	264.0	-	30.0	-	558.0
100	168	-	285.0	-	37.0	-	607.0
110	210	-	313.0	-	37.0	-	663.0
120	252	-	334.0	-	44.0	-	712.0

Na Figura 5. 5 apresentam-se dois exemplos de aplicação destes valores de projecto: para a V₈₅ de 40 km/h (LBTa 2.5/1, L = 42 m) e para a V₈₅ de 60 km/h e LBTa 2.5/1 com L = 84 m, respectivamente.

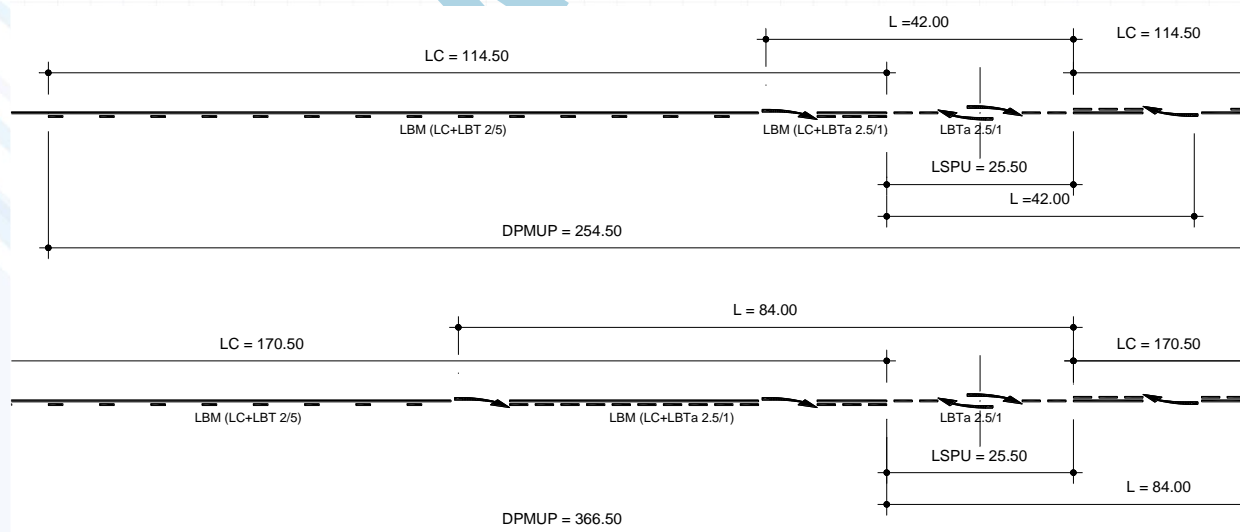


Figura 5. 5 - Exemplos de aplicação da DMPUP

6. Proximidade de trechos de proibição de ultrapassagem

Quando prevalecem distâncias de visibilidade superiores à distância de visibilidade de ultrapassagem 0,7 DVU podem existir situações de contacto ou sobreposição destas distâncias referentes a elementos distintos do traçado e, como tal, contacto ou sobreposição das correspondentes distâncias de pré-aviso (0,3 DVU) e das linhas descontinuas de aviso (de comprimento L).

A sobreposição das linhas descontinuas de aviso pode ser total ou parcial. A sobreposição parcial pode dar-se em dois intervalos: para distâncias superiores a L (correspondente à sobreposição total das linhas descontinuas de aviso⁸) e para distâncias inferiores a este valor, tendo como limite inferior a LSPU. As situações de fronteira, limites dos intervalos definidos, estão esquematizadas na Figura 6. 1.

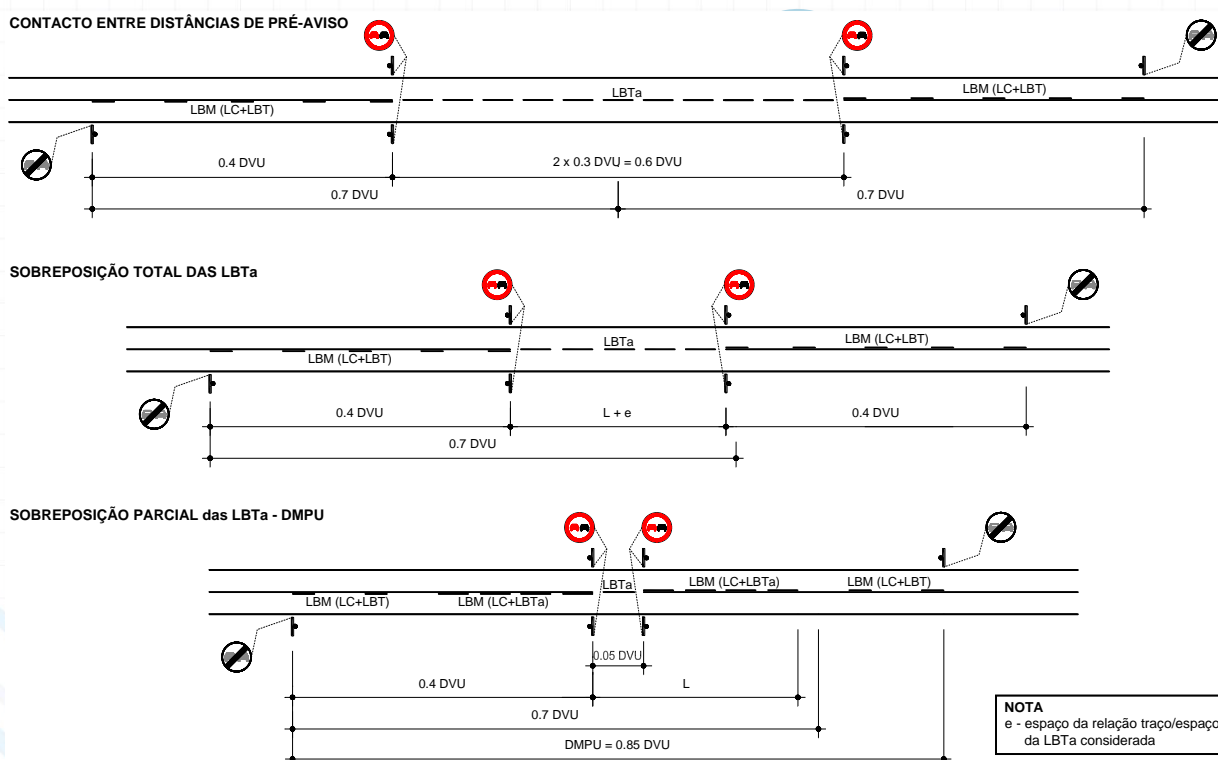


Figura 6. 1 - Contacto e sobreposição das distâncias de pré-aviso

São situações particulares da marcação rodoviária, para as quais devem ser definidas regras, de modo garantir a homogeneidade do seu tratamento. Definem-se assim o tipo de linha axial a considerar entre linhas descontinuas de aviso de sentidos contrários que são próximas e as regras relativas à geometria da sua sobreposição, como se fez para a LSPU.

Assim para o intervalo fechado compreendido entre $2L$ e $0,6$ DVU (comprimentos correspondentes ao contacto entre as linhas descontinuas de aviso e ao contacto entre as distâncias de

⁸ Esta distância é na realidade o comprimento da linha descontinua de aviso aumentado de um espaço da respectiva relação traço/espaço, $L+e$ conforme indicado na Figura 6. 1.

pré-aviso, respeitantes aos dois sentidos de trânsito – Quadro 6. 1) deve utilizar-se exclusivamente linha descontínua de aviso em toda a extensão entre sinais C14a⁹.

Quadro 6. 1 - Comparação dos valores de L e da distância de pré-aviso

Velocidade V_{85} (km/h)	Comprimento da linha de aviso (m)		Distância de pré-aviso (m)	
	L	2 L	0,3 DVU	0,6 DVU
40	42	84	84	168
50	42	84	105	210
60	84	168	126	252
70	84	168	147	294
80	126	252	168	336
90	126	252	189	378
100	168	336	210	420
110	210	420	231	462
120	252	504	252	504

Na composição de linhas de aviso de sentidos contrários que se sobrepõem em parte ou na totalidade do seu comprimento, devem ser seguidas as seguintes regras:

- Considerar o comprimento total de linha de aviso a aplicar nos dois sentidos de trânsito;
- Respeitar a proximidade máxima entre setas de desvio de sentidos contrários, representada na primeira linha do Quadro 5. 2;
- Eliminar as setas de desvio situadas na metade correspondente ao sentido de trânsito contrário, desde que coincidam com as setas de sentido considerado ou que precedam imediatamente as que lhes estejam próximas – ver exemplos da Figura 6. 2 até à Figura 6. 6, elaborados para $V_{85} = 60$ km/h e LBTa 5/2 com $L = 84$ m.

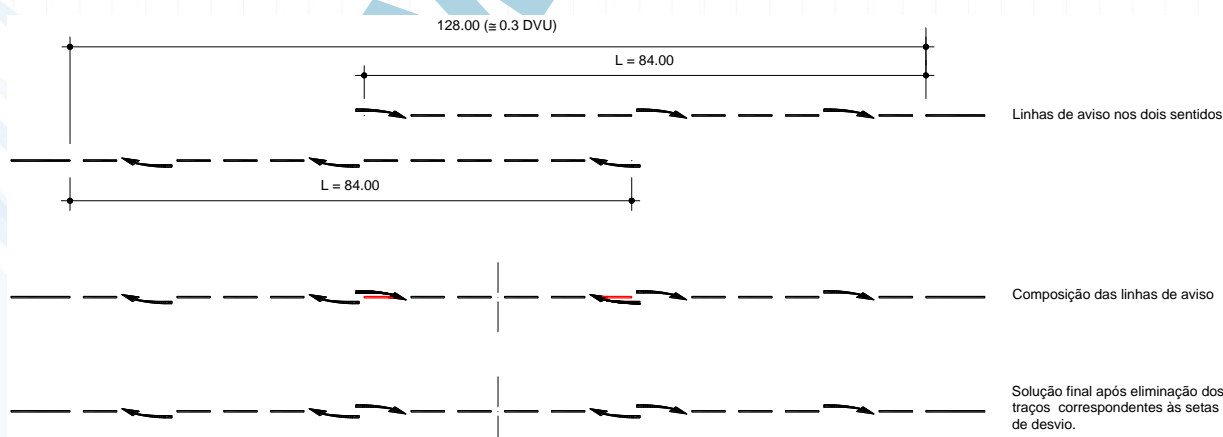


Figura 6. 2 - Exemplo de sobreposição total distâncias de pré-aviso

⁹ Teoricamente aqueles valores deviam coincidir, como se verifica na prática para os valores mais elevados da V_{85} , o que justifica a opção tomada.

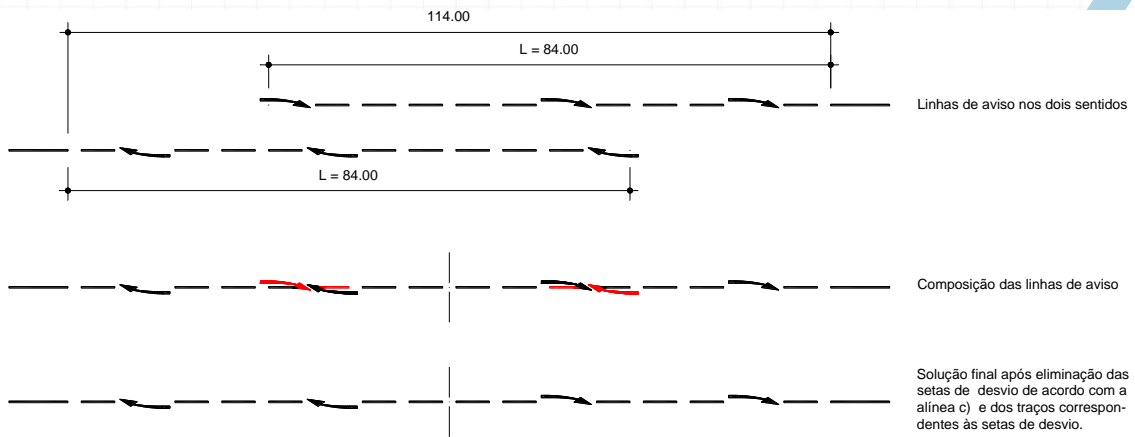


Figura 6. 3 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso

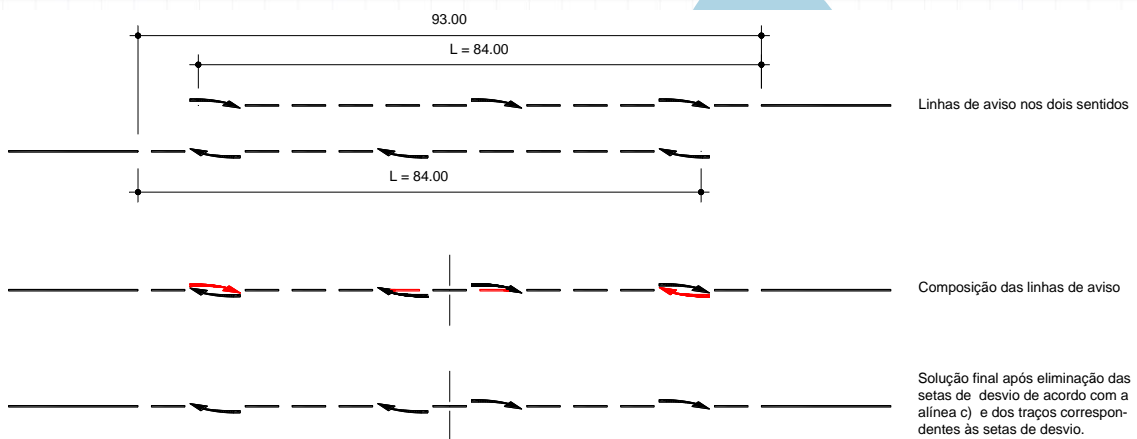


Figura 6. 4 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso

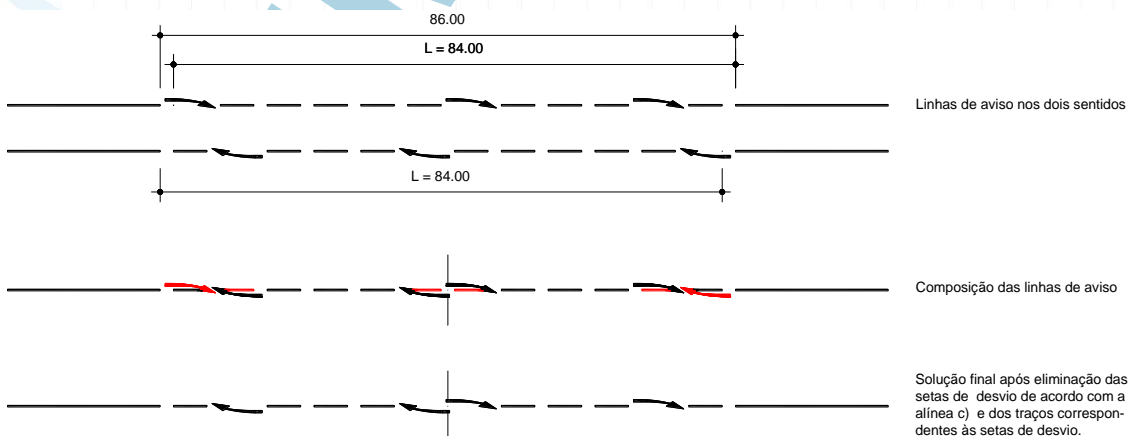


Figura 6. 5 - Exemplo de sobreposição total de linhas descontínuas de aviso

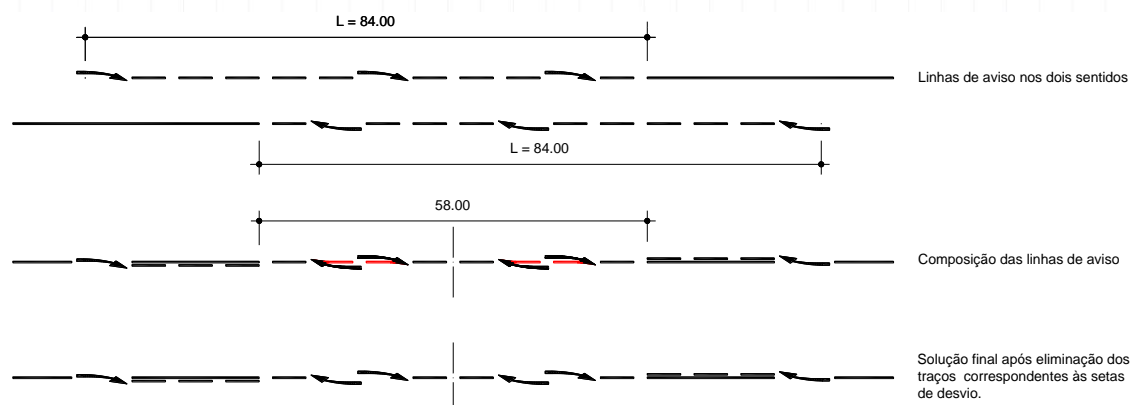


Figura 6. 6 - Exemplo de sobreposição parcial de linhas descontínuas de aviso, com transposição

7. Sucessão de trechos de proibição de ultrapassagem

A experiência mostra que as zonas de proibição de ultrapassagem se podem suceder, não sendo então possível definir zonas de permissão de ultrapassagem ao longo de uma determinada extensão.

Em determinados traçados, de velocidade base mais baixa, em que as curvas em planta e os trainéis de inclinação elevada se sucedem e em que existe uma forte componente de tráfego lento, a heterogeneidade do tráfego faz com que seja perigoso ultrapassar um veículo a 70 km/h ou a 80 km/h enquanto a ultrapassagem de um veículo agrícola ou de um camião muito lento, não tomando mais do que alguns segundos, possa ser feita sem qualquer dificuldade ou perigo [2].

Nestes casos pode acontecer que as zonas de proibição de ultrapassagem se sucedam, ou seja, que entre elementos consecutivos do traçado com limitação de visibilidade não chegue a existir a DMPU, criando assim um constrangimento importante ao tráfego, que se pode prolongar por uma grande extensão – Figura 7. 1 (adaptada de [2]).

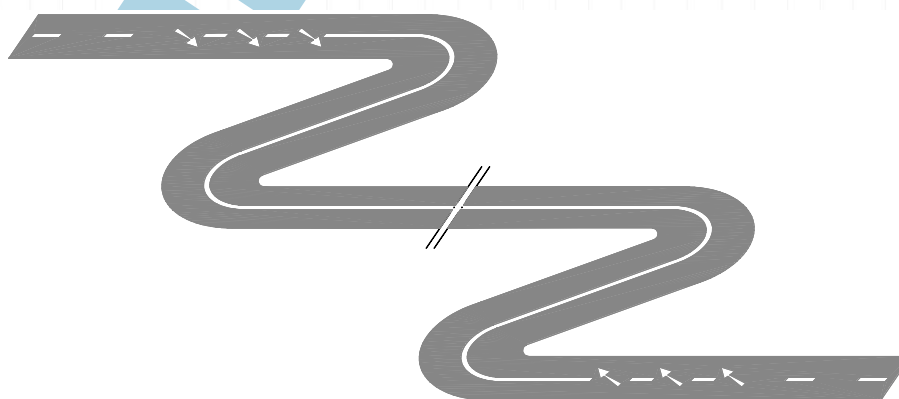


Figura 7. 1 - Solução teórica

Tem-se seguido em Portugal a prática de substituir, nestes casos, a linha contínua por uma linha descontínua de aviso ao longo de toda a extensão de proibição de ultrapassagem obtida

pelo cálculo, desde que esta seja excessiva (a experiência Francesa aconselha esta substituição para extensões superiores a 1 km) e que o ambiente rodoviário o permita. Esta linha descontinua de aviso passa a ter a função de “linha de dissuasão” que não tem qualquer linha contínua ou setas de desvio associadas – Figura 7. 2 (adaptada de [2]).

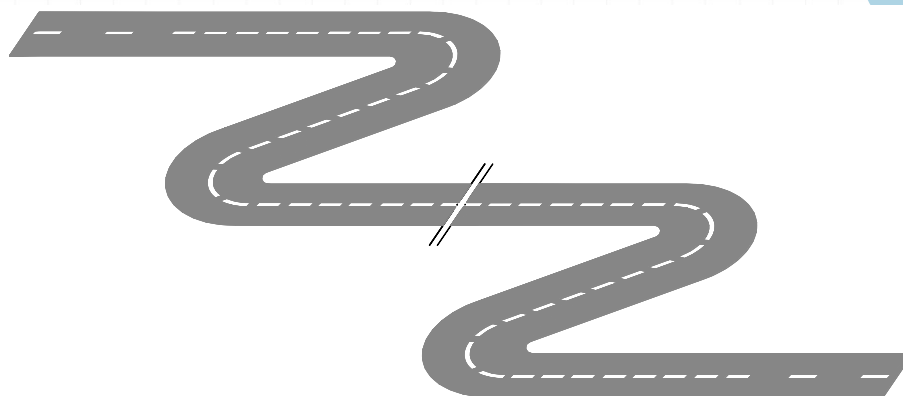


Figura 7. 2 - Solução preconizada

Esta foi a solução utilizada na marcação axial da ER 247 entre Sintra e Colares.

Uma situação de maior perigo, menos legível em termos de traçado, pode exigir a introdução de linha contínua ao longo de um determinado elemento do traçado, a qual deve ser enquadrada pela linha de aviso associada às setas de desvio na extensão adequada.

De salientar que esta solução foi também a adoptada, durante algum tempo, em travessias urbanas de estradas nacionais, sendo claro que neste caso deve utilizar-se a linha axial adequada ao regime de circulação prevalente – dentro das localidades.

Referências

- 1 - Proposta de uniformização dos critérios de sinalização de proibição de ultrapassagem. Comunicação apresentada ao 3.º Congresso Rodoviário Português. Lisboa 2004.
- 2 - L'instruction Interministérielle sur la signalisation routière. Septième Partie: Marques sur Chaussées. Édition Novembre 2008.
- 3 - Norma de Traçado - Norma JAE P3/94. Junta Autónoma de Estradas. Almada, 1994.
- 4 - AASHTO – A policy on geometric design of highways and streets. AASHTO, Washington D.C., 2001.
- 5 - Norma de Marcas Rodoviárias. Norma JAE P5.1.2/95. Junta Autónoma de Estradas, Almada, 1995.
- 6 - CEMT – Règles européennes en matière de circulation et de signalisation routières. 1974.
- 7 - Crisman, B., Marchionna, A e Perco, P. – Photogrammetric Surveys for Definition of a Model for Passing Sight Distance Computation. 2nd International Symposium on Highway Geometric Design. Mainz, 2000.
- 8 - Glennon, J.C. – New and Improved Model of Passing Sight Distance on Two-Lane Highways. Transportation Research Record 1195. TRB, Washington D.C., 1988.
- 9 - Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD). U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration, Washington D.C., 2000.
- 10 - Convention on Road Signs and Signals of 1968 (Convenção de Viena). European Agreement Supplementing the Convention and Protocol on Road Markings, Additional to the European Agreement (2006 consolidated versions). United Nations, 2006.
- 11 - Proposta de uniformização dos critérios de determinação da distância mínima de permissão de ultrapassagem. Comunicação apresentada ao 5.º Congresso Rodoviário Português. Estoril, 2008.