



**Departamento de
Estradas de Rodagem
do Estado do Paraná
DER/PR**

Avenida Iguaçu, 420,
Curitiba – Paraná
CEP 80.230-902
Fone: (41) 3304 8000
Fax: (41) 3304 8130
www.der.pr.gov.br

DER/PR PSR-E 03/24-00

CORREÇÃO FÍSICA E OPERACIONAL DE INTERSEÇÕES E ACESSOS

Manual de Segurança Rodoviária

Aprovado pelo Conselho Diretor em 31/10/2024

Deliberação n.º 391/2024

Este procedimento substitui o Capítulo 3 da Parte 2 do Manual de
Segurança Rodoviária, 1988 – DT.4.08.R.01

Autor: DER/PR (DOP/CETS)

76 páginas

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	2
2	NORMAS E DOCUMENTOS ASSOCIADOS	2
3	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	2
4	PROBLEMA	2
5	APLICAÇÃO.....	2
6	TRATAMENTO DE REGISTROS.....	76
7	ANEXOS	76

HISTÓRICO

Descrição	Documento	Vigência

1 OBJETIVO

Estabelecer a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento de projetos de interseções rodoviárias a fim de minimizar conflitos de trânsito.

2 NORMAS E DOCUMENTOS ASSOCIADOS

Os documentos identificados a seguir compõem a lista de referências bibliográficas citadas e podem compreender requisitos para a aplicação deste procedimento.

DNER, 1999. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais.

DNER, 1975. Normas Suecas para Projeto Geométrico.

DNIT, 2005. Manual de Projeto de Interseções.

DNIT, 2010. Manual de Projetos e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias.

3 ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Este manual se aplica em procedimentos relativos à correção física e operacional de interseções e acessos das rodovias sob jurisdição do DER/PR.

4 PROBLEMA

As interseções são projetadas para operar com veículos, pedestres e bicicletas trafegando em muitas direções e quase sempre ao mesmo tempo. Dada essa característica, as interseções possuem um potencial de sinistros de trânsito elevado, e, portanto, constituem pontos críticos. Muitos dos locais concentradores de sinistros na rede rodoviária do Estado estão localizados, não por coincidência, em áreas de interseções. Assim, a importância de uma adequada prática de projeto não pode ser subestimada.

5 APLICAÇÃO

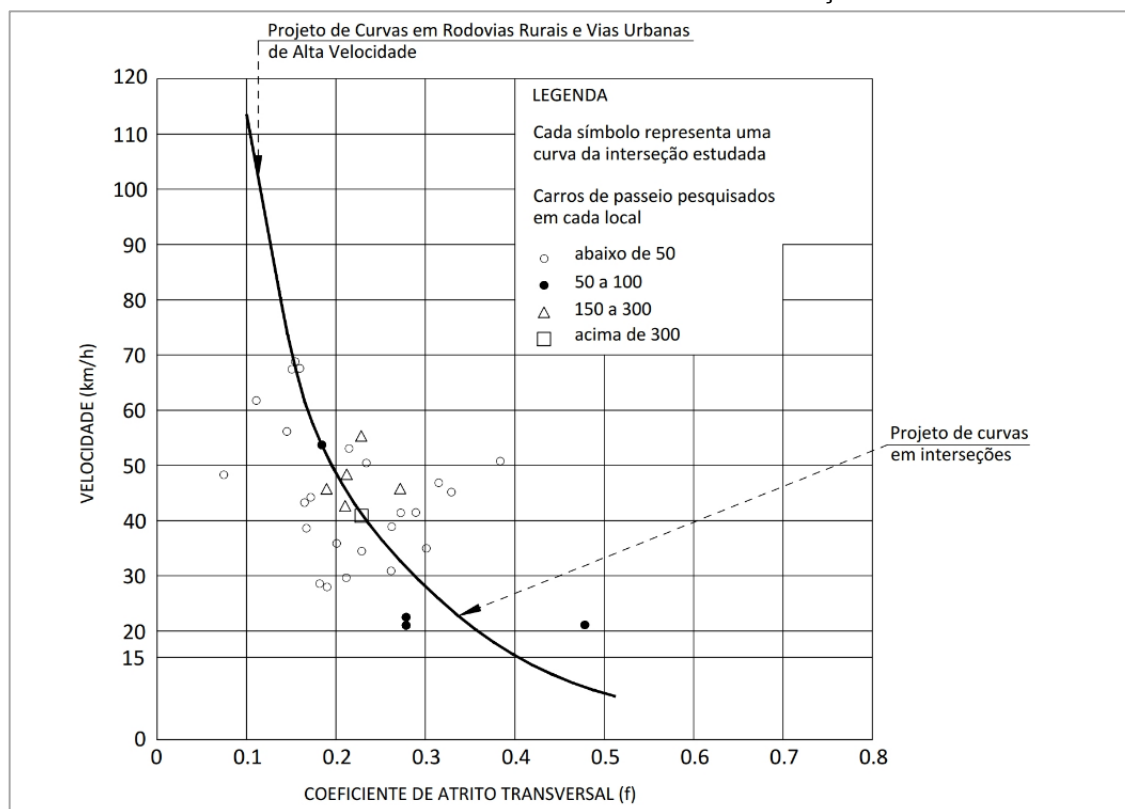
O presente procedimento pretende contribuir nesse sentido, apresentando um conjunto não exaustivo de informações sobre elementos de projeto, com algumas diretrizes para diferentes soluções.

5.1 CURVAS EM INTERSEÇÕES

5.1.1 Raios Mínimos para Diversas Velocidades

A figura 1 apresenta a síntese de resultados obtidos a partir de diversos estudos para determinar a relação entre os coeficientes de atrito transversal e as velocidades em curvas de interseções. Esses estudos se basearam em dados coletados em diversas curvas horizontais.

Figura 1 – Relação entre a velocidade e o coeficiente de atrito nas curvas das interseções.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Para representar a velocidade de projeto em curvas de interseções, adotou-se a velocidade abaixo da qual 95% dos veículos trafegavam. Na figura 1, são apresentados os coeficientes de atrito transversais correspondentes, considerando as superelevações existentes. A linha superior do gráfico indica os coeficientes de atrito transversais a serem utilizados no projeto de curvas de rodovias rurais e urbanas de alta velocidade. Para velocidades mais baixas, o coeficiente de atrito transversal máximo assumido foi de 0,50.

Por meio da relação estabelecida entre o coeficiente de atrito transversal e a velocidade, fixando-se a superelevação da curva, é possível determinar o raio mínimo a ser utilizado. Para o projeto das curvas de interseções, é importante estabelecer um raio mínimo para cada velocidade. Isso pode ser conseguido fixando uma taxa mínima de superelevação (conservadora) para cada raio. Caso a taxa seja maior, o usuário poderá trafegar com maior velocidade e conforto, devido à redução do atrito transversal.

Considerando as condições extremas e os comprimentos disponíveis para o desenvolvimento da superelevação, a taxa mínima variará de 0% a 25 km/h até 9% a 70 km/h. Com base nessas taxas e nos coeficientes de atrito da curva do gráfico

apresentado, foi elaborado o quadro 1, que fornece os raios mínimos para as velocidades de projeto das curvas correspondentes às elevações.

Quadro 1 – Raios Mínimos para Curvas em Interseções

Velocidade de projeto	25	30	40	50	60	70
Coeficiente de atrito – f	0,32	0,28	0,23	0,19	0,17	0,15
Superelevação mínima (%)	0	2	4	6	8	9
Raio mínimo (m)	15	24	47	79	113	161
Raio mínimo adotado (m)	15	25	50	80	115	160

Fonte: Adaptado de Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Notas:

- Os raios acima são adotados de preferência no bordo interno da pista.
- Para $V > 70$ km/h usar valores correspondentes a vias em geral.
- Para fluxo contínuo os raios de curva deverão ser maiores que 30 m.

5.1.2 Curvas de Transição

A conformação da seção transversal da rodovia varia gradualmente de uma situação básica em tangente até atingir o valor total da superelevação necessária para a curva circular. Essa transição ocorre ao longo de um trecho específico da estrada.

Considerando que a prática comum é a variação linear da superelevação nesse trecho de transição, e que o veículo percorre a curva com velocidade constante, a curva de clotóide é a opção que proporciona o equilíbrio ideal entre o aumento da superelevação e o crescimento da aceleração centrífuga. Por isso, ela é amplamente adotada como padrão nos projetos rodoviários modernos e está disponível em sistemas computadorizados de projeto de estradas.

Porém, em situações de pouca relevância prática, o uso da curva de clotóide pode ser dispensado, tais como:

- a trajetória descrita pelos veículos no trecho de transição puder ser acomodada dentro do conjunto tangente - curva circular sem maior dificuldade;
- os comprimentos de clotóide forem pequenos e praticamente se confundirem com o conjunto tangente - curva circular que substituem;
- for pequeno o crescimento da aceleração centrífuga;

Existem vários critérios visando orientar o estabelecimento do limite de emprego de curvas de transição. Pode-se citar, a título ilustrativo:

- que o afastamento (recuo) entre circunferência e tangente (ΔR ou p) seja superior a 0,30 m;
- que o ângulo central do segmento de clotoide (Sc) seja superior a $3^{\circ}11'$;
- que a curva requeira uma superelevação igual ou inferior a 3%.

Para fins de projetos rodoviários comuns, recomenda-se o critério associado à aceleração centrífuga. Por esse critério dispensa-se o uso de curva de transição quando a aceleração centrífuga a que o veículo é submetido na curva circular for igual ou inferior a $0,4\text{m/s}^2$, ou seja quando $R \geq 0,193V^2$, conforme o quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Valores dos raios acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Fonte: Adaptado de Manual de Projeto Geométricos de Rodovias Rurais (DNER, 1999).

Para rodovias do mais elevado gabarito, com altos padrões de projeto, deverão ser adotados limites superiores, bem como maiores comprimentos para as clotoídes.

5.2 PADRÕES MÍNIMOS DE PROJETO DE INTERSEÇÕES

5.2.1 Critérios para Emprego

Os padrões mínimos se referem às mínimas dimensões possíveis, capazes de propiciar a circulação do veículo de projeto considerado. As aplicações de projetos mínimos para os movimentos de conversão são numerosas, mesmo em áreas rurais, e adequadas onde as velocidades são em geral baixas, ou os custos de desapropriação elevados, ou os movimentos de conversão apenas ocasionais. As velocidades de conversão em projetos mínimos situam-se no entorno de 15 km/h, para o veículo de projeto adotado.

5.2.2 Raios Mínimos do Bordo Interno

Para a definição dos veículos de projeto no *Manual de Projeto de Interseções* (DNIT – 2005), foram utilizadas as características de veículos recomendadas pela AASHTO, com designações adequadas ao português. São cinco tipos básicos de veículos de projeto, a serem adotados conforme as características predominantes do tráfego em cada caso:

Os veículos de projeto do *Manual de Projeto de Interseções (DNIT - 2005)* são divididos em cinco tipos, cada um correspondendo às características predominantes do tráfego. São eles:

- VP - Veículos leves, que compreendem automóveis, minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares, com características físicas e operacionais similares;
- CO - Veículos comerciais rígidos não articulados, como caminhões e ônibus convencionais, geralmente com dois eixos e quatro a seis rodas;
- O - Veículos comerciais rígidos maiores, incluindo ônibus urbanos longos, ônibus de longa distância e turismo e caminhões longos, muitas vezes com três eixos (tracção), ultrapassando as dimensões do veículo CO básico, aproximando-se do limite máximo legal de comprimento para veículos rígidos;
- SR - Veículos comerciais articulados, com uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semirreboque, seu comprimento é próximo do limite máximo legal para veículos dessa categoria;
- RE - Veículos comerciais com reboque, compostos por um caminhão trator trucidado, um semirreboque e um reboque, semelhante ao veículo conhecido como bitrem e com comprimento máximo permitido por lei.

O quadro 3 uma adaptação da tabela da AASHTO, cujos valores deverão ser adotados para a elaboração dos projetos mínimos.

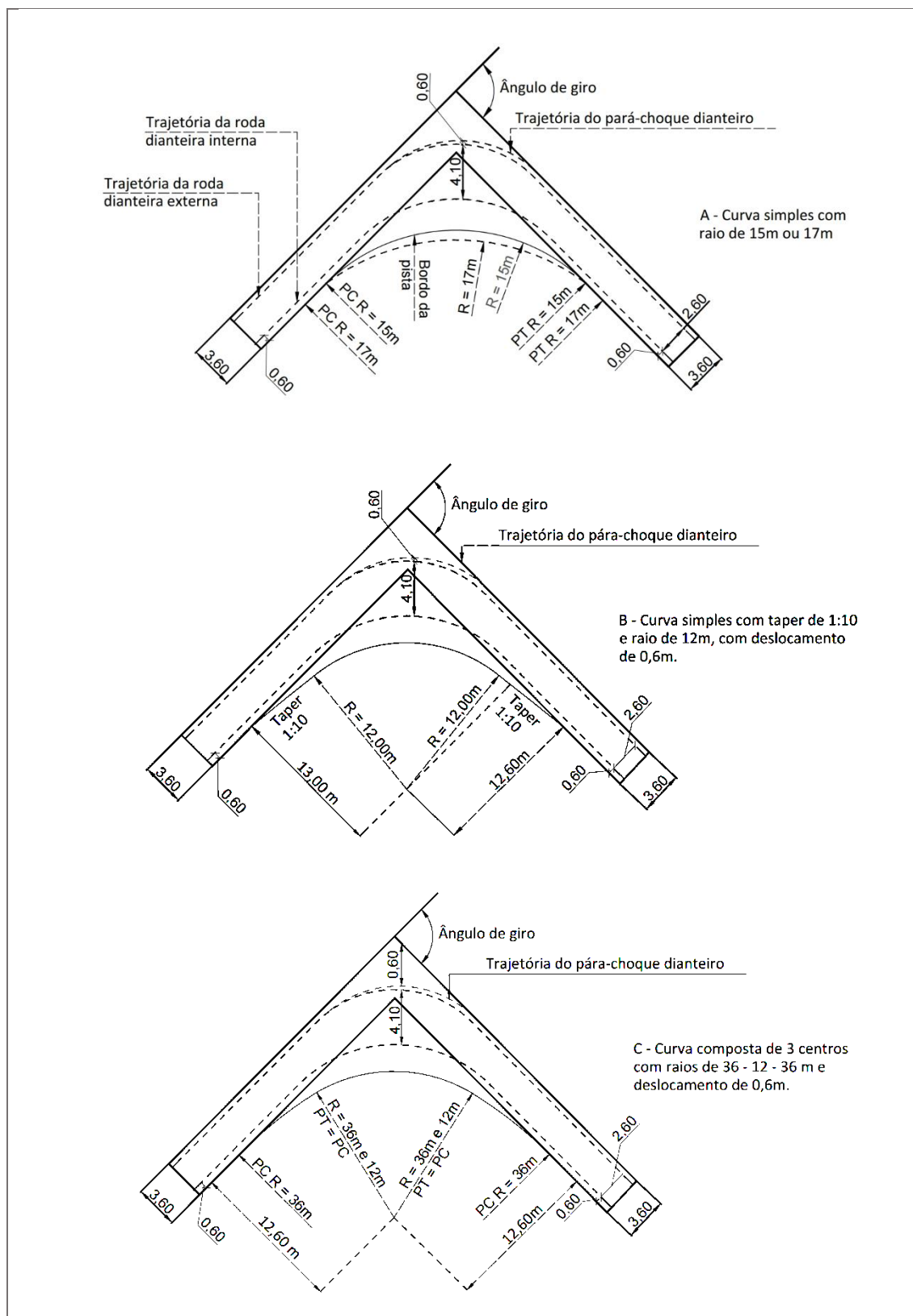
Quadro 3 – Curvas para projetos mínimos não canalizados de bordos de pavimentos.

Veículo de Projeto	Ângulo de conversão (Grau)	Raio Curva Simples (m)	Curva composta de três centros		Curva Circular Simples com taper		
			Raios (m)	Afastam. (m)	Raio (m)	Afastam. (m)	Taper (m)
VP	30	18	-	-	-	-	-
CO		30	-	-	-	-	-
SR		60	-	-	-	-	-
VP	45	15	-	-	-	-	-
CO		23	-	-	-	-	-
SR		53	60-30-60	1,0	36	0,6	15:1
VP	60	12	-	-	-	-	-
CO		18	-	-	-	-	-
SR		45	60-23-60	1,7	29	1,0	15:1
VP	75	11	30-8-30	0,6	8	0,6	10:1
CO		17	36-14-36	0,6	14	0,6	10:1
SR		-	45-15-45	2,0	20	1,0	15:1
VP	90	9	30-6-30	0,8	6	0,8	10:1
CO		15	36-12-36	0,6	12	0,6	10:1
SR		-	55-18-55	2,0	18	1,2	15:1
VP	105	-	30-6-30	0,8	6	0,8	8:1
CO		-	30-11-30	1,0	11	1,0	10:1
SR		-	55-14-55	2,5	17	1,2	15:1
VP	120	-	30-6-30	0,6	6	0,6	10:1
CO		-	30-9-30	1,0	9	1,0	10:1
SR		-	55-12-55	2,6	14	1,2	15:1
VP	135	-	30-6-30	0,5	6	0,5	10:1
CO		-	30-9-30	1,2	9	1,2	10:1
SR		-	48-11-48	2,7	12	2,0	15:1
VP	150	-	23-6-23	0,6	6	0,6	10:1
CO		-	30-9-30	1,2	9	1,2	8:1
SR		-	48-11-48	2,1	11	2,1	6:1
VP	180	-	15-5-15	0,2	5	0,2	20:1
CO		-	30-9-30	0,5	9	0,5	10:1
SR		-	40-8-40	3,0	8	3,0	5:1

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

A figura 2 ilustra a sua aplicação para conversões dos veículos de projeto CO em ângulos de 90°.

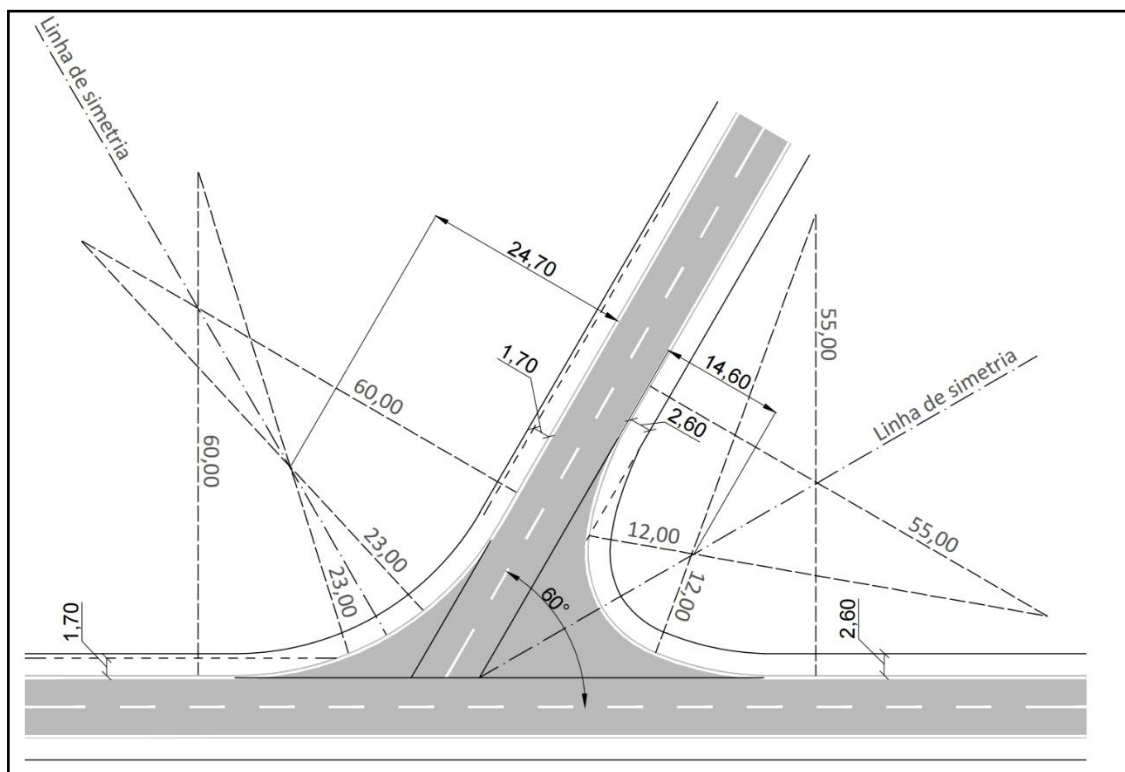
Figura 2 – Projeto mínimo para veículos do tipo CO (Conversão de 90°)



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

A figura 3 apresenta um projeto com curvas circulares compostas para veículo de projeto SR e para ângulos de conversão de 120° e 60° . Recomenda-se que seja sempre usada a curva correspondente ao maior veículo que representa uma percentagem apreciável do tráfego que gira no local considerado.

Figura 3 – Projeto de curvas de três centros para veículos tipo SR.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

Em conversões não canalizadas os valores mostrados no quadro 3 são aplicáveis onde é desejável ou necessário manter a área da interseção do menor valor possível pode ser selecionada qualquer combinação da tabela, em função do veículo de projeto selecionado. Outras combinações não indicadas também podem ser usadas com resultados satisfatórios. Observar que para padrões mínimos as relações e limitações anteriormente apresentadas no item 5.1 não se aplicam.

5.2.3 Padrões Mínimos para Pistas de Conversão Canalizadas

Para que haja uma maior fluidez no tráfego, é recomendável utilizar velocidades superiores a 15 km/h, o que requer raios de curvatura maiores. No entanto, é importante evitar que haja um aumento excessivo na área pavimentada, pois isso pode desorientar os motoristas. Uma alternativa é a utilização de ilhas triangulares canalizadoras em espaços ociosos, que asseguram o movimento ordenado dos veículos. Essas ilhas

devem ser projetadas com tamanho mínimo possível, afastadas das faixas de tráfego direto em 0,60 m e, nas áreas rurais, delineadas por pintura no pavimento. Já em áreas urbanas, é importante utilizar meios-fios intransponíveis para a proteção dos pedestres.

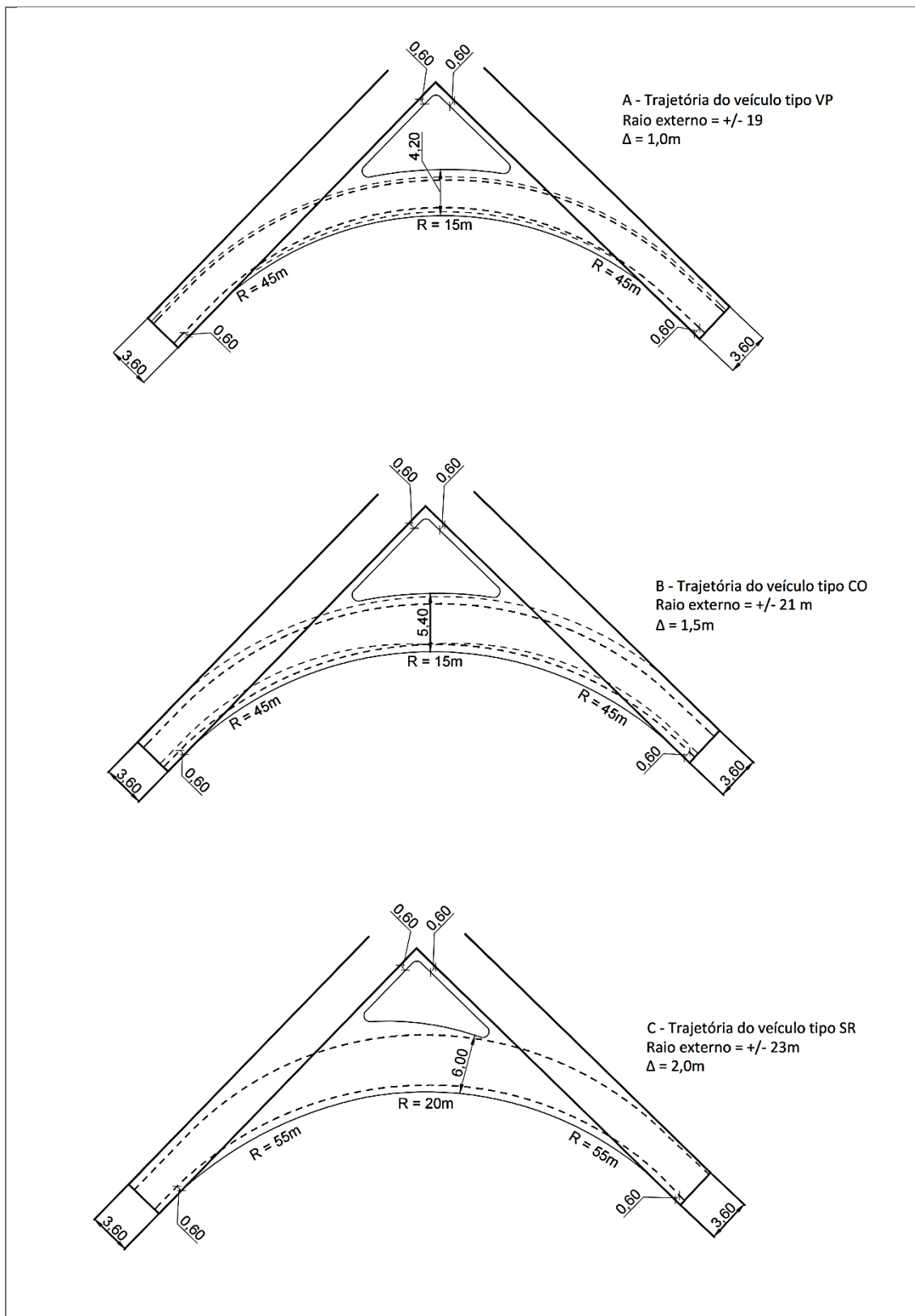
O quadro 4 apresenta as condições mínimas recomendadas pela AASHTO para essas pistas, permitindo que os automóveis façam conversões a 25 km/h e os caminhões a velocidades mais baixas, sem invadir as faixas adjacentes. O quadro 4 também fornece os parâmetros para raios de curvatura em função do ângulo da curva e das condições de trânsito, além da largura da pista e do tamanho da ilha. Geralmente opta-se por ângulos de curvas acima de 75°, enquanto ângulos superiores a 150° requerem raios maiores que os indicados. Para fins de projeto, as condições de conversão são classificadas em três categorias:

- Condição A: Permite a conversão de veículos leves (VP) com facilidade, e de veículos comerciais rígidos com restrições.
- Condição B: Permite a conversão de veículos comerciais rígidos (CO) com facilidade e de veículos comerciais articulados com invasão das faixas adjacentes.
- Condição C: Permite a conversão de veículos comerciais articulados (SR) sem invasão das faixas adjacentes.

Como orientação para o emprego dos valores do quadro 4 sugere-se usar a Condição C quando isso não implicar em grande aumento de despesas ou quando for esperado grande movimento de veículos dos tipos indicados.

A figura 4 ilustra a aplicação de algumas curvas recomendadas para a conversão à 90°.

Figura 4 – Condições mínimas de projeto para pistas de conversão (Conversão à 90°).



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

Quadro 4 – Padrões mínimos de pistas de conversão canalizadas.

Ângulo central (grau)	Classificação de Projeto	Curva de 3 centros		Largura da Pista (m)	Área da Ilha (m²)
		Raio (m)	Afastam. (m)		
75	A	45 - 23 - 45	1,0	4,2	5,5
	B	45 - 23 - 45	1,5	5,4	5,0
	C	55 - 28 - 55	1,0	6,0	5,0
90	A	45 - 15 - 45	1,0	4,2	5,0
	B	45 - 15 - 45	1,5	5,4	7,5
	C	55 - 20 - 55	2,0	6,0	11,5
105	A	36 - 12 - 36	0,6	4,5	6,5
	B	30 - 11 - 38	1,5	6,6	5,0
	C	55 - 14 - 55	2,4	9,0	5,5
120	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	11,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,2	8,5
	C	55 - 12 - 55	2,5	10,2	20,0
135	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	43,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,8	35,0
	C	48 - 11 - 48	2,7	10,5	60,0
150	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	130,0
	B	30 - 9 - 30	2,0	9,0	110,0
	C	48 - 11 - 48	2,1	11,4	160,0

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.3 LARGURAS DOS RAMOS E ESPAÇO LIVRE LATERAL

5.3.1 Largura dos Ramos

Para garantir a segurança na interseção, a largura de um ramo deve incluir a largura da pista de rolamento e acostamento e/ou faixas de segurança. Os ramos que compõem uma faixa devem permitir a ultrapassagem de um veículo imobilizado, exceto em casos de ramos de pequena extensão, como agulhas. Os ramos das interseções poderão ser providos de acostamentos ou não, mas os obstáculos deverão ficar afastados das pistas de rolamento. Faces de pilares deverão manter num afastamento mínimo desejável de 1,50 metros do bordo. Tratando-se de muros de arrimo ou cortes íngremes, estes deverão distar pelo menos 0,80 metros em tangente. Em acostamentos, prevalecem os parâmetros estabelecidos para rodovias.

Ramos que antecedem locais de parada obrigatória não devem ter acostamentos, uma vez que estes correm o risco de serem utilizados para estacionamento ou como faixa

de espera para conversões, o que pode prejudicar a operação e a segurança na interseção.

A largura de um ramo é influenciada pelo tipo de operação, curvatura, volume e natureza do tráfego de conversão. Os tipos de operação nas pistas de conversão podem ser classificados em:

- Caso I - Operação em uma única faixa e um sentido, não sendo previstas ultrapassagens; adotado para movimentos de conversão secundários e baixos volumes de trânsito, onde a pista de conversão é relativamente curta.
- Caso II - Operação em uma única faixa e um sentido, sendo prevista a possibilidade de ultrapassagem dos veículos parados; aplicável para todos os movimentos de conversão com intensidade de trânsito de moderado a pesado que não exceda, entretanto, a capacidade de operação de uma ligação de faixa única.
- Caso III - Operação em faixa dupla, com mão única ou dupla; aplicável onde a operação é feita em um ou nos dois sentidos para trânsito muito intenso.

As condições do tráfego podem ser classificadas como:

- Condição de tráfego A - predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos do tipo CO.
- Condição de tráfego B – número suficiente de veículos CO para impor as condições do projeto, com alguma consideração para veículos SR; volumes moderados de caminhões, perfazendo 5 a 12% do tráfego total.
- Condição de tráfego C - número suficiente de veículos O para impor as condições do projeto, ou intensidade elevada de caminhões incluindo alguns semirreboques.

O quadro 6 apresenta as larguras das pistas de rolamento para cada tipo de operação em combinação com cada condição de tráfego. As larguras das faixas de segurança devem ser sempre incluídas nessas larguras. Na parte inferior da tabela são indicadas as alterações que devem ser feitas nas larguras para levar em conta a natureza das margens.

Cabe destacar que o Caso II descrito no quadro 6 se refere à suposição de que o segundo veículo indicado esteja parado. Para uma melhor compreensão das hipóteses de tráfego apresentadas no quadro 6, convém consultar o quadro 5.

Quadro 5 – Condições de tráfego para determinação de largura de pista.

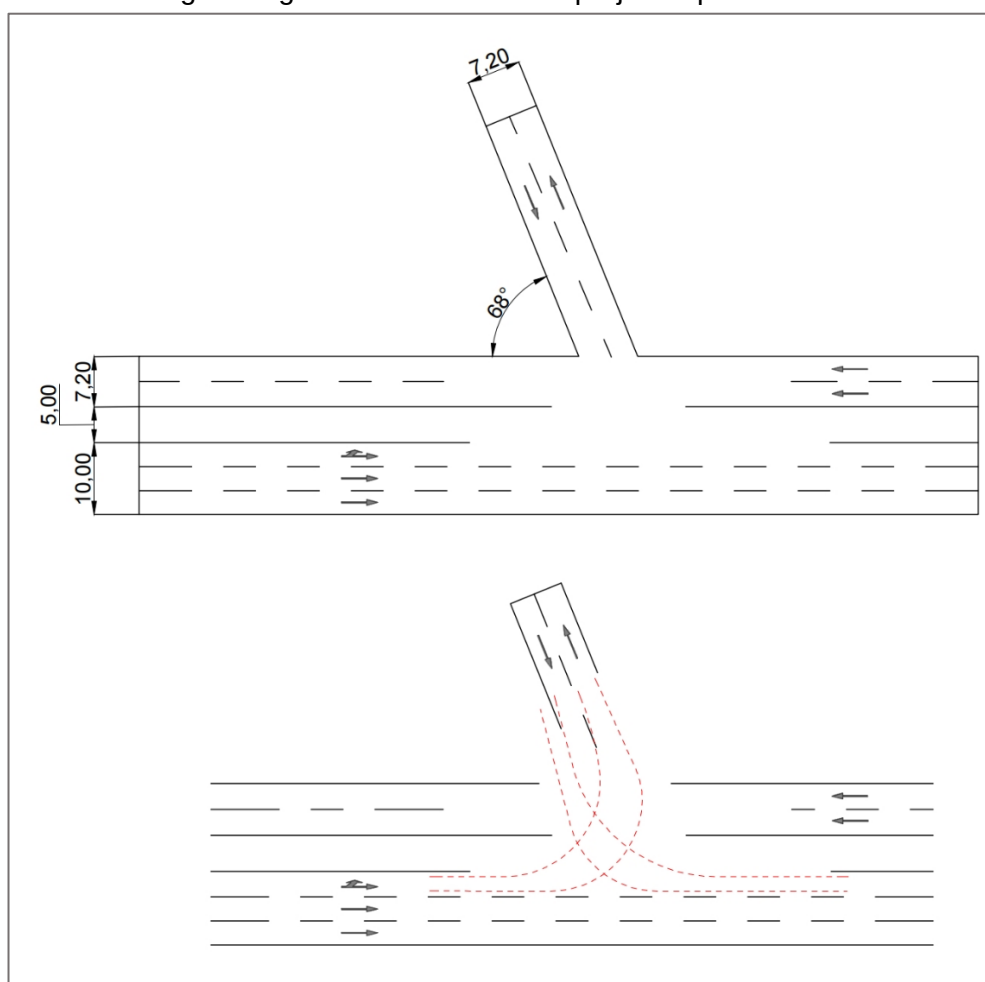
Caso	Condição A	Condição B	Condição C
Caso 1	P	CO	SR
Caso 2	P - P	P - CO	CO - CO
Caso 3	P - CO	CO - CO	SR - SR

Fonte: Manual de projeto de Interseções (DNIT, 2005)

Em relação às curvas de conversão, as larguras das pistas devem seguir o estipulado no quadro 6 , salvo em casos de curvas com raio muito pequeno, cujas larguras devem ser determinadas através de experimentações com a utilização do gabarito do veículo de projeto. Esse método consiste em posicionar o gabarito de giro do veículo em uma planta base da interseção, por meio de uma transparência, e desenhar as ilhas e/ou bordos do pavimento de modo que se ajustem às trajetórias de giro do veículo (figura 5 e figura 6).

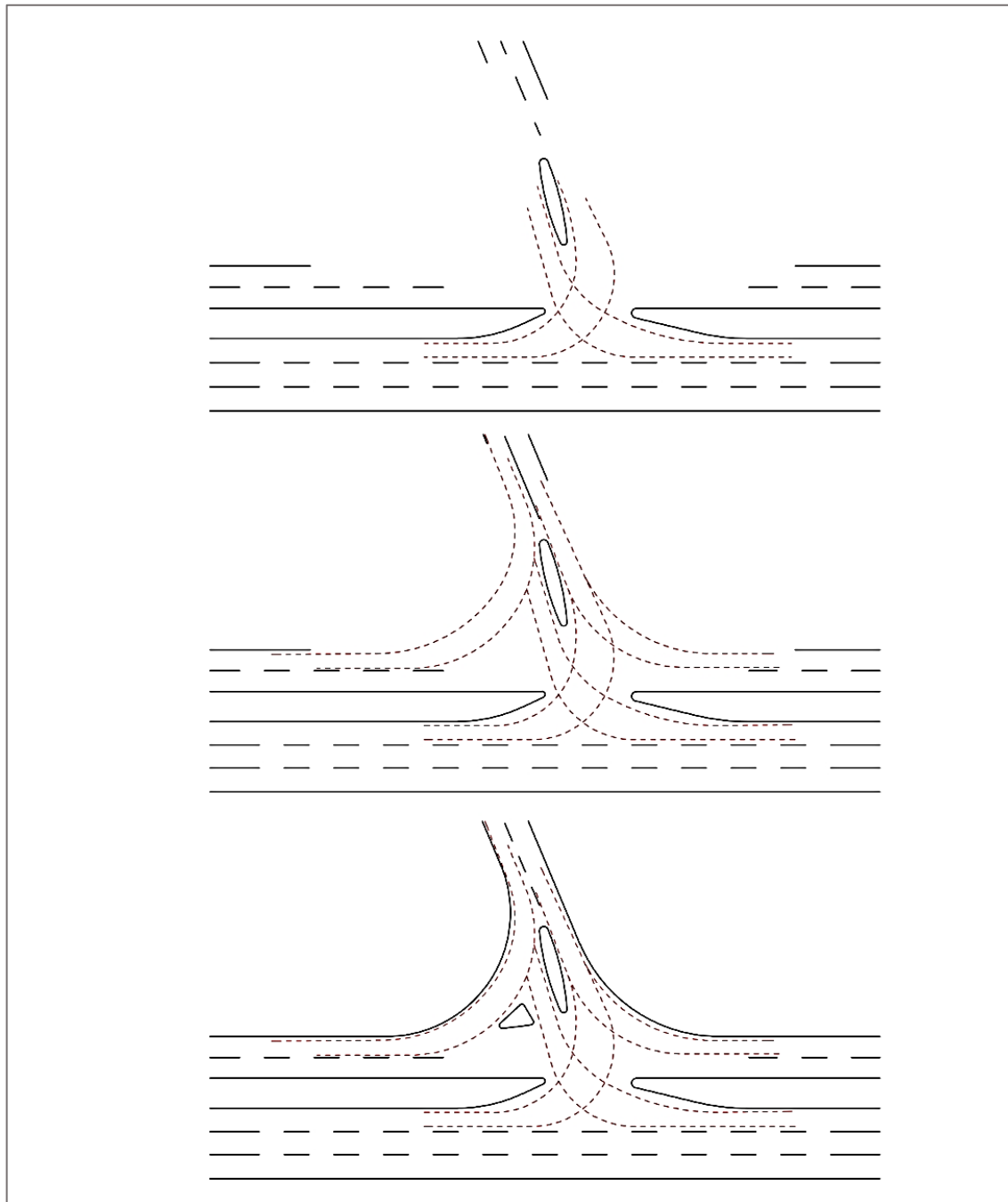
Quando esse método de determinação de largura for utilizado, o primeiro passo é estabelecer um raio para o bordo externo 0,60m maior que o raio de giro específico do gabarito do veículo. Com isso, o bordo interno da pista pode ser definido através de uma curva circular simples ou por uma combinação de curvas de três centros. A largura total do pavimento deve ser, então, cerca de 1,20 m maior que a largura estipulada pelo gabarito.

Figura 5 – Transferências das trajetórias de giro do gabarito de veículo de projeto a planta.



Fonte: Manual de projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 6 – Desenvolvimento da canalização para ajustes às trajetórias de giro.



Fonte: Manual de projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Quadro 6 – Largura das pistas de conversão – m.

R Raio do Bordo Interno (m)	CASO 1 (1 Faixa, mão única sem ultrapassagem)	CASO 2 (1 Faixa, mão única, passagem por veículo parado)	CASO 3 (2 Faixas, mão única ou dupla)
	A - B - C	A - B - C	A - B - C
15	5,4 5,5 7,0	6,0 7,8 9,2	9,4 11,0 13,6
25	4,8 5,0 5,8	5,6 6,9 7,9	8,6 9,7 11,1
30	4,5 4,9 5,5	5,5 6,7 7,6	8,4 9,4 10,6
50	4,2 4,6 5,0	5,3 6,3 7,0	7,9 8,8 9,5
75	3,9 4,5 4,8	5,2 6,1 6,7	7,7 8,5 8,9
100	3,9 4,5 4,8	5,2 5,9 6,5	7,6 8,3 8,7
125	3,9 4,5 4,8	5,1 5,9 6,4	7,6 8,2 8,5
150	3,6 4,5 4,5	5,1 5,8 6,4	7,5 8,2 8,4
Tangente	3,6 4,2 4,2	5,0 5,5 6,1	7,2 7,9 7,9
Modificação da largura em face das condições dos bordos do pavimento			
Acostamento não estabilizado	-	-	-
Meio-fio transponível	-	-	-
Meio-fio intransponível:			
Um lado	+ 0,30 m	-	+ 0,30 m
Dois Lados	+ 0,60 m	+ 0,30 m	+ 0,60 m
Barreira rígida:			
Um lado	+ 0,60 m	+ 0,30 m	+ 0,60 m
Dois Lados	+ 1,20 m	+ 0,60 m	+ 1,20 m
Acostamento estabilizado de um ou dois lados.	Largura da faixa para as condições B e C pode ser reduzida em tangente para 3,60 m se o acostamento for igual ou superior a 1,20 m	Subtraia a largura do acostamento. A largura não deve ser menor que a correspondente ao Caso 1.	Subtraia 0,60 m se a largura do acostamento for igual ou superior a 1,20 m.
A = Predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos CO. B = Número suficiente de veículos CO para governar o projeto, mas é dada alguma consideração para veículos SR. C = Número suficiente de veículos O e SR para governar o projeto.			

Fonte: Manual de projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.3.2 Espaço Livre Lateral

Além da pista pavimentada, os ramos de interseções devem prever a construção de acostamentos, faixas de segurança ou a manutenção de espaços livres laterais em sua seção transversal. Normalmente em áreas rurais, são previstos acostamentos à direita, com as mesmas características dos trechos contínuos, embora com menor largura. Contudo, é importante lembrar que veículos pesados têm tendência a utilizá-los como parte integrante da pista de giro. Em trechos de alta velocidade, o uso de meios-fios deve ser evitado, embora sejam aconselháveis em áreas urbanas para ajudar a evitar depressões e desgastes nos bordos da via.

As dimensões mínimas exigidas para os acostamentos e faixas de segurança estão indicadas no quadro 7. É importante acrescentar 0,60 m à largura indicada para onde houver barreira rígida lateral, para compensar o atrito lateral causado por ela. Quando os volumes de tráfego não forem baixos, acostamentos à direita devem ser pavimentados ou estabilizados em uma largura de pelo menos 1,20 m. Todos os valores apresentados no quadro 7 devem ser aumentados quando a distância de visibilidade assim requerer.

Quadro 7 – Largura do acostamento ou espaço lateral equivalente.

Condição do Ramo	Projeto	Largura do Acostamento espaço livre equivalente – (m)	
		Esquerda	Direita
Trechos curtos, geralmente dentro de interseção canalizada	Mínima Desejável	0,60	0,60
		1,20	1,20
Trechos médios a longos, em corte ou em aterro	Mínima Desejável	1,20	1,80
		3,00	3,60

Fonte: Adaptado de Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.4 SUPERELEVAÇÃO EM PISTAS DE CONVERSÃO

O quadro 8 mostra as taxas de superelevação recomendadas em relação às velocidades do projeto. A ampla variação das velocidades em curvas de interseção elimina a necessidade de precisão, de modo que uma faixa de taxas de superelevação é fornecida para cada combinação de velocidade e raio. Valores situados na metade ou terço superiores devem ser preferidos, reconhecendo-se, todavia, que as condições locais impedem muitas vezes que valores desejáveis possam ser utilizados, em particular devido às extensões disponíveis para efetuar transição de superelevação. De qualquer modo, a taxa de 2% é considerada um mínimo prático por questões de drenagem.

Observar que os raios superiores ao mínimo, para uma dada velocidade de projeto, são encontrados em situações como as descritas a seguir.

- A velocidade é estabelecida pela porção terminal da pista de conversão, com a porção central mais aberta;
- A pista de conversão como um todo é de relativamente baixa curvatura, porém a velocidade é limitada no extremo por um sinal de “PARE”;
- A velocidade é baixa em relação à curvatura devido a outras limitações de velocidade.

Quadro 8 – Taxas de superelevação para curvas em interseções (%).

R (m)	Velocidade de Projeto da Curva – km/h					
	20	30	40	50	60	70
15	2-10	-	-	-	-	-
25	2-7	2-10	-	-	-	-
50	2-5	2-8	4-10	-	-	-
70	2-4	2-6	3-8	6-10	-	-
100	2-3	2-4	3-6	5-9	8-10	-
150	2-3	2-3	3-5	4-7	6-9	9-10
200	2	2-3	2-4	3-5	5-7	7-9
300	2	2-3	2-3	3-4	4-5	5-6
500	2	2	2	2-3	3-4	4-5
700	2	2	2	2	2-3	3-4
1000	2	2	2	2	2	2-3

Fonte: Adaptado de Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

- I) Usar de preferência valores na metade ou terço superiores.
- II) Para velocidades superiores a 70 km/h deve-se adotar valores correspondentes às vias em geral.

5.4.1 Rampas de Superelevação Admissíveis

Para garantir o conforto e segurança dos veículos sujeitos à manobra de variação de superelevação - a diferença entre os greides do eixo de rotação e do bordo da pista (rampa de superelevação r) não deve ultrapassar os valores indicados no quadro 9.

O quadro 9 apresenta os valores recomendados para a intensidade de variação da inclinação transversal para cada 20 m, com o objetivo de fazer a transição da superelevação de forma eficiente. É importante seguir essas orientações para garantir que os veículos transitem de maneira confortável e segura.

Quadro 9 – Variação máxima da superelevação em 20 m nas curvas das interseções.

Velocidade de projeto (km/h)	r* (%)	Variação de cota em 20 m	Variação máxima da superelevação em 20 m		
			Largura da faixa de rolamento (m)		
			3,00	3,50	3,60
20	0,80	0,160	5,3%	4,6%	4,4%
30	0,75	0,150	5,0%	4,3%	4,2%
40	0,70	0,140	4,7%	4,0%	3,9%
50	0,65	0,130	4,3%	3,7%	3,6%
60	0,60	0,120	4,0%	3,4%	3,3%
70	0,55	0,110	3,7%	3,1%	3,1%
80	0,50	0,100	3,3%	2,9%	2,8%
90	0,47	0,094	3,1%	2,7%	2,6%
100	0,44	0,088	2,9%	2,5%	2,4%
110	0,41	0,082	2,7%	2,3%	2,3%
120	0,38	0,076	2,5%	2,2%	2,1%

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

r* - Diferença máxima entre greides do eixo de rotação e do bordo da pista.

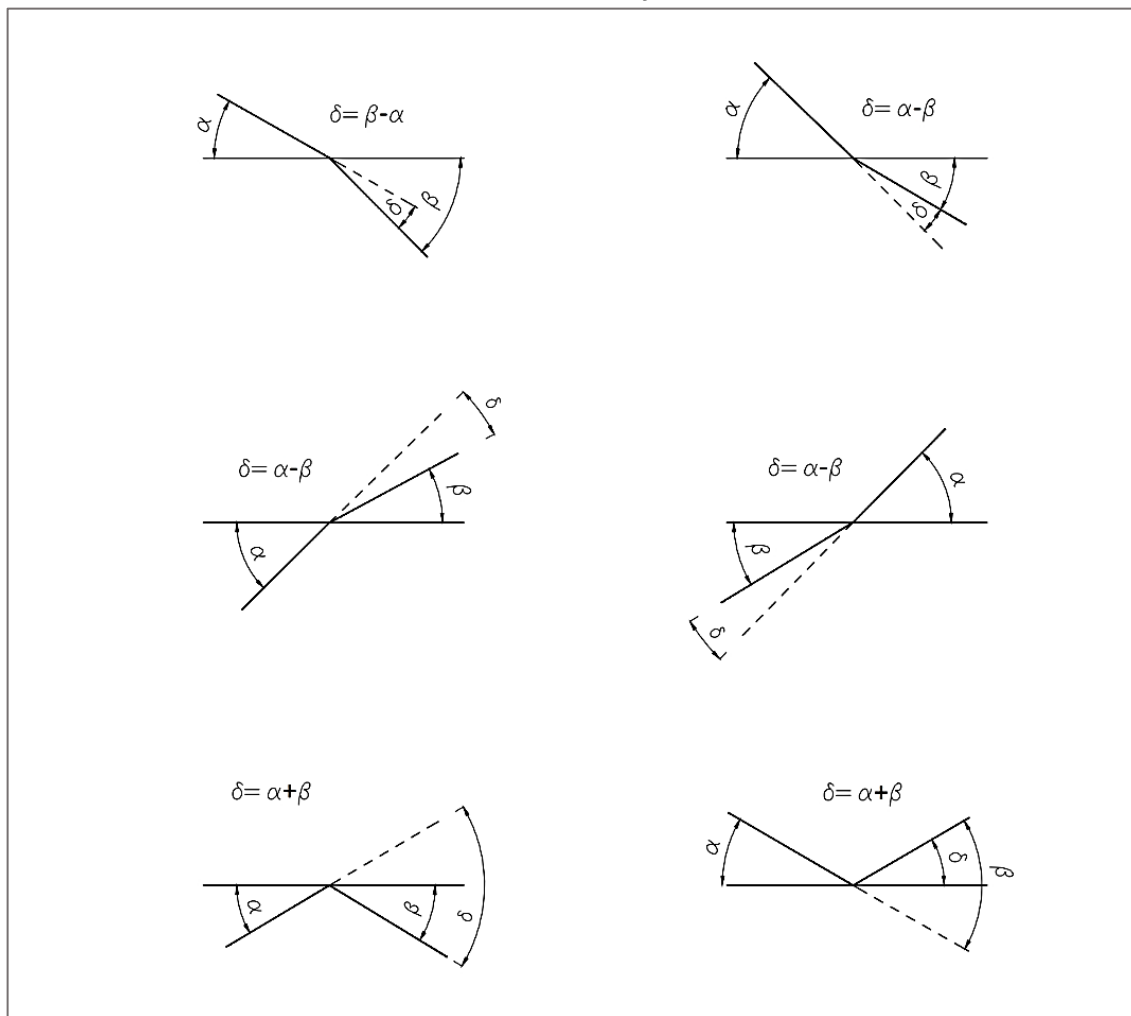
5.4.2 Diferença Algébrica Máxima na Linha de Coroamento

Para garantir a segurança do tráfego, é essencial que o desenvolvimento das superelevações nos terminais de conversão siga as orientações apresentadas nas figura 8 a figura 11, tanto para pistas divergentes quanto para pistas convergentes.

Nessas figuras, é possível observar que as pistas divergentes apresentam linhas de interseção que separam superfícies com declividades transversais diferentes, criando uma aresta no ponto em que as pistas se unem. No entanto, uma diferença muito grande entre as declividades transversais de faixas adjacentes pode fazer com que os veículos trafeguem lateralmente sobre a linha de coroamento, especialmente caminhões muito pesados ao atravessá-la com velocidades não muito baixas e com ângulo de 10° a 40°.

Para evitar esse tipo de situação, é possível estabelecer um limite por meio da diferença algébrica percentual máxima entre as declividades transversais, representada por "d" de acordo com a figura 7. Tais limites foram definidos no quadro 10, visando garantir a segurança do tráfego. Portanto, é fundamental seguir todas as medidas e orientações indicadas para garantir a segurança dos usuários.

Figura 7 – Medidas de diferença algébrica máxima.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

Quadro 10 – Diferença algébrica máxima
para as inclinações transversais em interseções

Velocidade de projeto da curva do terminal - km/h	Diferença algébrica máxima das declividades - %
≤30	5 - 8
40 a 50	5 - 6
≥60	4 - 5

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT – 2005)

A metodologia para desenvolver a superelevação nos terminais é ilustrada nas figura 8 a figura 11 . A figura 8 apresenta a variação da inclinação transversal quando a curva de saída está em um trecho em tangente. Na seção entre A e B, a inclinação da rodovia é mantida, enquanto a largura adicional é pequena, menor que 1,00 m. Isso simplifica a construção. A partir de B, é possível aumentar gradualmente a inclinação transversal na faixa auxiliar até C. Após atingir a largura total da pista de saída em D, pode-se usar

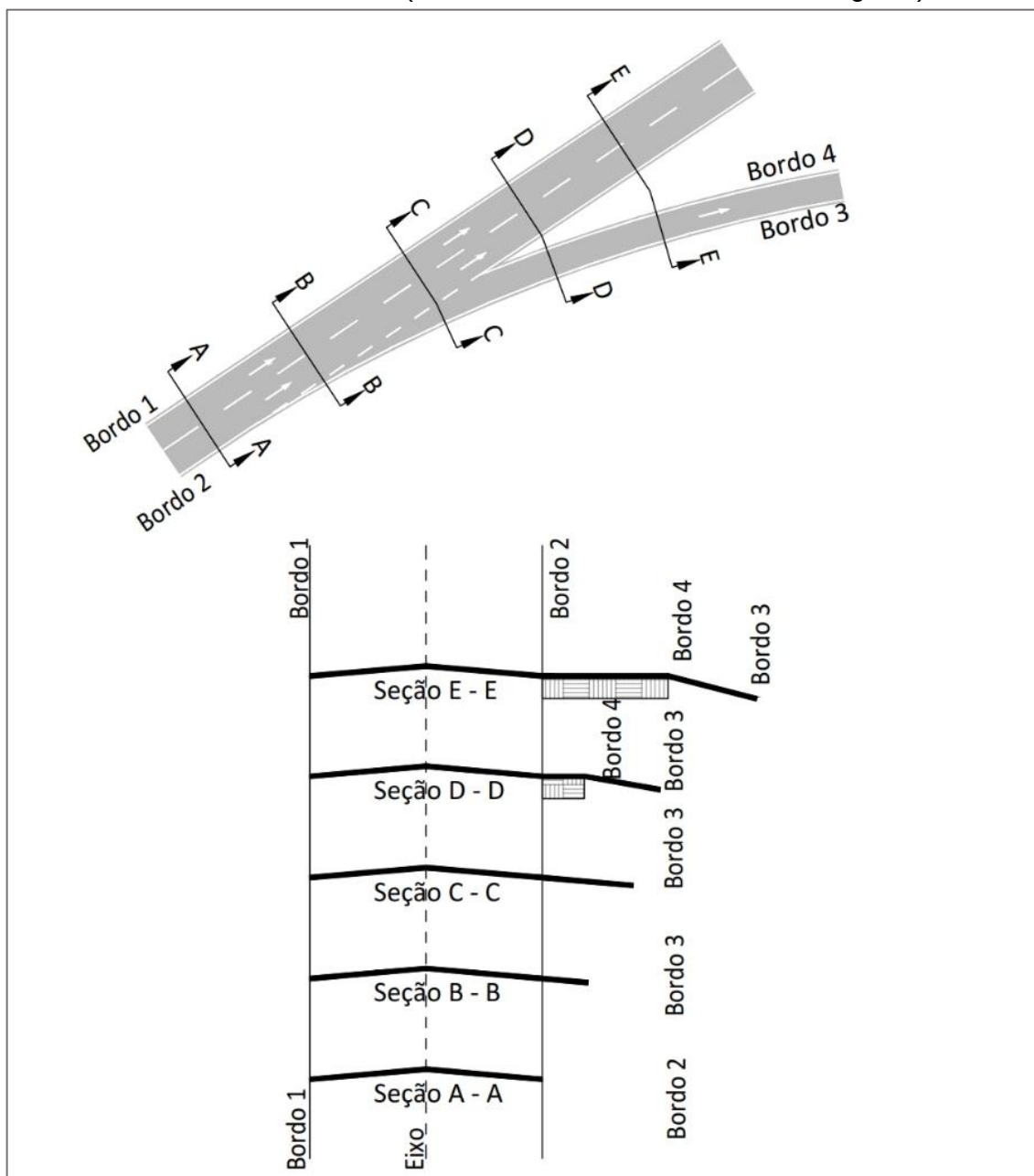
valores ainda maiores de inclinação transversal. A partir daí o trecho entre o bordo da rodovia principal e o bordo esquerdo da pista de saída pode ajudar na composição da superelevação (seção E).

A figura 9 apresenta o caso em que a rodovia principal e a pista de saída possuem o mesmo sentido de curvatura. A superelevação desejada na pista de saída, geralmente maior que na rodovia principal, pode ser atingida em uma distância menor. Em C, a superelevação da rodovia principal é estendida por toda a seção já alargada. Em D, após atingir a largura total da pista de saída, é possível ter três valores distintos de superelevação: na rodovia, no pequeno trecho de seção entre o bordo da rodovia e o bordo esquerdo da pista de saída e na própria pista de saída. Em E, é então atingido o valor total da superelevação desejada para a pista de saída.

A figura 10 apresenta uma situação menos favorável, quando as curvaturas na rodovia e na pista de saída são opostas. Dependendo da superelevação da rodovia principal, pode ser necessário reduzir gradualmente a superelevação a partir de B. Em D, chega-se a 0% de superelevação e, a partir de então, é introduzida a superelevação em sentido contrário, necessária para a pista de saída.

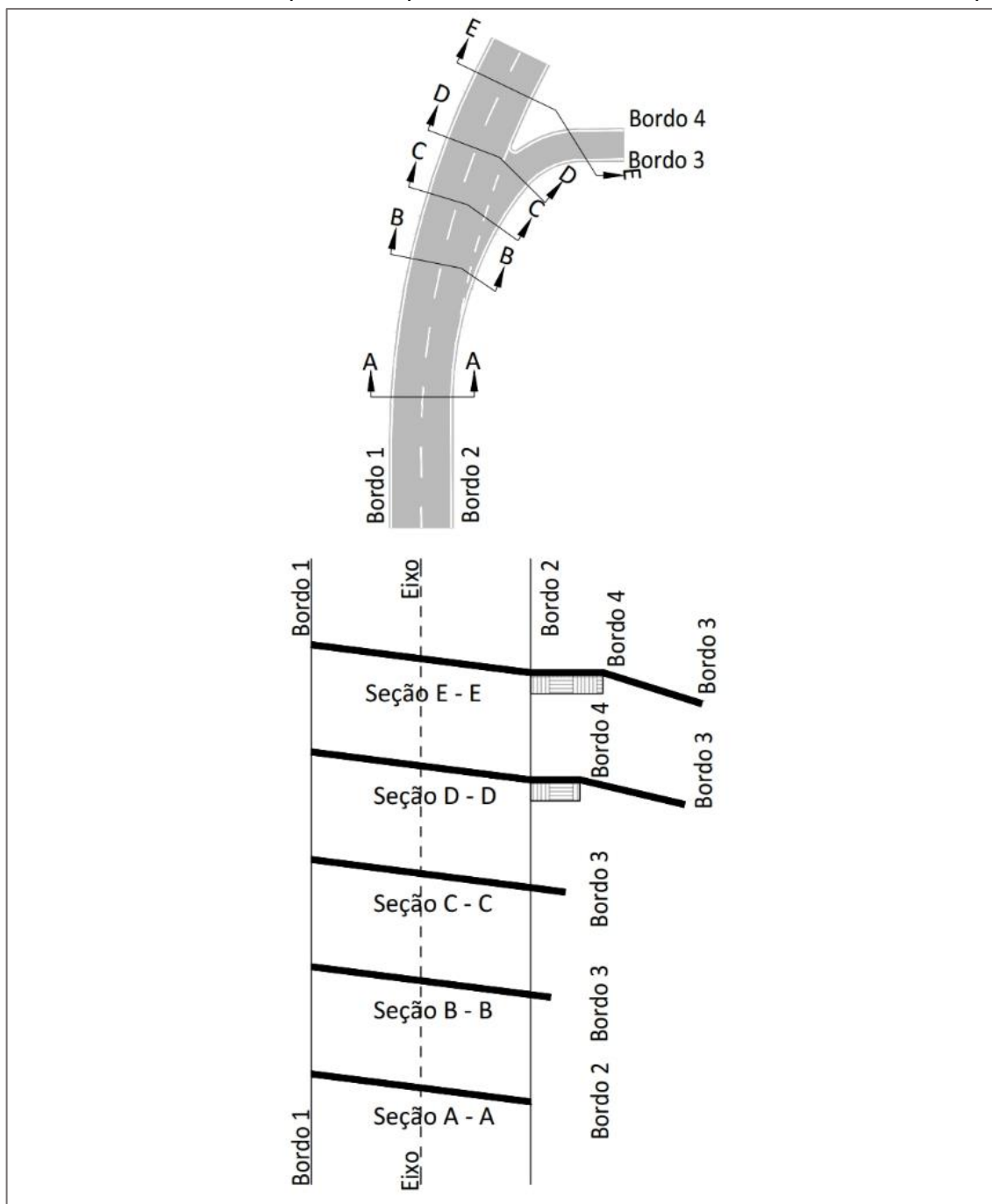
Em projetos com faixa de desaceleração do tipo paralelo, ilustrado na figura 11, parte da mudança da superelevação pode ser feita ao longo dessa faixa. Normalmente, mais da metade da superelevação necessária pode ser conseguida na seção D e o restante logo após o nariz.

Figura 8 – Desenvolvimento da superelevação nos terminais de conversão (curva de saída em um trecho em tangente).



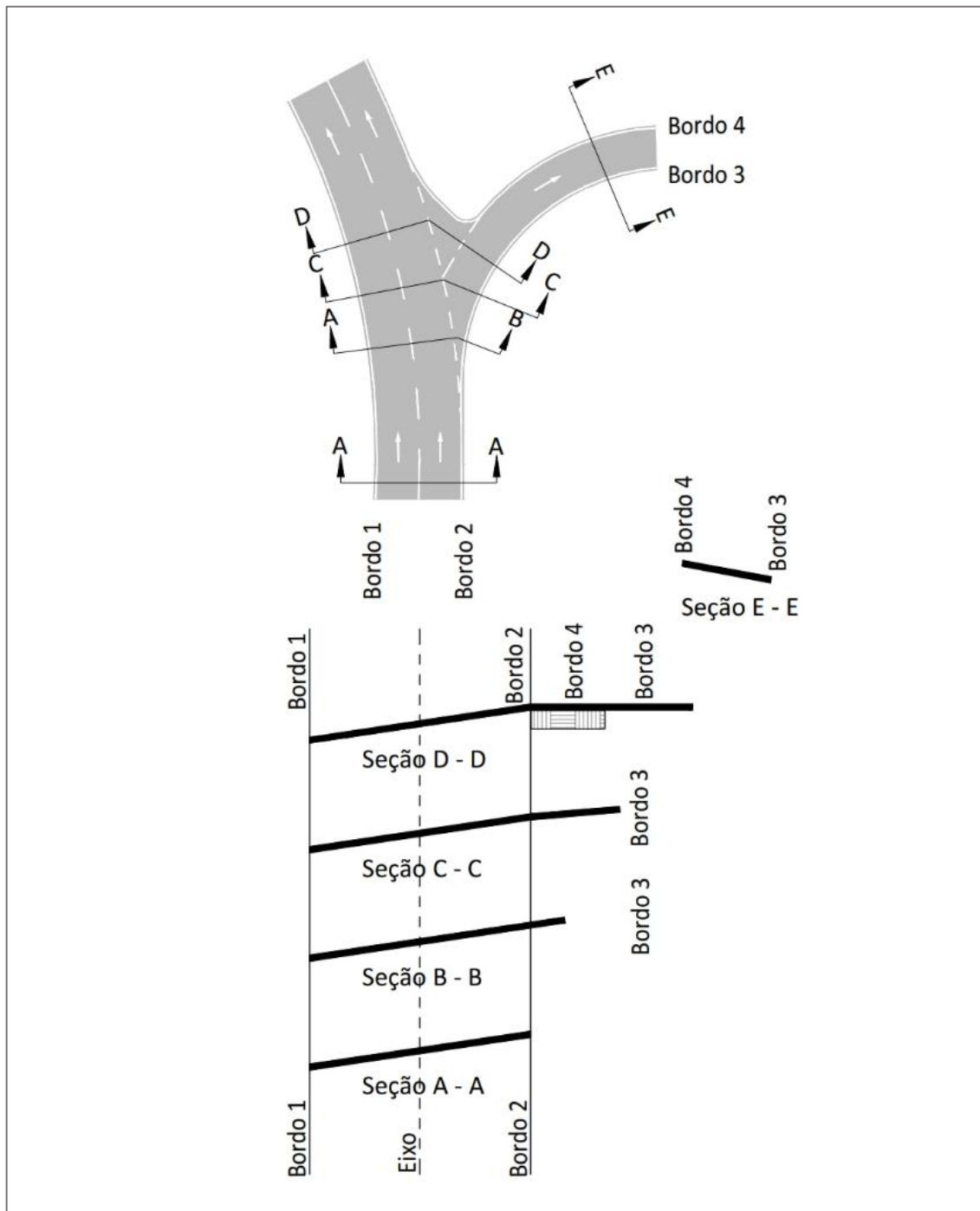
Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 9 – Desenvolvimento da superelevação nos terminais de conversão (rodovia e pista de saída com o mesmo sentido de curvatura).



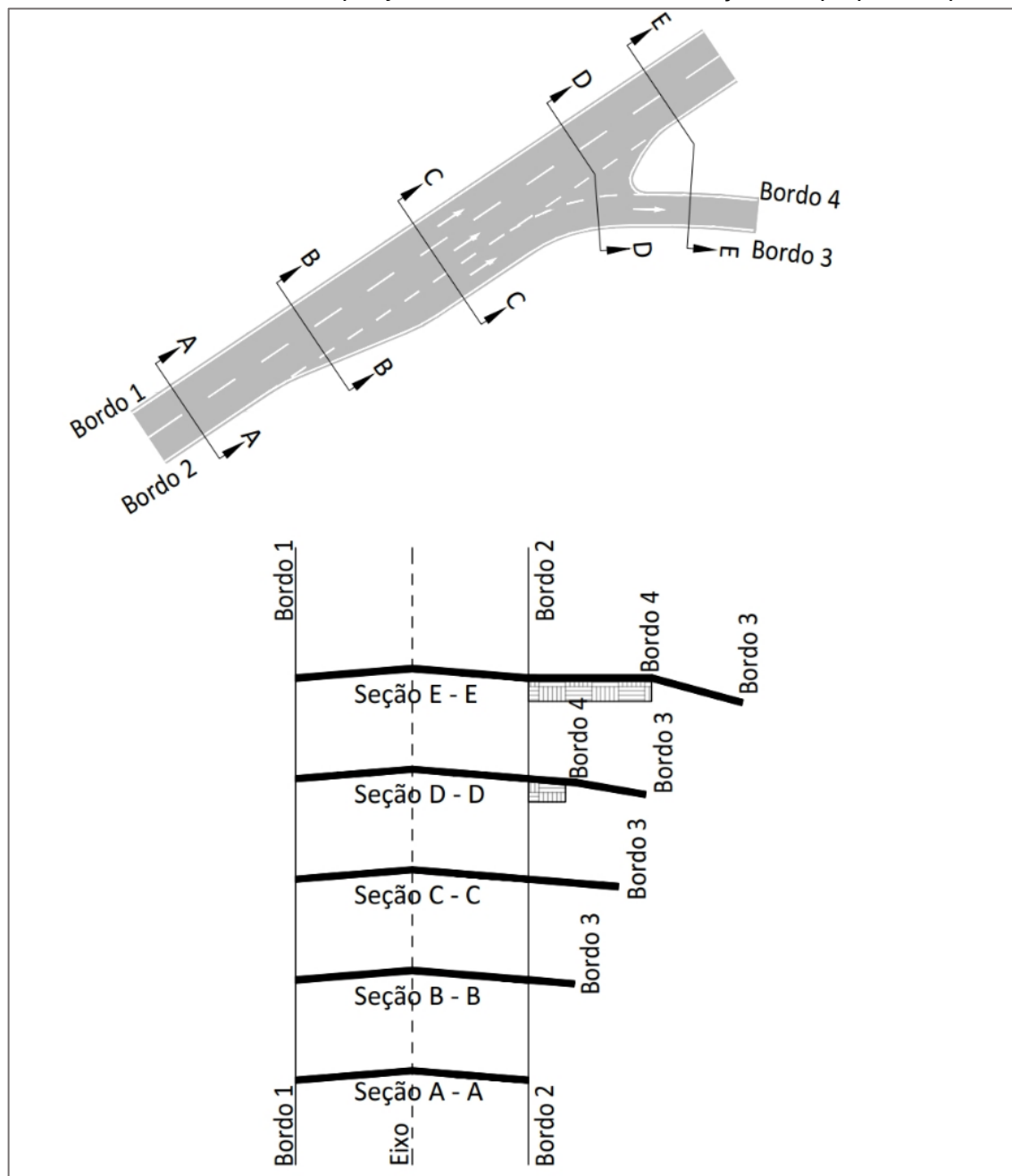
Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 10 – Desenvolvimento da superelevação nos terminais de conversão (curvas de sentidos opostos na rodovia e na pista de saída).



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005)

Figura 11 – Desenvolvimento da superelevação nos terminais de conversão (Projeto com faixa de desaceleração do tipo paralelo).



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

O desenvolvimento do projeto do perfil do bordo com base nas cotas estabelecidas em função das taxas de superelevação fixadas para determinados pontos de controle é um processo iterativo. Muitas vezes, curvas ajustadas com o emprego de réguas maleáveis tem de ser usadas. O perfil final pode não reproduzir com exatidão as declividades dos pontos de controle. Este fato não é grave, desde que o desenvolvimento da superelevação seja progressivo e dentro dos limites de controle de projeto.

5.5 DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE EM INTERSEÇÕES

Ao se aproximar de uma interseção, é essencial que o motorista tenha uma visão desobstruída de toda a interseção e de partes dos ramos de acesso, de modo a identificar possíveis perigos de colisões e realizar as manobras necessárias. Ele deve ter tempo suficiente para parar ou ajustar sua velocidade, evitando qualquer acidente. A determinação das distâncias de visibilidade necessárias nas interseções é baseada nos mesmos princípios utilizados para as distâncias de visibilidade de parada, mas leva em consideração o comportamento dos motoristas nessas áreas.

As distâncias de visibilidade nas interseções devem permitir que os motoristas aguardando a oportunidade de atravessar ou entrar na via principal tenham uma visão suficiente para decidir quando realizar a manobra desejada. Caso a distância de visibilidade disponível seja igual ou maior do que à distância de visibilidade de parada na via principal, os motoristas terão uma visão adequada para antecipar e evitar colisões. No entanto, em alguns casos, pode ser necessário que um veículo na via principal pare ou reduza a velocidade para permitir a manobra de um veículo proveniente da via secundária. Para otimizar o fluxo de tráfego, é recomendável que as distâncias de visibilidade nas interseções sejam maiores do que as distâncias de visibilidade de parada na via principal.

5.5.1 Intervalo de Tempo Crítico

Antes de 2001, o Manual da AASHTO determinava as distâncias de visibilidade em interseções com base em modelos cinemáticos que levavam em consideração aceleração e desaceleração. No entanto, pesquisas realizadas por Harwood, Mason, Brydia, Pietrucha e Gittings demonstraram inconsistências nessas abordagens, levando a AASHTO a adotar o conceito de "intervalos de tempo aceitos entre veículos" (gaps críticos) como base para a metodologia apresentada nos manuais de 2001 e 2004. O Manual de Projeto de Interseções do DNIT, publicado em 2005, também se baseou nessa abordagem.

Em uma interseção, quando um veículo da via secundária deseja cruzar ou se incorporar a uma rodovia preferencial, ele aguarda a ocorrência de um intervalo de tempo entre veículos na via principal com dimensões suficientes para realizar sua manobra com segurança. O menor intervalo de tempo entre dois veículos consecutivos na corrente de tráfego preferencial, necessário para que um veículo proveniente da via secundária cruze ou se incorpore a essa corrente preferencial sem causar interferência indevida no fluxo principal, é denominado gap crítico.

Para determinar as distâncias de visibilidade em interseções, a AASHTO fornece valores de gaps críticos para diferentes tipos de controle de tráfego e para diferentes tipos de veículos, como carros de passeio, caminhões rígidos e combinações de veículos de carga. No entanto, as combinações de veículos de carga consideradas pela AASHTO apresentam gaps menores do que os veículos de carga de grandes dimensões (CVC) em operação no Brasil, devido às suas maiores comprimentos e taxas de aceleração.

Com vistas a adotar valores mais adequados às condições nacionais foram pesquisados estudos, dos quais se destaca o trabalho de Demarch, Setti e Widmer - *Comportamento de Caminhões em Interseções em Nível*, baseado em levantamentos feitos na interseção das rodovias SP-255 com SP-253, em que foram coletados dados de 1.461 veículos da rodovia principal e 611 da secundária, sendo de 68% a percentagem de veículos de carga observados na pesquisa. O trabalho utilizou diferentes métodos para calcular gaps críticos (HCM, Greenshield, Raff), cujos resultados constam da quadro 11.

Quadro 11 – Gaps críticos (Interseção SP-255 / SP-253).

Pesquisa		Compatibilização		Gap Crítico (s)		
Veículo	Comp. (m)	Veículo	Comp. (m)	HCM	Green Shield	Raff
Caminhão leve	-	Caminhão	9,1	18,5	9,0	10,0
Caminhão semipesado	-	Caminhão Trucado	12,2	21,5	9,0	10,8
Semi-reboque	-	Carreta/Vanderléia	18,6	20,5	10,0	10,5
Caminhão c/ reboque	19,8	Bitrem – 7 eixos	19,8	22,5	12,0	14,0
Rodotrem	25,0 a 27,0	Rodo/ Bitrem – 9 eixos	25,0	-	-	-
Treminhão	30,0	Rodotrem/Bitrem longo	30,0	27,0	15,0	18,5

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010)

As categorias de veículos utilizadas na pesquisa foram ajustadas para corresponder às designações comuns dos veículos de carga considerados neste manual. Além disso, foram incluídas informações sobre os comprimentos dos veículos correspondentes às suas descrições, fornecidas na análise dos dados da pesquisa. O método utilizado pelo HCM apresentou valores de gaps críticos muito mais altos em comparação aos obtidos pelos outros métodos e aos valores recomendados pela AASHTO. Para determinar os valores mais adequados, com base nos outros dois métodos e que estivessem mais alinhados com as diretrizes da AASHTO, foi conduzida uma correlação entre os comprimentos dos veículos e os valores dos gaps críticos fornecidos por cada método, bem como pela média desses valores. Os coeficientes de correlação (r^2) obtidos para as três hipóteses foram bastante elevados, como apresentado abaixo.

- *Método de Greenshield* $r^2 = 0,91$
- *Método de Raff* $r^2 = 0,84$
- *Média* $r^2 = 0,88$

Sendo os valores de r^2 da média e do Método de Greenshield muito próximos, adotou-se a regressão definida pelos valores médios, que levam em conta os dois métodos estudados, obtendo-se a equação $y = 0,356x + 5,509$, em que x é o comprimento do veículo e y o gap crítico. A quadro 12 apresenta os valores dos gaps calculados através da equação resultante da correlação feita.

Quadro 12 – Gaps críticos calculados

Categoria	Comprimento – x (m)	Gap crítico – Média Greenshield/ Raff (s)	Valores calculados $y = 0,356x + 5,509$ (s)
Caminhão	9,1	9,5	8,8
Caminhão Trucado	12,2	9,9	9,9
Carreta/ Vanderléia	18,6	10,3	12,1
Bitrem com 7 eixos	19,8	13,0	12,6
Rodotrem/Bitrem curto	25,0	-	14,4
Rodotrem/Bitrem longo	30,0	16,8	16,2

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010).

No Manual de Projeto de Interseções é considerado apenas um tipo de veículo de carga, semireboque/reboque (SR/RE). Para esse veículo são fornecidos gaps críticos para os seguintes tipos de movimentos:

- Gaps de interseções controladas pela sinalização Parada Obrigatória na via secundária:
 - Caso B1: Giro à esquerda, a partir da via secundária: 11,5 s;
 - Caso B2: Giro à direita, a partir da via secundária: 10,5 s;
 - Caso B3: Travessia, a partir da via secundária: 10,5 s.
- Gaps de interseções controladas pela sinalização Dê a Preferência na via secundária:
 - Caso C1: Travessia, a partir da via secundária: 10,5 s;
 - Caso C2: Giro à esquerda ou à direita a partir da via secundária: 12,0 s;
 - Caso E: Giros à esquerda, a partir da via principal: 7,5 s.

Verifica-se que o valor do Caso C2 é praticamente igual ao valor 12,1, calculado para carreta, com base nos dados da pesquisa feita. Para esse tipo de veículo foram então adotados os valores constantes do manual para semi-reboque/reboque (SR/RE). Para os demais tipos de veículos foram determinados os gaps críticos correspondentes, tomando como base os da carreta, na proporção de seus comprimentos, conforme quadro 13.

Quadro 13 – Gaps críticos para os diversos casos estudados

Categoria	Comp. (m)	Casos					
		B1	B2	B3	C1	C2	E
Carreta/ Vanderléia (CA)	18,6	11,5	10,5	10,5	10,5	12,0	7,5
Bitrem – 7 eixos (BT7)	19,8	12,0	10,9	10,9	10,9	12,5	7,8
Bitrem – 9 eixos (BT9)	25,0	13,7	12,5	12,5	12,5	14,3	8,9
Bitrem/ Rodo. Longo (BTL)	30,0	15,4	14,1	14,1	14,1	16,1	10,0

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010).

5.5.2 Triângulos de Visibilidade

Os triângulos de visibilidade são espaços determinados nas proximidades das interseções que devem estar desobstruídos, permitindo que os motoristas tenham visibilidade dos possíveis pontos de conflito entre veículos. As dimensões desses triângulos variam de acordo com as velocidades das vias envolvidas e o tipo de controle de tráfego utilizado. Existem dois tipos de triângulos de visibilidade a serem considerados: para veículos em movimento e para veículos parados na via secundária.

Triângulo de Visibilidade para o Veículo em Movimento

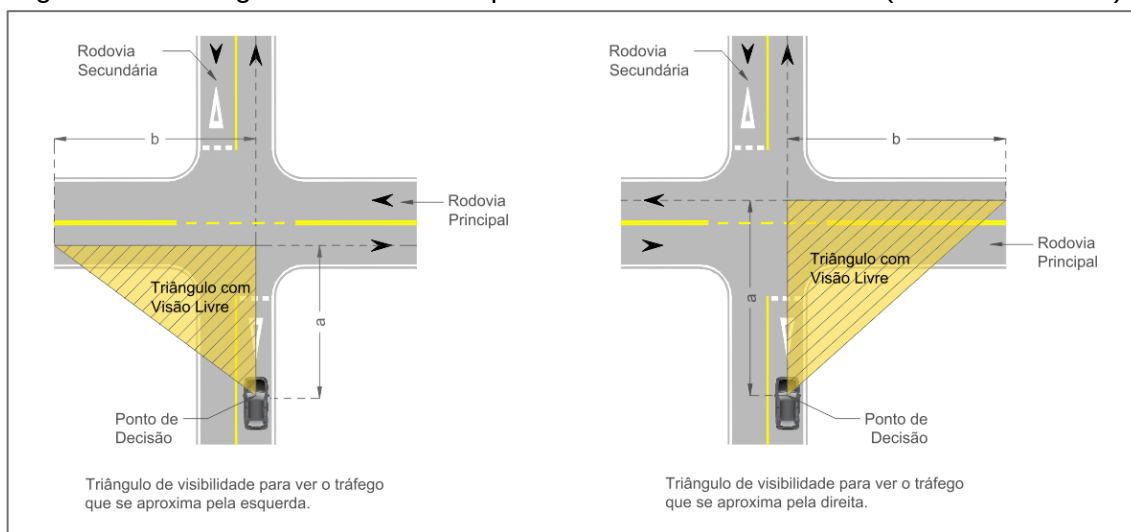
Ao aproximar-se de um cruzamento entre duas vias, os motoristas devem ter uma distância de visibilidade adequada para que possam se enxergar mutuamente e evitar

colisões. Cada motorista tem três opções disponíveis: acelerar, reduzir a velocidade ou parar. A decisão sobre qual opção adotar em cada interseção depende do tipo de controle de tráfego em vigor. Em cada caso, as relações espaciais, temporais e de velocidade determinam o triângulo de visibilidade necessário (conforme ilustrado na Figura 12). É fundamental que toda a área do triângulo de visibilidade esteja livre de obstáculos que possam obstruir a visão do motorista, como edifícios, veículos estacionados, encostas de cortes, cercas, árvores, arbustos e vegetações altas.

Triângulo de Visibilidade para o Veículo Parado

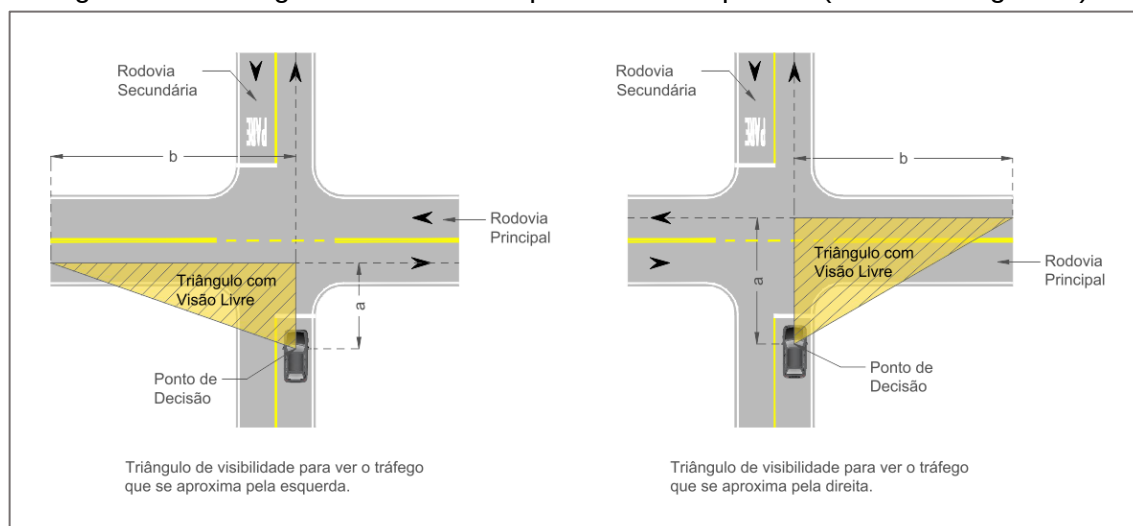
O motorista de um veículo parado em uma via secundária deve ter uma visão clara o suficiente da via principal para poder atravessá-la ou incorporar-se com segurança. As figura 13 exemplificam a importância de garantir a existência de um triângulo de visibilidade na interseção, que permita a realização das manobras de travessia ou entrada na via principal. O projeto deve contemplar tanto as exigências de espaço para manobras quanto as de visibilidade do tráfego em conflito. Normalmente, é necessário levar em consideração os veículos que se aproximam tanto da esquerda quanto da direita.

Figura 12 – Triângulo de visibilidade para o veículo em movimento (Dê a Preferência).



Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010).

Figura 13 – Triângulo de visibilidade para o veículo parado (Parada Obrigatória).



Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010).

Identificação de Obstáculos nos Triângulos de Visibilidade

Os greides das vias que se interceptam devem ser projetados de modo a garantir as distâncias de visibilidade recomendadas nas aproximações das interseções. Dentro dos triângulos de visibilidade, não devem ser permitidos objetos com altura que crie obstrução à visão dos motoristas.

A identificação dos obstáculos depende do veículo de projeto considerado:

- Carro de passeio: tanto o olho do motorista como o objeto estão a 1,08 m acima da superfície da pista.
- Caminhão (veículos de carga em geral): o olho do motorista está à altura de 2,33 m e o objeto a 1,08 m.

As alturas do olho do motorista são as recomendadas na edição 2004 da publicação da AASHTO - *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, um pouco mais rigorosas que as que constam no Manual de Projeto do DNIT. A altura do objeto visa estabelecer simetria na troca de posições entre olho e objeto para o caso mais comum na prática, que é a adoção de carro de passeio como veículo de projeto.

5.6 ILHAS

São áreas bem definidas, situadas entre faixas de tráfego e destinadas a controlar o movimento dos veículos e/ou servir de refúgio para pedestres.

5.6.1 Finalidade do Emprego

Estas têm por finalidade:

- separar movimentos conflitantes;
- controlar ângulos de conflito;
- reduzir áreas pavimentadas;
- favorecer movimentos de conversão predominantes;
- abrigar e proteger pedestres;
- proteger/armazenar veículos em conversão ou cruzamentos;
- facilitar a instalação de dispositivos de controle de tráfego.

5.6.2 Tipos de Ilhas

De acordo com suas funções, podem ser: canalizadoras (direcionais, distribuidoras), divisórias ou separadoras de correntes de tráfego, e de refúgio/abrigo de pedestres.

5.6.2.1 Ilhas Canalizadoras

Tornam evidente aos motoristas as trajetórias a seguir, cobrindo áreas inúteis que, se acessíveis aos veículos, poderiam dar origem a uma circulação desordenada.

São geralmente empregadas para atender a uma ou mais das seguintes finalidades:

- Reduzir a área de conflito, restringindo os veículos a trajetória bem definidas, pois quando os motoristas têm livre escolha de trajetórias na interseção, suas ações se tornam imprevisíveis, gerando confusões e eventuais congestionamentos, aumentando assim, a possibilidade de sinistros de trânsito.
- Controlar o ângulo de conflito, pois no caso de cruzamentos eles devem ser feitos em ângulo reto ou próximo dele, a fim de se reduzir a velocidade relativa de impacto e a possibilidade de colisões quase frontais, bem como se reduzir a distância e o tempo durante os quais os veículos possam estar em conflito.
- Separar os pontos de conflito, de modo a que o motorista enfrente apenas uma decisão de cada vez, minimizando o potencial de ocorrência de sinistros de trânsito.
- Controlar a velocidade do tráfego, limitando-a a valores compatíveis com os padrões de segurança.

- Proteger os veículos cruzando ou executando manobras de giro, de modo a facilitar sua realização e minimizar a interferência com a corrente principal.
- Priorizar o movimento de tráfego predominante.
- Impedir ou dificultar a realização de movimentos proibidos.
- Fornecer locais adequados para a colocação de dispositivos de sinalização.

Para garantir a segurança dos usuários nas interseções urbanas e rurais, as ilhas canalizadoras pequenas devem ser delineadas através de meios fios, transponíveis ou não. É recomendável que essas ilhas tenham uma área mínima de 5,00m² em interseções urbanas e de 7,00m² em interseções rurais. Se forem triangulares, seus lados não devem ser menores que 3,50m (preferencialmente 4,50m), após arredondadas as extremidades.

Quando um veículo se aproxima de uma ilha, ela é vista como um obstáculo. Por isso, é desejável que as ilhas fiquem afastadas de 0,60 a 1,00m do bordo da pista, visando orientação e conforto do motorista. Se a via possuir acostamento, as ilhas devem estar situadas de 1,20 a 2,10m do bordo da pista principal, para coibir o estacionamento dentro da interseção, sem reduzir a sensação de estreitamento.

As extremidades dianteiras das ilhas devem estar afastadas de 1,20 a 2,10m do bordo da pista da via principal ou da largura do acostamento, se este for maior, e de 0,60 a 1,00m do bordo da pista de conversão. Nas áreas rurais, se a ilha é precedida de uma faixa de desaceleração, o afastamento mínimo desejável do bordo da pista principal é de 2,40m. Para as extremidades, recomenda-se arredondamento com raios de 0,60 a 1,00m. Na extremidade traseira, onde há convergência do tráfego, o raio mínimo de arredondamento é de 0,30m.

O deslocamento da extremidade dianteira da ilha, a partir do bordo interno da pista da via principal, é denominado C. Seu objetivo é permitir o regresso à faixa da via principal aos motoristas que, equivocadamente, tenham iniciado a entrada no ramo. Esse deslocamento deve sofrer uma diminuição gradual até zero, em uma extensão Z denominada “comprimento de transição”. Para obedecer a essas medidas de segurança, é possível utilizar a seguinte equação para determinar os valores mínimos:

$$Z = \frac{CV}{9}$$

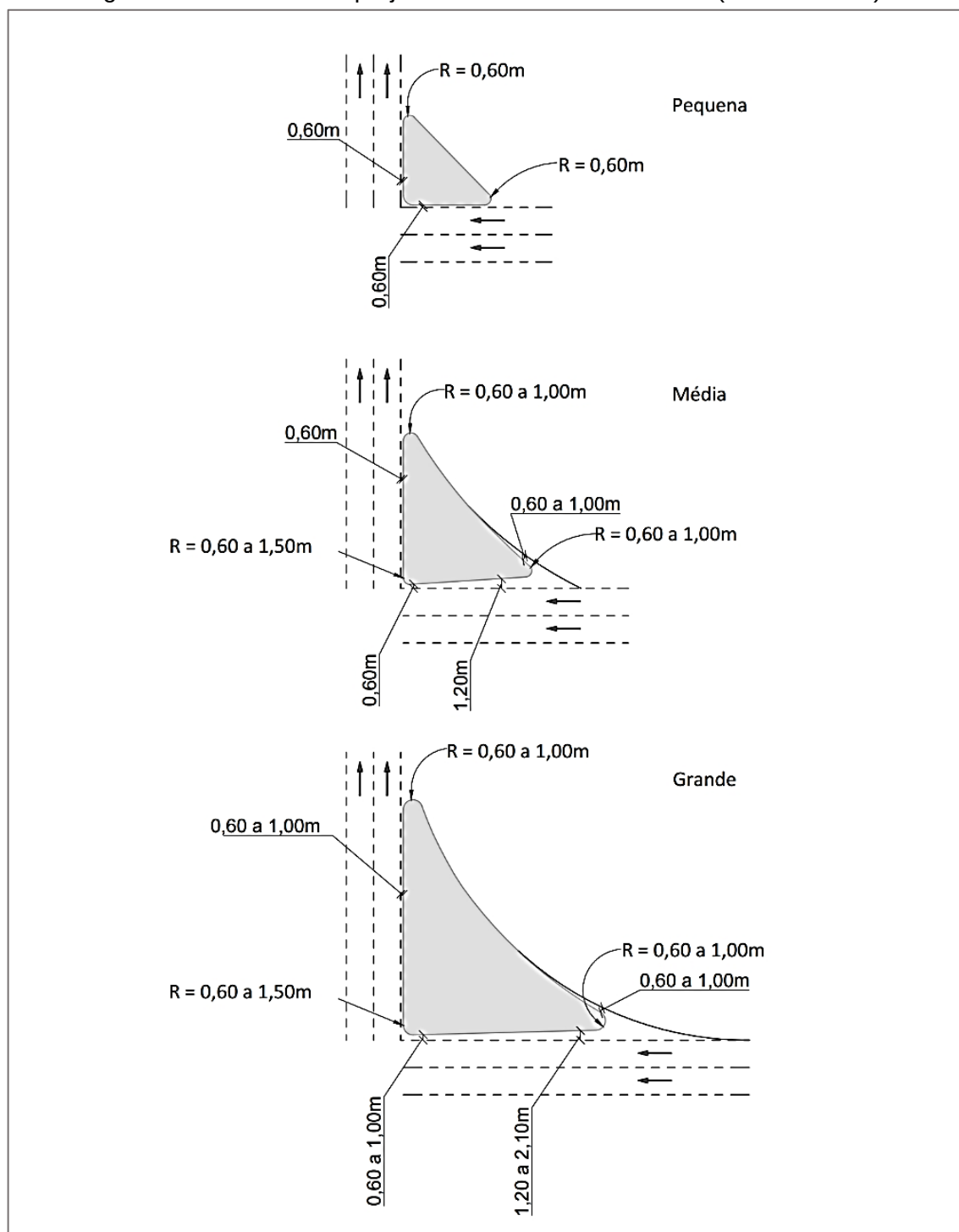
onde, Z e C são dados em metros e a velocidade V em km/h.

Para garantir a segurança dos usuários nas interseções de ramificação, o deslocamento da extremidade dianteira da ilha pode ser feito através de uma reta tangente à curva definidora do bordo interno da pista de conversão e à curva definidora do nariz.

É importante destacar que as ilhas devem ser precedidas de sinalização apropriada, como placas, marcas no pavimento, tachões, pavimentos de cor e textura diferentes, garantindo boa visibilidade diurna e noturna.

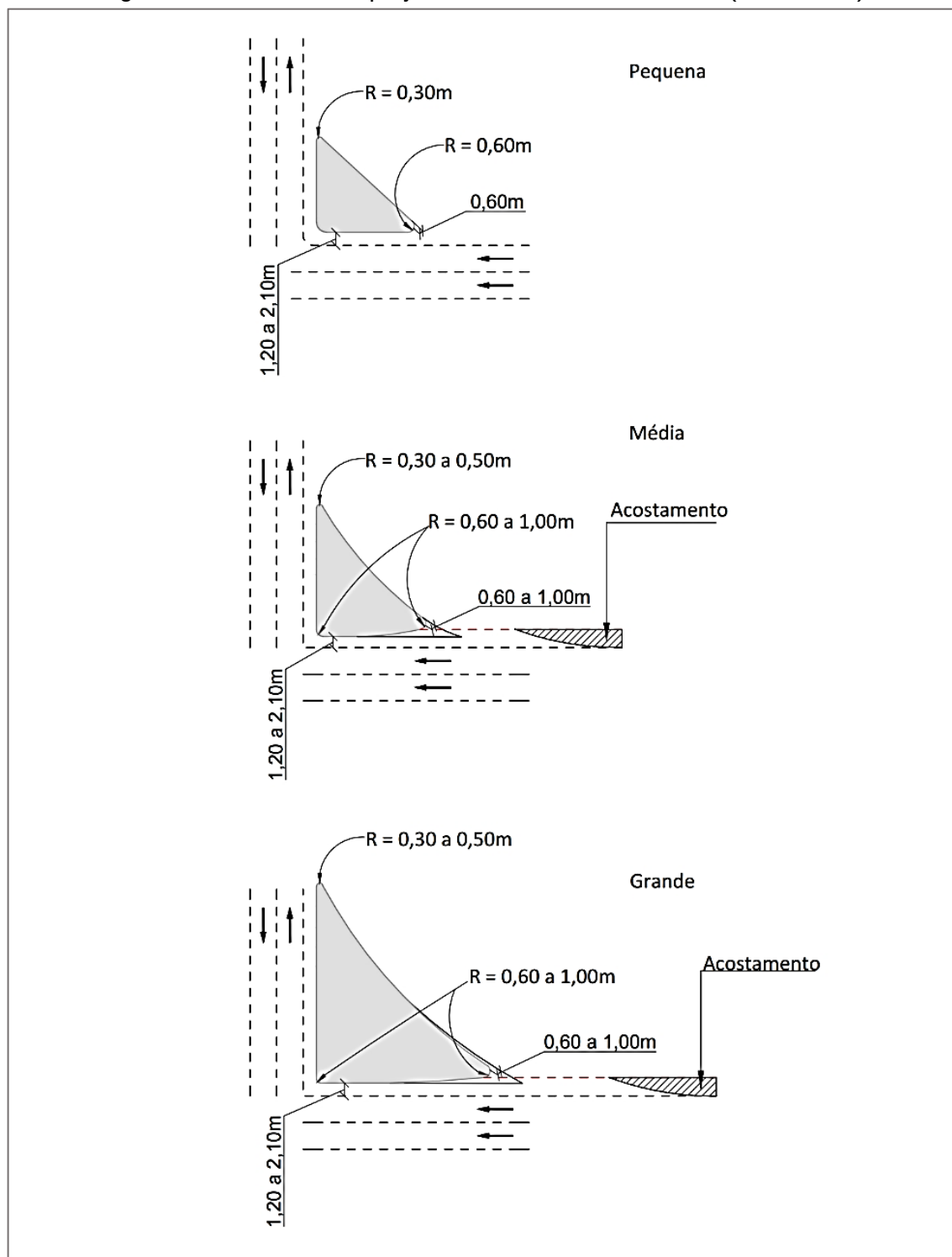
As figura 14 e figura 15 apresentam os detalhes do projeto para ilhas triangulares, assim como os tratamentos que devem ser aplicados. É fundamental seguir essas orientações para garantir a adequada circulação do tráfego. Além disso, é importante que essas ilhas sejam avaliadas constantemente para identificar possíveis desgastes e realizar as devidas manutenções.

Figura 14 – Detalhes de projeto das ilhas com meios-fios (Área urbanas).



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 15 – Detalhes de projeto das ilhas com meios-fios (Área rurais)



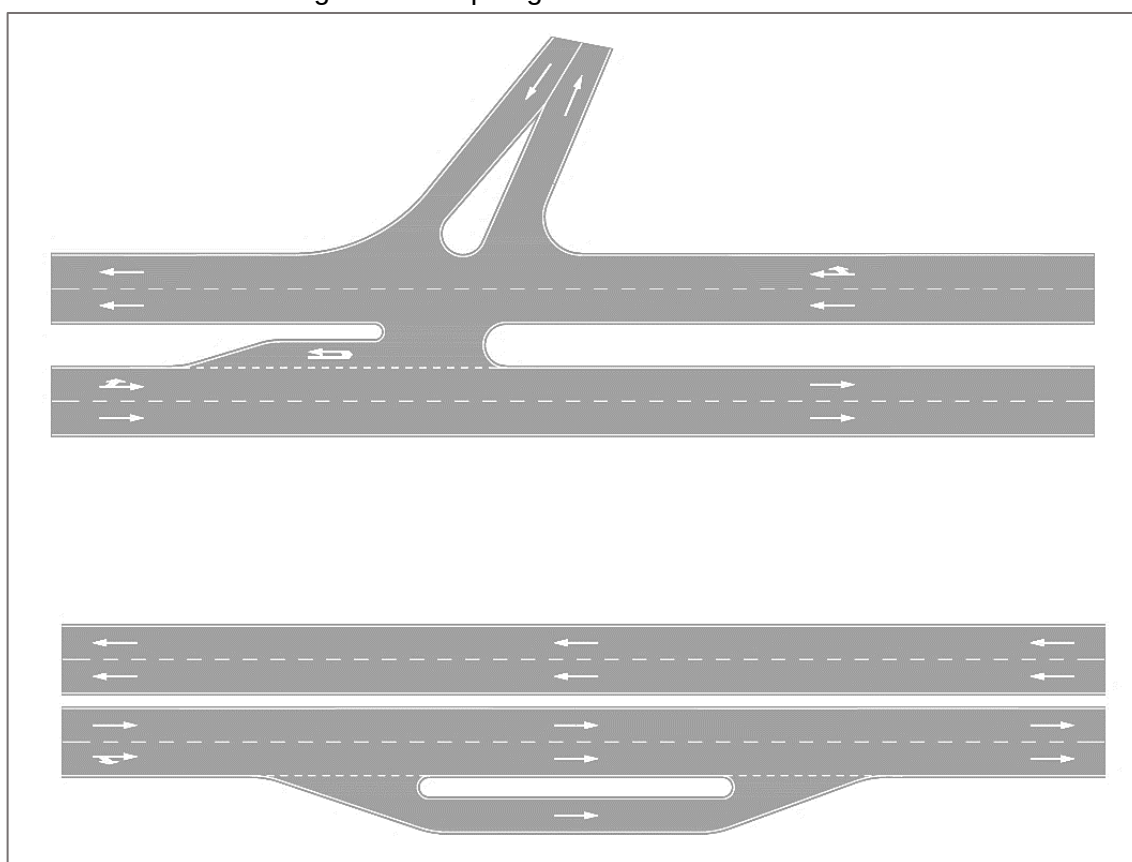
Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.6.2.2 Ilhas Divisórias

As faixas de desaceleração são comumente alongadas e posicionadas ao longo da via, atuando como separadores de fluxos de sentidos oposto ou de mesmo sentido (conforme apresentado na figura 16). Essas faixas são geralmente projetadas para criar uma área de parada ou armazenamento de veículos, que aguardam a oportunidade de realizar manobras de cruzamento ou de giro.

Por meio do seu alargamento gradual, essas faixas alertam os motoristas sobre a existência de interseções à frente e orientam quanto à faixa correta a ser seguida, garantindo a fluidez e a segurança do tráfego.

Figura 16 – Tipos gerais de ilhas divisórias.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

As principais funções das ilhas divisórias são as seguintes:

- Minimizar as interferências entre as correntes de tráfego opostas, resultando em maior conveniência, conforto e segurança para os motoristas;
- Fornecer proteção e facilidades para as manobras de cruzamento e conversão;
- Assegurar serviços diferenciados para pistas adjacentes;
- Fornecer um refúgio para os pedestres e diminuir a necessidade de instalação de semáforos.

As ilhas divisórias de interseções rurais, quando situadas ao longo da via principal, não devem ter um comprimento inferior a 30 m, devendo-se adotar comprimentos sensivelmente maiores em locais desfavoráveis que concorram para uma redução de visibilidade. No caso de serem alongadas, devem ter no mínimo, uma largura de 1,00 m e um comprimento de 6 a 8 m. Em condições especiais onde o espaço é limitado, a largura pode ser reduzida para 0,50 m.

Quando uma ilha divisória for introduzida em uma interseção para separar as correntes opostas de tráfego de uma rodovia de pista simples, deve-se prever:

- Para volumes elevados, em que se prevê duplicação em tempo breve, duas faixas de tráfego de cada lado da ilha.

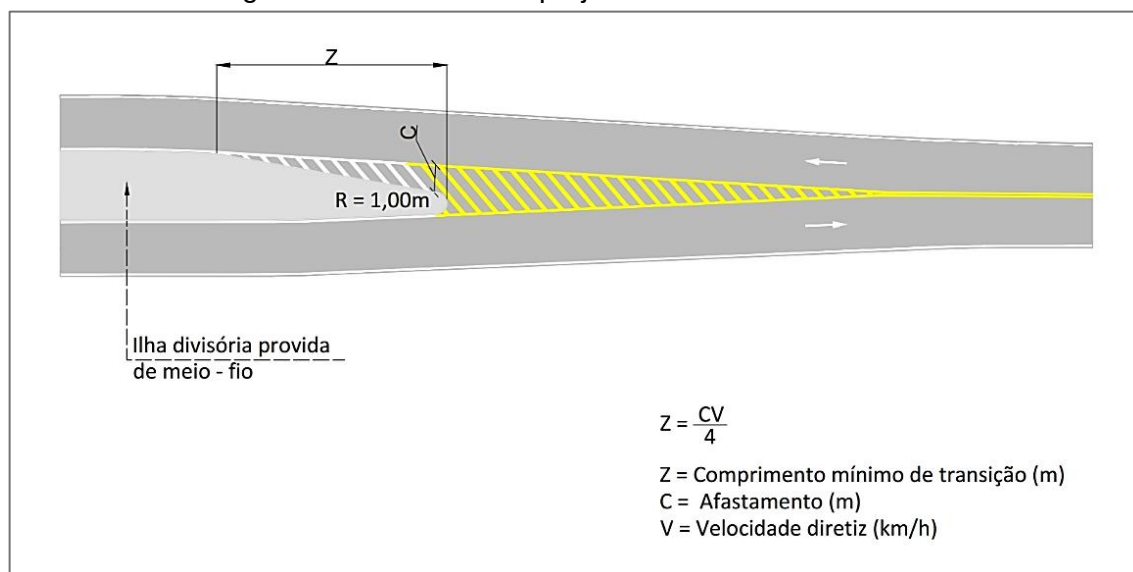
Para volumes moderados a largura de cada via deve obedecer ao caso II do quadro 6 (uma faixa de trânsito com previsão para passagem de um veículo parado).

- Para os volumes baixos e ilhas de pequeno comprimento, a largura de cada lado deverá atender ao caso I do quadro 6 (uma faixa de trânsito sem previsão de passagem à frente).

Em áreas rurais, onde as velocidades são mais altas, o alargamento da rodovia principal deve ser feito com muito cuidado. É recomendado que sejam utilizadas curvas reversas com raios maiores que 1.200 metros ou taper dimensionado para a velocidade de projeto, a fim de garantir a segurança dos motoristas. Curvas com raios menores poderão ser usadas em vias com velocidades intermediárias (70 km/h), mas preferencialmente não devem ter raio inferior a 620 metros.

Um projeto adequado de ilhas divisórias de centro de rodovia é fundamental para garantir a segurança na circulação dos veículos. Na figura 17, são apresentados detalhes desse projeto, incluindo a recomendação de valores maiores da transição Z.

Figura 17 – Detalhes de projetos de ilhas divisórias.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.6.2.3 Ilhas de Refúgio

As ilhas de refúgio desempenham um papel fundamental na promoção da segurança de pedestres e ciclistas, mais frequentemente em áreas urbanas. Especialmente em locais com vias largas, acima de 25 metros, ou em interseções de ramos amplos e irregulares, essas ilhas são essenciais.

Além disso, é altamente recomendável a implantação de ilhas de refúgio em regiões onde as estatísticas de sinistros de trânsito indicam um alto índice de atropelamentos. A ausência de ilhas está diretamente ligada a estas ocorrências.

Para garantir a eficácia dessas ilhas, é importante que elas tenham pelo menos 2,50 metros de largura, não devendo ser menor que 1,20 metros em nenhum caso. O comprimento deve ser equivalente à largura da faixa de travessia, não podendo ser inferior a 1,50 metros. Devem ser elevadas e delineadas por meio-fios intransponíveis, a fim de proporcionar maior segurança aos pedestres. Além disso, é importante que haja um vão rebaixado no mesmo nível da pista para facilitar a travessia, especialmente para pessoas com deficiência. Quando destinadas ao uso de ciclistas, deve-se garantir uma largura mínima de 1,80 metros.

5.6.3 Diretrizes de Projeto

Com objetivo de alcançar alguns dos propósitos estabelecidos anteriormente, ao se projetar ilhas de tráfego devem ser consideradas as seguintes diretrizes:

- As ilhas não devem ser localizadas em lombadas, trechos em curvas de pequeno raio e outros locais de visibilidade restrita, para que não se transformem em um elemento inesperado na via, afetando a segurança;
- As ilhas devem ser projetadas de maneira que a trajetória a ser seguida pelos veículos seja natural e cômoda;
- As ilhas pequenas ($< 5\text{m}^2$) devem ser evitadas, e se adotadas devem ser delineadas por pintura termoplástica;
- As ilhas desejavelmente devem estar afastadas pelo menos 0,60 m do bordo da pista, para evitar que causem sensação de restrição lateral aos motoristas;
- As extremidades das ilhas devem ser adequadamente tratadas, para advertir os motoristas e permitir mudanças graduais de velocidade e trajetória dos veículos;
- A adoção de canalizações complexas em interseções de múltiplas ligações pode, muitas vezes, ser menos preferível que o fechamento do acesso de algumas ligações;
- Deve ser evitado no projeto um número excessivo de ilhas, que ao invés de orientar cria um conjunto confuso de aberturas, deixando indeciso o motorista que delas se aproxima;
- As ilhas devem ser visíveis para os usuários e, muitas vezes, acompanhadas de sinalização refletorizada e iluminação para uma segura operação noturna;
- A configuração e o posicionamento de todas as ilhas devem ser verificados, a fim de se assegurar que o veículo de projeto pode trafegar pela interseção;
- Na determinação do tipo e tamanho de ilhas, devem ser considerados, além dos benefícios esperados, os custos de construção e manutenção;

É necessário advertir os motoristas da presença das ilhas, especialmente em locais de pouca visibilidade, a fim de que os mesmos possam mudar gradualmente a velocidade e a trajetória de seu veículo.

5.7 FAIXAS DE MUDANÇA DE VELOCIDADE

5.7.1 Definição

As faixas de mudança de velocidade são faixas auxiliares que têm por objetivo proporcionar espaço adequado para que os condutores dos veículos possam realizar manobras de aceleração ou desaceleração, sem provocar conflitos ou interferências com o fluxo do tráfego direto.

A sua largura e comprimento devem ser tais que permitam ao motorista deslocar-se adequadamente da faixa de tráfego direto e, em seguida, efetuar a necessária mudança de velocidade para tomar a pista de conversão, de menor velocidade ou, em caso inverso, evoluir da manobra de giro para a faixa de tráfego direto.

5.7.2 Critérios para Emprego

A necessidade ou não da inclusão destas faixas em uma interseção depende de muitos fatores, tais como: velocidades, volumes de tráfego, percentagem de veículos pesados, capacidade, tipo de rodovia, etc. Observações e estudos permitiram chegar às seguintes conclusões:

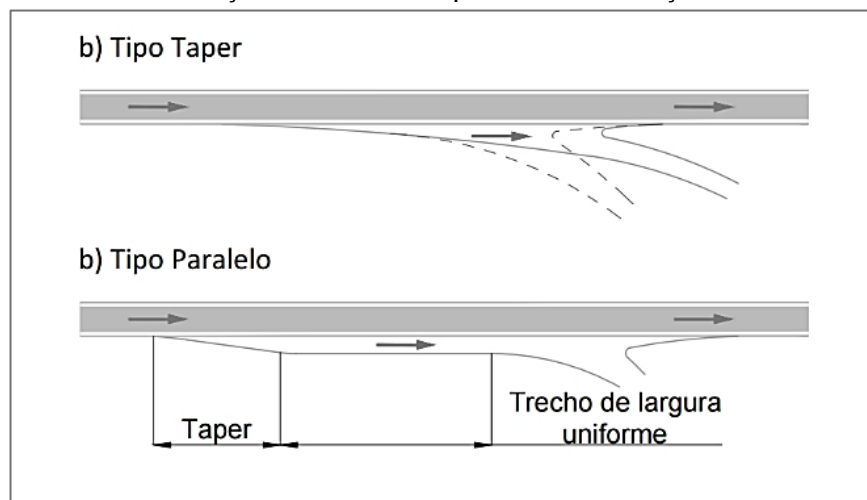
- Faixas de mudança de velocidade são necessárias nas interseções de rodovias com velocidades e volumes de tráfego elevados;
- Os motoristas não usam as faixas de mudança de velocidade da mesma maneira. Alguns utilizam apenas pequenos trechos. Sua adoção, entretanto, é suficiente para melhorar a operação da rodovia;
- O uso das faixas de mudança de velocidade cresce com o volume de tráfego. Para volumes elevados a maioria dos motoristas as utilizam;
- A adoção de uma longa faixa de largura variável (taper) como faixa de mudança de velocidade é uma boa solução para a maioria dos motoristas e evita o aparecimento de uma trajetória reversa;

As faixas de desaceleração são sempre vantajosas, principalmente em rodovias de velocidades elevadas. Os veículos que deixam a rodovia têm que reduzir as suas velocidades e, se não dispuserem de faixa de desaceleração, ficam sujeitos a colisões traseiras devido a falhas de freios ou falta de atenção por parte de alguns motoristas. As faixas de aceleração são vantajosas no caso de não haver parada obrigatória, ou nas vias de volumes de tráfego elevados, quando os intervalos entre veículos nos períodos de pico são curtos e de baixa frequência.

5.7.3 Geometria

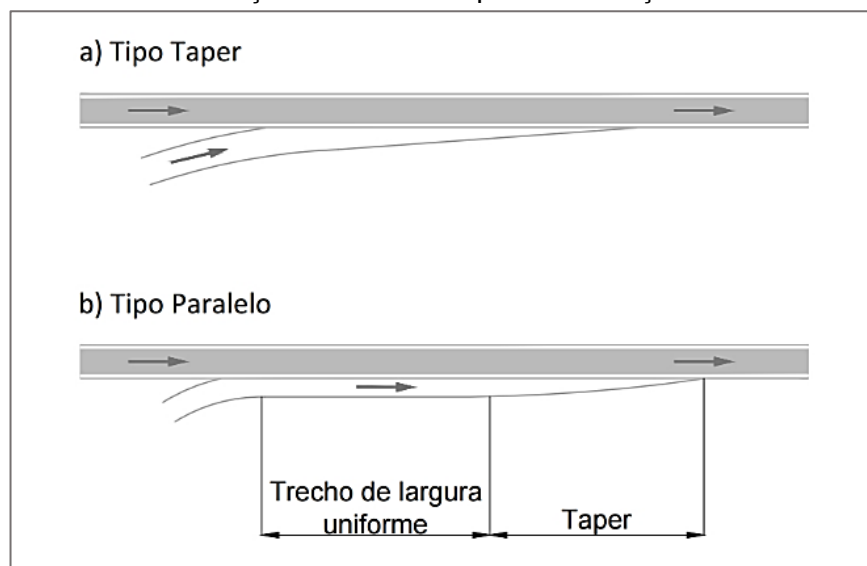
As faixas de mudança de velocidade podem ser classificadas em dois tipos: *taper* e *paralelo*, conforme ilustrado na figura 18 e figura 19. O tipo *taper* permite que o veículo faça a mudança de faixa diretamente com um pequeno ângulo, enquanto o tipo *paralelo* prevê a existência de uma faixa auxiliar com largura constante. Ambas as opções são satisfatórias quando projetadas de forma adequada.

Figura 18 – Tipos de faixa de mudança de velocidade para desaceleração.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 19 – Tipos de faixa de mudança de velocidade para aceleração.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.7.3.1 Comprimento do *Taper*

Ao utilizar o tipo paralelo para faixas de mudança de velocidade, é necessário introduzir um trecho de largura variável (*taper*) no início das faixas de desaceleração e no fim das faixas de aceleração. Esse *taper* é formado pelo afunilamento das faixas adicionais até o bordo normal da pista. Quando em trechos em tangente, o *taper* assume a forma de um triângulo, em que um dos catetos é a largura da faixa e o outro é o seu comprimento, função da velocidade da rodovia.

Para calcular o comprimento do *taper*, é importante considerar o tempo médio que os motoristas levam para se deslocar lateralmente de uma faixa de tráfego direto para uma faixa adjacente de mudança de velocidade, que varia entre 3 e 4 segundos. Um valor adequado para esse cálculo é de 3,5 segundos, que corresponde a uma velocidade de deslocamento lateral de 1 m/s para uma largura usual de 3,50 metros.

Quadro 14 – Comprimento do *taper* nas faixas de mudança de velocidade.

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	38	46	54	62	71	79	86	92	98
Comprimento mínimo (m)	39	45	53	60	69	77	84	89	95
Comprimento arredondado (m)	40	45	55	60	70	80	85	90	100

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT – 2005)

5.7.3.2 Largura do Trecho Constante

Para as faixas de mudança de velocidade, é recomendável que possuam, no mínimo, 3,50 a 3,60 metros de largura, que é a largura normal de uma faixa de trânsito plena da via. No entanto, não é necessário manter a mesma largura do acostamento em relação ao resto da rodovia. Dependendo da solução de interseção adotada, é possível ter um acostamento com largura parcial.

Caso sejam previstos meios-fios intransponíveis, é essencial garantir que haja um afastamento lateral interno de 0,30 a 0,60 metros. Essas medidas são importantes para assegurar a segurança dos motoristas que trafegam pela via.

5.7.3.3 Comprimento das Faixas de Mudança de Velocidade

É importante destacar que os caminhões necessitam de distâncias maiores para desaceleração e aceleração em relação aos carros de passeio. No entanto, normalmente os caminhões trafegam em velocidades inferiores às dos carros de

passeio, o que permite a adoção de velocidade diretriz um pouco menor para a determinação das faixas de desaceleração.

Porém, ao percorrer a faixa de aceleração, um caminhão pode intimidar os carros de passeio, que tendem a ceder espaço, diminuindo sua velocidade e permitindo que o caminhão entre na rodovia com velocidade menor do que a velocidade diretriz, resultando em uma redução do comprimento da faixa de aceleração necessária.

Diante disso, é importante considerar a possibilidade de adotar valores maiores que os recomendados em rodovias com tráfego intenso de veículos pesados. O quadro 15 fornece os comprimentos das faixas de mudança de velocidade para automóveis, levando em consideração a velocidade diretriz da rodovia, a velocidade de segurança no início/fim do trecho circular da curva de conversão (faixa de aceleração/desaceleração) e os greides de até 2%.

No caso de curva de transição ser adotada, metade de sua extensão pode ser subtraída do comprimento fornecido. É importante ressaltar que os comprimentos das faixas de mudança de velocidade incluem o *taper* correspondente.

Quadro 15 – Comprimento das faixas de mudança de velocidade – metros.

Velocidade Projeto Rodovia	Taper (m)	Velocidade de Projeto da Pista de Conversão (km/h)							
		Parado	20	30	40	50	60	70	80
Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive <i>taper</i> (m)									
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120
Comprimento da faixa de aceleração, inclusive <i>taper</i> (m)									
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Fonte: Adaptação de Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Obs: O comprimento mínimo da faixa de aceleração/desaceleração será sempre o do *taper*.

5.7.3.4 Efeito de Greide nos Comprimentos das Faixas

O quadro 15 apresenta os comprimentos recomendados para as faixas de mudança de velocidade em rampas com até 2% de inclinação. Para levar em consideração o efeito do greide, a AASHTO fornece fatores de correção constantes, apresentados no quadro 16, que devem ser aplicados juntamente com os valores do quadro 15.

Observando os efeitos do greide sobre o comprimento das faixas de mudança de velocidade, temos que:

- Greide ascendente: diminui o comprimento da faixa de desaceleração e aumenta o comprimento da faixa de aceleração.
- Greide descendente: aumenta o comprimento da faixa de desaceleração e diminui o comprimento da faixa de aceleração.

Ao projetar interseções em níveis diferentes, é possível tirar proveito desses efeitos, fazendo com que a via principal passe por baixo da secundária. Isso resulta em faixas de desaceleração em greide ascendente e faixas de aceleração em greide descendente na via principal, o que leva à diminuição dos seus comprimentos.

Quadro 16 – Fatores de ajustamento para as faixas de mudança de velocidade em função do greide.

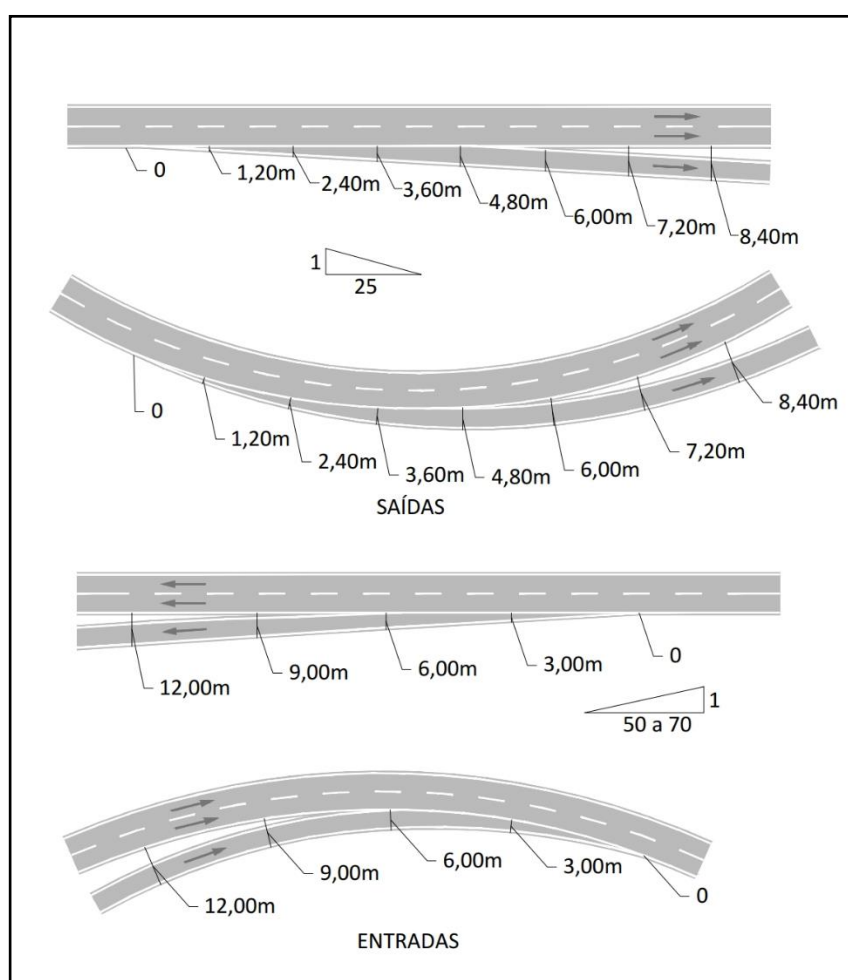
Faixas de Desaceleração								
Velocidade da rodovia (km/h)	Fator de multiplicação							
Todas	Rampa ascendente de 3% a 4% - 0,90				Rampa descendente de 3% a 4% - 1,20			
Todas	Rampa ascendente de 5% a 6% - 0,80				Rampa descendente de 5% a 6% - 1,35			
Faixas de Aceleração								
Velocidade da rodovia (km/h)	Fator de multiplicação							
	Velocidade de projeto das curvas de conversão							
	20	30	40	50	60	70	80	Todas as velocidades
	Rampa ascendente de 3% a 4%				Rampa descendente de 3% a 4%			
40	1,2	1,2	-	-	-	-	-	0,70
50	1,2	1,2	1,2	-	-	-	-	0,70
60	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	-	-	0,70
70	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	-	0,65
80	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,65
90	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	0,60
100	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60
110	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60
120	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,60
	Rampa ascendente de 5% a 6%				Rampa descendente de 5% a 6%			
40	1,3	1,4	-	-	-	-	-	0,60
50	1,3	1,4	1,4	-	-	-	-	0,60
60	1,4	1,5	1,5	1,5	-	-	-	0,60
70	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	-	-	0,60
80	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9	-	0,55
90	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	0,55
100	1,6	1,7	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5	0,50
110	1,9	2,0	2,0	2,2	2,6	2,8	3,0	0,50
120	2,0	2,1	2,3	2,5	3,0	3,2	3,5	0,50

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.8 PROJETOS DE TERMINAIS EM CURVAS

O estudo teve como base rodovias com alinhamentos em tangente. Em curvas de raios muito grandes, normais em rodovias com velocidade diretriz de 100 km/h ou mais, geralmente não são necessários ajustes na geometria dos terminais. Porém, fora desses casos, deve-se fazer adaptações considerando a influência do raio da rodovia no dimensionamento do terminal, a fim de evitar problemas operacionais. Para o detalhamento do projeto, segue ilustrado um método na figura 20 para desenvolver as faixas de mudança de velocidade em curvas.

Figura 20 – Desenvolvimento das faixas de mudança de velocidade do tipo *taper* nos terminais em curva.



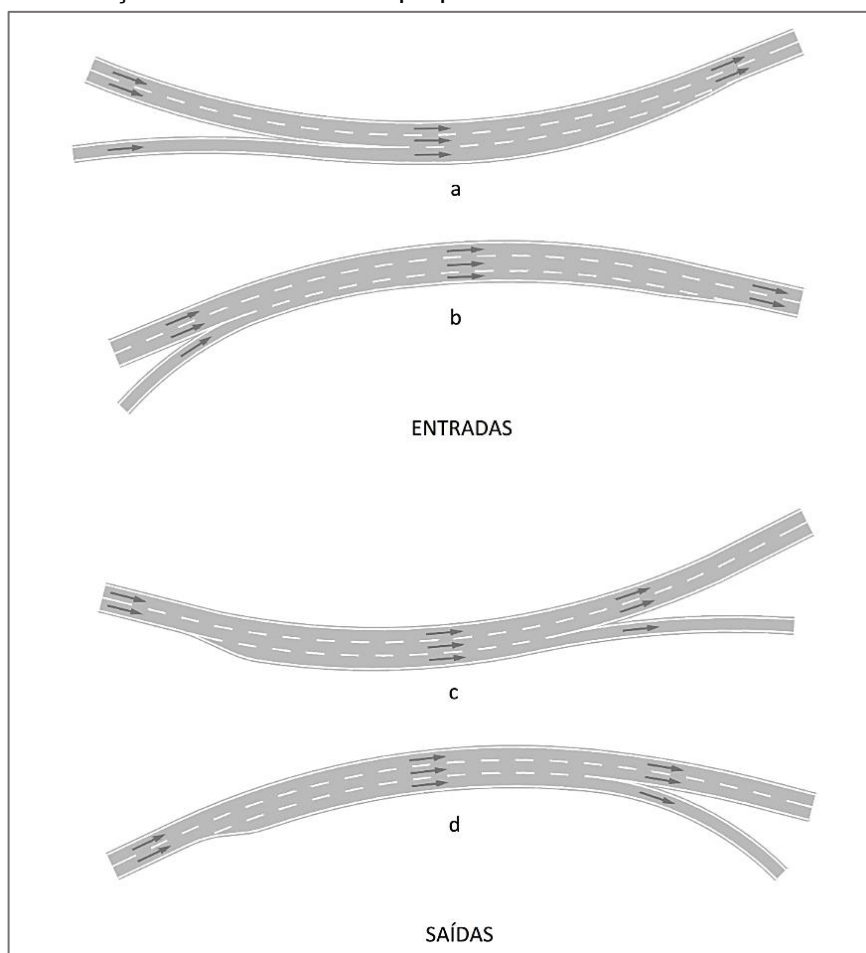
Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Para evitar a criação de um "cotovelo" no alinhamento, é recomendado que toda a parte do taper fique dentro da curva, caso contrário, a passagem de reta para curva pode causar problemas na geometria do alinhamento.

Nos terminais de curvas relativamente fechadas, que são comuns em rodovias com velocidade diretriz de 80 km/h ou menos, o uso de faixas de mudança de velocidade do

tipo paralelo é mais indicado do que as do tipo taper. Isso porque, nas saídas, o tipo paralelo tem menos probabilidade de ser confundido com a faixa de tráfego direto, enquanto nas entradas geralmente resulta em incorporações mais suaves. A figura 21 apresenta um exemplo.

Figura 21 – Desenvolvimento das faixas de mudança de velocidade do tipo paralelo nos terminais em curva.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Em trechos curvos, os terminais de entrada geralmente causam menos problemas do que os de saída. A figura 21a e figura 21b ilustram entradas em rodovias com curvas à esquerda e à direita, respectivamente. É importante que a curva do ramo de entrada possua um raio elevado no ponto de início da faixa de aceleração, garantindo que o veículo já ingresse alinhado com a faixa e reduzindo a probabilidade de entrar diretamente em uma das faixas de tráfego direto. O *taper* no final da faixa de aceleração deve ser longo, preferencialmente com cerca de 90 m. Se houver uma curva reversa entre o ramo e a faixa de mudança de velocidade, uma tangente intermediária deve ser utilizada para facilitar a transição da superelevação.

Porém, uma saída em curva à esquerda (figura 21c) pode apresentar particularidades problemáticas. Se o *taper* for tangente à curva ou muito longo, o tráfego direto tende a acompanhar o ramo de saída. Para evitar esse erro, o taper deve iniciar com uma quebra no bordo direito da rodovia, fornecendo um alerta visível ao motorista que pretende seguir em frente e indicando claramente o início da faixa de saída. Para tornar a faixa de desaceleração mais evidente para o motorista que se aproxima, o taper deve ser curto, com no máximo 30 metros. Além disso, a faixa de desaceleração não deve ser iniciada no ponto de curvatura, para evitar a impressão de qualquer extensão da tangente. O ramo deve começar com um trecho em tangente ou com curva de raio longo, permitindo uma reversão gradual da superelevação. Sempre que possível, deve-se evitar saídas em curvas à esquerda.

Uma solução alternativa que evita problemas operacionais é posicionar o terminal de saída antes do ponto de curvatura. Nessa configuração, cria-se um ramo paralelo e separado da rodovia, que se conecta posteriormente com o ramo de saída.

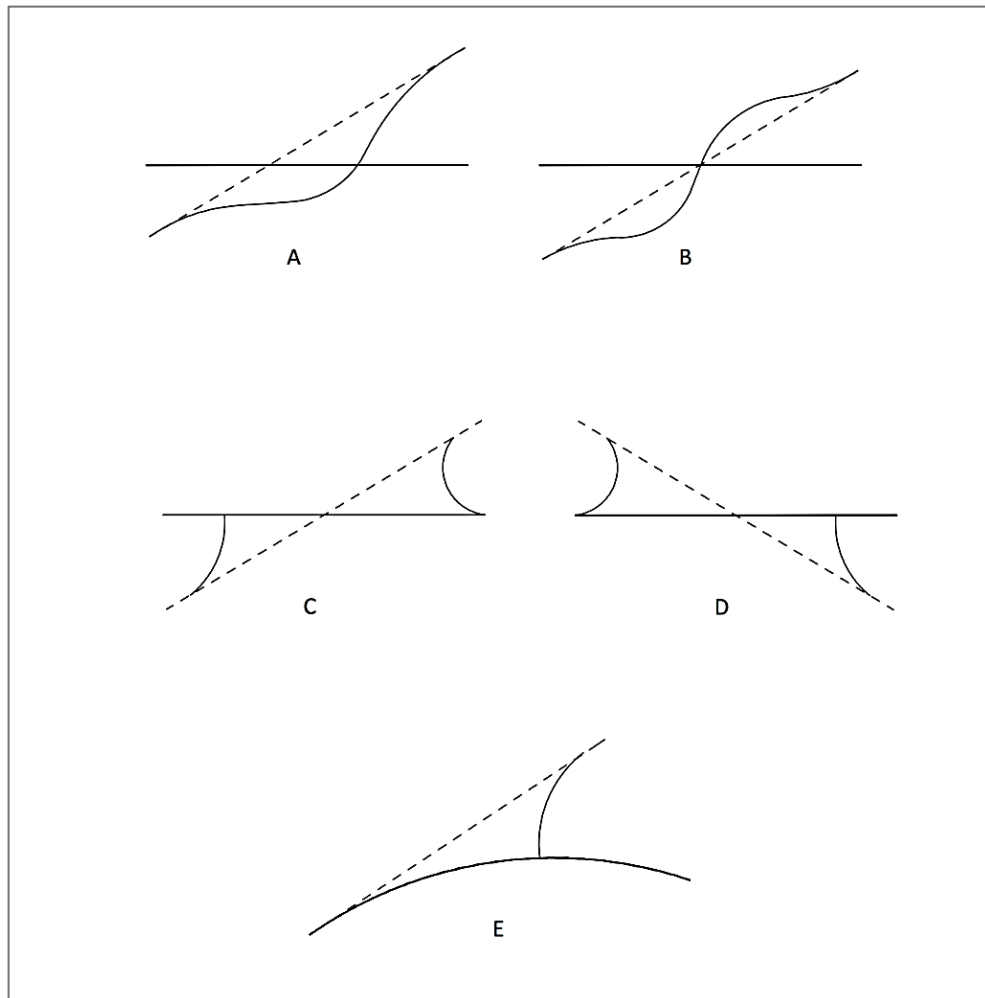
Em uma saída à direita, situada em uma curva à direita, o tráfego direto tem a tendência de sair inadvertidamente da rodovia, conforme ilustrado na figura 21d. Como solução, o taper deve ser curto, evidenciando o início da faixa de desaceleração. Com essa configuração, a superelevação da faixa de desaceleração é facilmente atingida, já que não há mudança de sentido.

5.9 PLANTA E PERFIL EM INTERSEÇÕES

A situação ideal é a de alinhamentos contínuos, idealmente tangentes e rampas de baixa declividade nos locais de interseções. Também é recomendável, por economia e segurança, que as rodovias se interceptem em ângulos aproximadamente normais. Interseções de esconsidade alta exigem grandes áreas para as pistas de conversão, tendem a limitar a visibilidade, particularmente de caminhões, e podem aumentar o tempo de exposição de veículos e a probabilidade de sinistros de trânsito.

Interseções muito esconsas (>60%) devem, onde possível, serem realinhadas. Uma prática usual está presente na figura 22, A e B.

Figura 22 – Esquema de realinhamento de interseções muito esconsas.



Fonte: Manual de Segurança Rodoviária (DER, 1987).

As curvas introduzidas, no entanto, não devem restringir em excesso as velocidades normais de operação.

Outra forma está representada no modelo D da figura 22. A primeira exige uma saída à esquerda da rodovia principal, e é recomendado apenas para pequenos volumes de entrada, saída e para acessos, e não para cruzamento da rodovia principal.

Interseções de rodovias em curva devem sempre que possível ser evitadas. O modelo E da figura 22, propõe uma solução para reduzir a esconsidade da situação indicada.

Em termos de perfil, a recomendação básica é de evitar sempre que possível rampa superiores a 3% nos acessos a interseções.

5.10 ABERTURAS EM CANTEIROS PARA CRUZAMENTOS E CONVERSÕES À ESQUERDA, FAIXAS DE CANTEIRO CENTRAL

5.10.1 Critérios para Emprego

Para volumes de tráfego de baixo a moderado, uma simples abertura do canteiro central com dimensões mínimas pode ser suficiente para cruzamentos menos importantes. No entanto, em casos de movimentos consideráveis de conversões e cruzamentos, as aberturas devem ser projetadas com dimensões e formas adequadas, permitindo os movimentos sem invasões de faixas adjacentes ou interferir nos outros movimentos do trânsito.

É importante ressaltar que, em uma interseção em nível de uma rodovia de pista dupla, não há um bordo fixo do pavimento seguindo a trajetória do giro à esquerda a partir da rodovia principal. Geralmente, os motoristas têm balizadores no início e no fim da operação, que são:

- o bordo do canteiro central da rodovia de pista dupla;
- o bordo do nariz do canteiro central;
- a linha central da pista simples da rodovia secundária ou o bordo da ilha divisória (gota);

Durante a parte central da manobra de giro, o motorista tem à disposição a área aberta da interseção. Em projetos mais simples que contam com um canteiro central menos elaborado, bastará uma curva circular simples para orientar o bordo do giro à esquerda. Vale ressaltar que, quanto maior for o raio, melhor será a acomodação do veículo de projeto, porém, isso leva a uma maior largura da abertura do canteiro central e maior área a ser pavimentada. Por conta disso, é preciso ter cuidado, pois tais áreas ampliadas podem perder sua função de canalização para veículos menores, gerando interferências com outros veículos. Para garantir uma melhor orientação dos carros de passeio, é possível delimitar com pintura a trajetória a ser seguida pelos mesmos, sem deixar de considerar a área necessária para acomodar os veículos maiores.

Vale destacar que o giro à esquerda a partir da rodovia secundária segue a mesma orientação, porém no sentido inverso.

5.10.2 Comprimento Mínimo da Abertura do Canteiro Central

Recomenda-se que a abertura do canteiro central tenha, no mínimo, a largura da rodovia que cruza acrescida dos acostamentos. Em nenhum caso a largura deverá ser inferior a 12 m. Se a rodovia secundária também for de pista dupla, a abertura do canteiro central deverá ter largura igual ou superior à do conjunto formado pelas duas pistas da

rodovia secundária acrescido do seu canteiro central. No entanto, é importante ter atenção para não adotar uma largura maior do que o necessário.

Os arcos de circunferência simples são determinantes para a forma e extensão mínima da abertura, já que se adaptam às trajetórias percorridas pelas rodas dos veículos de projeto convertendo à esquerda em baixa velocidade. O projeto da abertura do canteiro central é baseado na trajetória do veículo de projeto girando à esquerda com velocidade entre 15 e 25 km/h. Os arcos de controle usuais são fornecidos no quadro 17.

Quadro 17 – Raios mínimos de controle para os veículos de projeto

Raios de controle (m)		12	15	23
Veículos que acomoda	Predominante	VP	CO	O
	Esporádico	CO	O	SR

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT – 2005)

Formas da Extremidade do Canteiro Ilha

Existem duas formas comuns para a extremidade do separador central: a semicircular e a forma de ogiva. Entretanto, a forma de ogiva, também conhecida como *bullet nose*, é preferível para separadores centrais de largura superior a 3,00 m, pois se adapta melhor à trajetória dos veículos, resultando em uma área pavimentada menor na interseção e largura reduzida na abertura do canteiro central. Para larguras do canteiro central inferiores a 3,00 m, é possível utilizar a concordância circular de forma simples.

Espaço Mínimo de Abertura

No quadro 18 são apresentadas as extensões mínimas da abertura do canteiro central em interseções ortogonais, que se adaptam às conversões dos veículos de projeto. Além disso, a figura 23 ilustra o critério da AASHTO para determinação da largura mínima do canteiro, levando em consideração um raio de giro de 15 m. Com base nesse critério, é possível atender caminhões e, eventualmente, semirreboques com alguma invasão de faixas adjacentes.

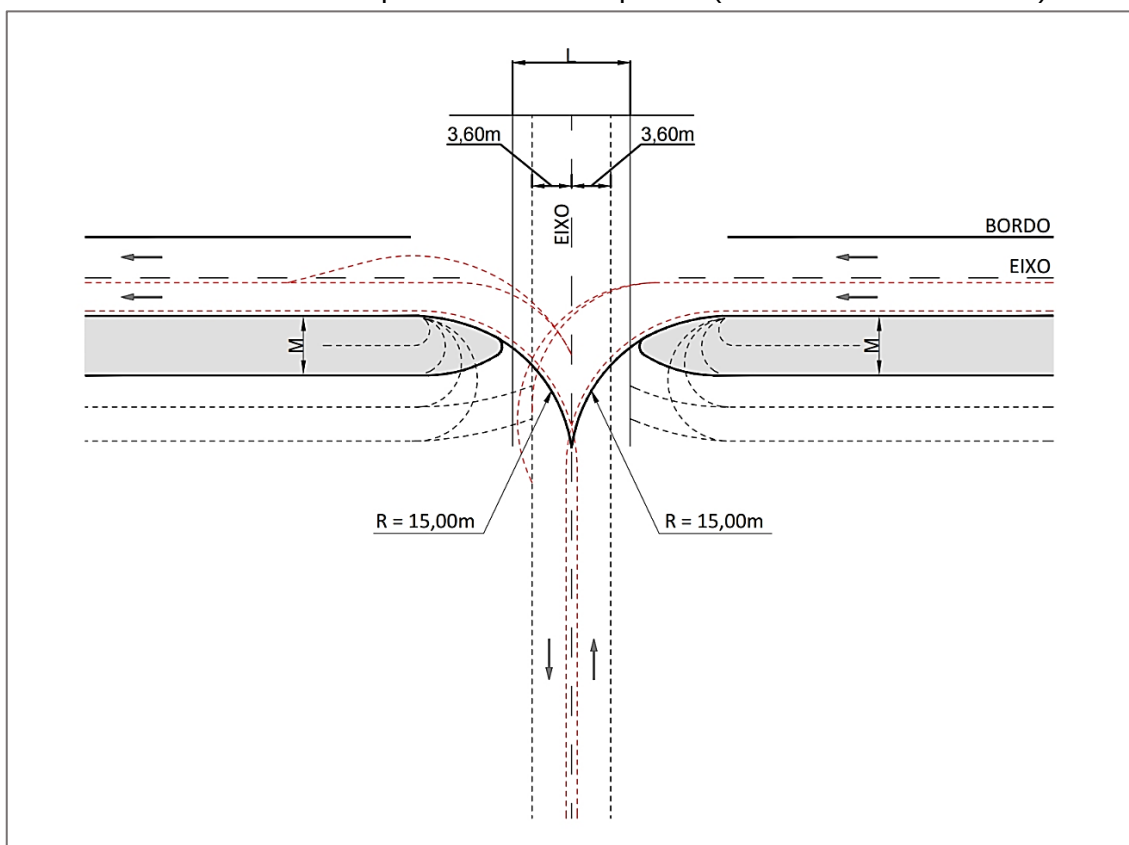
Cada cruzamento esconso deve ser estudado de forma separada, por meio de soluções gráficas utilizando escalas de 1/250 a 1/500, para que o projetista possa fazer comparações e escolher a melhor disposição. É importante salientar que interrupções de extensão maiores que 25 m devem ser evitadas.

Quadro 18 – Dimensões das aberturas dos canteiros centrais.

Largura do canteiro central (m)	Extensão mínima da abertura do canteiro central (m)					
	Raio de 12m (VP)		Raio de 15m (CO)		Raio de 23m (SR)	
	Circular	Ogival	Circular	Ogival	Circular	Ogival
1,2	22,8	22,8	28,8	28,8	43,8	36,6
1,8	22,2	18,0	28,2	22,8	43,2	34,5
2,4	21,6	15,9	27,6	20,4	42,6	33,0
3,0	21,0	14,1	27,0	18,6	43,0	31,5
3,6	20,4	12,9	26,4	17,4	41,4	30,0
4,2	19,8	12,0	25,8	15,9	40,8	28,8
4,8	19,2	12,0	25,2	15,0	40,2	27,6
6,0	18,0	12,0	24,0	13,2	39,0	25,5
7,2	16,8	12,0	22,8	12,0	37,8	23,4
8,4	15,6	12,0	21,6	12,0	36,6	21,9
9,6	14,4	12,0	20,4	12,0	35,4	20,1
10,8	13,2	12,0	19,2	12,0	34,2	18,6
12,0	12,0	12,0	18,0	12,0	30,0	17,1
15,0	12,0	12,0	15,0	12,0	-	-
18,0	12,0	12,0	12,0	12,0	27,0	12,0
21,0	-	-	12,0	12,0	-	-
24,0	-	-	-	-	21,0	12,0
30,0	-	-	-	-	15,0	12,0
33,0	-	-	-	-	12,0	12,0
36,0	-	-	-	-	12,0	12,0

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Figura 23 – Dimensões mínimas de aberturas do canteiro central para veículos do tipo CO (raio de controle de 15 m).



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT – 2005)

5.10.3 Projeto para Conversões diretas à esquerda nas áreas urbanas

Para reduzir a interferência das manobras de conversão com o tráfego direto, é importante fornecer aberturas do canteiro central que permitam realizar giros sem invadir as faixas adjacentes. Na figura 24, são apresentadas aberturas do canteiro em forma de ogiva com raios e aberturas necessários para atender a essas condições. Os parâmetros de controle são os raios R , $R1$ e $R2$. R é o menor raio com o qual se efetua a curva, enquanto $R1$ é o raio de saída a partir do bordo do canteiro central e pode variar entre 25 a 120 metros ou mais para atender velocidades de giro de 30 a 50 km/h. O raio $R2$ pode variar consideravelmente, mas obtém-se uma melhor aparência quando é próximo a $1/5$ da largura do canteiro central.

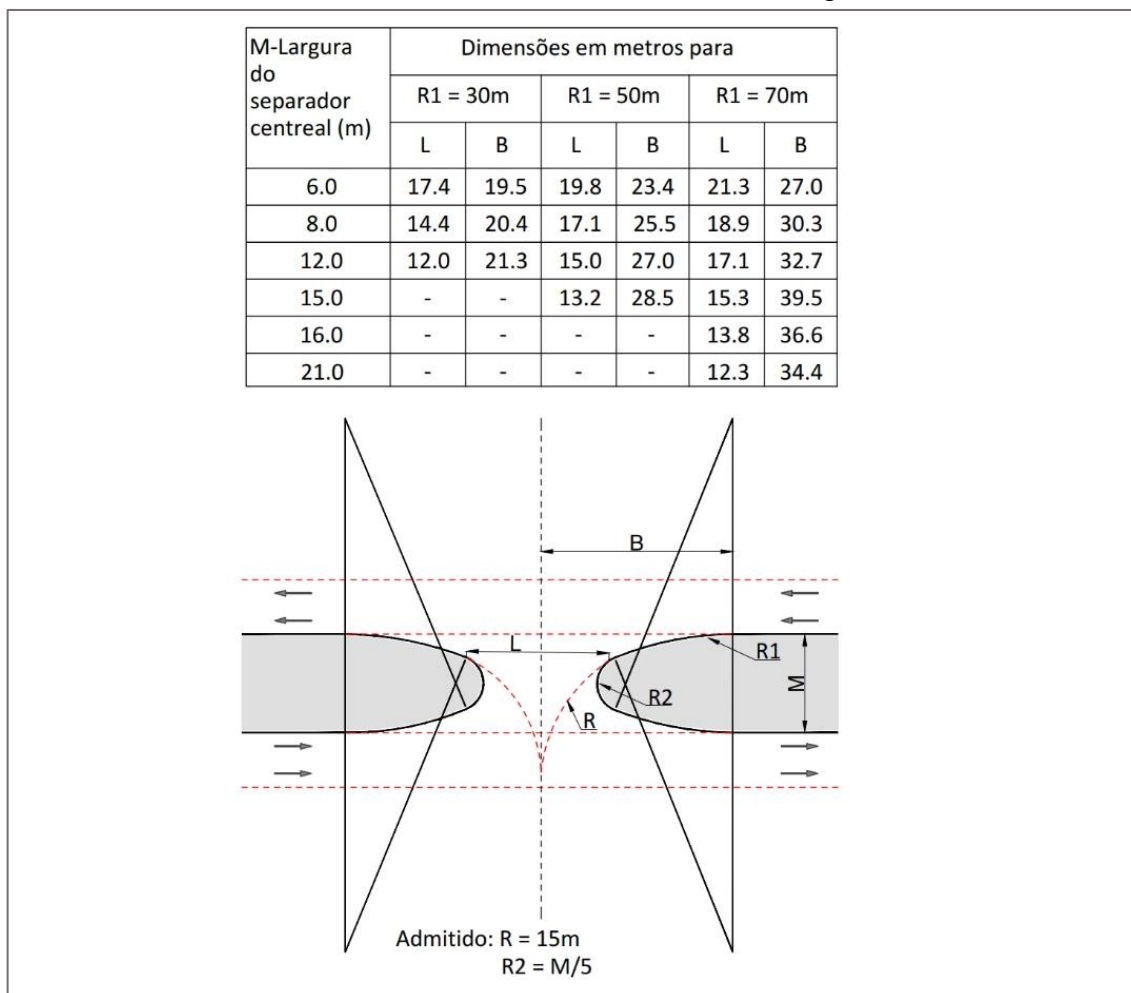
A curva de raio R deve ser tangente à curva de raio $R1$ e ao eixo da via transversal, mas R não deve ser menor que o raio mínimo de controle do veículo de projeto. Para evitar larguras excessivas na abertura do canteiro central, R deve ser escolhido com um valor mínimo razoável, como 15 m, como mostrado na figura. No entanto, é importante evitar projetos com conversões diretas quando os volumes de giro e de cruzamentos são consideráveis. Nesses casos, é essencial adotar sinalização semafórica e incluir faixa auxiliar para giro à esquerda junto ao canteiro central por razões de segurança.

5.10.4 Distância entre aberturas do canteiro central

Para áreas urbanas e suburbanas, recomenda-se um espaçamento mínimo de 500 m entre as aberturas do canteiro central, quando se trata de interseções com sinalização luminosa. Já para as interseções sem sinalização luminosa, o espaçamento deve ser adequado para permitir a instalação de faixas de giro à esquerda, incluindo área de armazenamento e taper, a fim de atender aos movimentos de entrecruzamento.

Nas áreas rurais, é importante evitar fazer aberturas no canteiro central na área da interseção para atender a acessos de vias públicas. É preferível que esses acessos utilizem retornos fora da área da interseção, eliminando cruzamentos e giros à esquerda. As distâncias entre os retornos devem ser fixadas pela autoridade responsável pela rodovia, recomendando-se que não sejam menores que 1,6 km.

Figura 24 – Dimensões típicas de aberturas do canteiro central com bordos em forma de ogiva.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.10.5 Faixas de giro à esquerda no canteiro central

Uma faixa de giro à esquerda em um canteiro central é uma faixa auxiliar projetada para desacelerar e armazenar veículos que desejam realizar conversões à esquerda a partir de uma pista de sentido único adjacente ao canteiro central. Essas faixas são geralmente recomendadas em interseções urbanas e suburbanas com semáforos, bem como em outras aberturas do canteiro central com muitos giros à esquerda ou velocidades elevadas. Essa recomendação é feita porque as interseções em rodovias de duas pistas sem faixas auxiliares para giro à esquerda têm um grande potencial de acidentes e perda de eficiência.

De acordo com a AASHTO, essas faixas auxiliares devem ter a mesma largura das faixas de tráfego direto ou, pelo menos, 3,00 m de largura. Para interseções com uma faixa de giro à esquerda no canteiro central, recomenda-se uma largura de canteiro central de 6,00 m ou mais. Com um projeto adequado, pode-se fazer reduções para 4,80 m ou 4,20 m. No caso de canteiros largos, pode-se deslocar um pouco as faixas de giro à esquerda para melhorar a visibilidade, diminuir o conflito entre veículos realizando giros à esquerda opostos e aumentar os valores de saturação desses fluxos.

Se não houver espaço para adicionar um canteiro, mas as velocidades forem baixas, pode-se optar por uma faixa auxiliar de 3,00 m e um separador de 0,60 m (definido por Meios-fios, tachões, pintura no pavimento ou combinação desses elementos). Isso separa a faixa auxiliar do tráfego em sentido contrário. Para duas faixas de giro no canteiro, a largura mínima deve ser de 8,40 m, o que corresponde a duas faixas de 3,60 m separadas pelo canteiro remanescente de 1,20 m.

5.10.6 Faixas de aceleração no canteiro central

O uso de faixas de aceleração no canteiro central acabou se tornando mais comum em rodovias de pista dupla de alta velocidade. No entanto, é importante ressaltar que nem sempre são apropriadas. Em interseções com sinais de parada obrigatória na rodovia secundária, com boa visibilidade da rodovia principal e tráfego baixo, é possível aguardar uma oportunidade segura para se inserir sem a necessidade da faixa de aceleração.

Na maioria dos casos, as faixas de aceleração no canteiro central são construídas seguindo o projeto tipo paralelo, com os movimentos fornecidos no quadro 15. Essas faixas são recomendadas em interseções com três ou quatro ramos. No entanto, ao usar uma faixa de aceleração no canteiro central em uma interseção de quatro ramos, é importante considerar que ela pode alterar os padrões de conflito e os movimentos de giro dos veículos de sentidos contrários.

Em canteiros centrais mais amplos, onde as faixas de giro à esquerda de veículos opostos não se cruzam, é possível inserir faixas de aceleração sem precisar aumentar a largura do canteiro. No entanto, é importante lembrar que a presença de uma faixa de aceleração pode reduzir o espaço disponível para faixas de giro à esquerda deslocadas. Embora as faixas de aceleração no canteiro central sejam conhecidas por promover giros à esquerda eficientes e reduzir sinistros e conflitos de tráfego, os benefícios operacionais e de segurança ainda não foram completamente avaliados.

Com base na experiência americana, as faixas de aceleração para veículos que giram à esquerda devem ser consideradas em locais com canteiro central de largura adequada, quando as seguintes condições forem verificadas:

- o fluxo da rodovia apresenta poucos intervalos para inserção de veículos.
- o fluxo da rodovia apresenta velocidade elevada.
- os sinistros de trânsito por colisão traseira ou lateral são em número significativo.
- a distância de visibilidade no local é insuficiente.
- há participação considerável de caminhões nos veículos que se inserem na rodovia (75 a 100 por dia).

5.10.7 Critérios básicos para a determinação da largura do canteiro central

As seguintes recomendações são feitas para dimensionamento das larguras do canteiro central de interseções rurais com 3 ou 4 ramos, admitindo-se, por medida de segurança, que as interseções de 3 ramos tenham o mesmo comportamento das de 4 ramos.

- Do ponto de vista operacional e de segurança o canteiro central de uma rodovia rural deve ser tão largo quanto possível. Devem ser considerados, entretanto, os custos da faixa de domínio, o potencial de erro dos motoristas, a uniformidade de projeto do corredor de tráfego e as tendências de crescimento do tráfego futuro.
- Dois fatores básicos na escolha da largura do canteiro são o veículo de projeto e o tipo de solução adotada para os giros à esquerda. O veículo de projeto deve atender especificamente ao que se espera para a interseção no ano de projeto, e não à tendência geral da rodovia principal. A demanda de aberturas para retorno em “U” é um fator importante na escolha do veículo de projeto; se uma rodovia de pista dupla não apresenta aberturas do canteiro para retorno, as interseções terão que atender os veículos maiores que as utilizaram para esse fim.
- A largura mínima de um canteiro central a ser projetado em uma interseção em que o veículo cruza as duas pistas deve ser de 8 m, que permite abrigar carros de passeio de 6 m, com folga de 1 m para cada lado. Larguras menores podem ser

toleradas em trechos já existentes onde estão operando sem problemas em locais em que são inviáveis larguras maiores.

- Em muitas interseções de rodovias rurais as rodovias secundárias contribuem com poucos veículos pesados de carga. Nesses locais pode-se recomendar o uso de ônibus rodoviário (O), com comprimento da ordem de 12 m, como veículo de projeto. Um canteiro de 14 ou 15 m é então satisfatório.
- Onde um caminhão pesado é o veículo de projeto a largura deverá variar de 21 a 24 m em função do tipo de veículo a ser atendido (semirreboque, reboque e veículo especial).
- Quando o canteiro central tem mais de 24 m, é importante levar em conta a possibilidade de o motorista pensar que está para atravessar uma rodovia de pista simples e fazer um giro à esquerda na contramão. Boa visibilidade das duas pistas é importante, complementada com sinalização adequada.
- A principal causa de manobras inadequadas é a competição pelo espaço disponível na abertura do canteiro, para efetuar giros à esquerda ou atravessar a rodovia principal. À medida que aumenta o número dessas manobras cresce a necessidade de canteiros mais largos.
- Embora canteiros mais largos sejam desejáveis em interseções rurais, o contrário acontece nas interseções urbanas. Por essa razão deve-se evitar canteiros largos em áreas em que se prevê desenvolvimento urbano, mesmo que se passe a adotar sinalização semafórica. A experiência mostra que os canteiros largos criam certas dificuldades no controle com semáforos.
- Quando o canteiro central não tem largura suficiente para acomodar o veículo de projeto, o veículo proveniente da via secundária que deseja fazer o giro à esquerda ou cruzar a rodovia principal necessitará maior distância de visibilidade do veículo que está na pista mais afastada da rodovia principal. Se o canteiro central pode acomodar o veículo de projeto, a distância de visibilidade necessária é a mesma do caso da pista simples.
- As extensões das aberturas do canteiro central devem ser as menores possíveis, para melhor canalização dos movimentos dos veículos.

Como destacado, a largura do canteiro central pode variar em diferentes trechos de uma rodovia. No entanto, recomenda-se que o projeto de um corredor rodoviário seja uniformizado pela maior largura necessária para manter a consistência e corresponder às expectativas dos motoristas.

Para atender às diversas manobras realizadas em uma interseção, são recomendadas as seguintes agulhas para o canteiro central (conforme o quadro 19):

Quadro 19 – Larguras recomendadas para o canteiro central

Função	Largura mínima (m)	Largura desejada (m)
Separação de fluxos opostos	1,20 (0,60)	3,00
Refúgio de pedestres e espaço para o controle de tráfego	1,80 (1,20)	4,20
Faixa de giro à esquerda e armazenamento de veículos	3,60 (3,00)	6,00
Proteção dos veículos que cruzam	6,00	14,00
Retornos em “U”, movimentos entre faixas internas	9,00	19,00

OBS.: As dimensões entre parênteses correspondem às áreas urbanas.

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.11 PROJETOS DE RETORNO

5.11.1 Critério para Emprego

Os retornos são dispositivos localizados no interior da faixa de domínio da rodovia que permitem a inversão do sentido do trânsito. Eles são amplamente utilizados em rodovias de pista dupla, embora possam ser adotados de forma excepcional em pistas simples.

Um dos principais objetivos da implantação de retornos é regulamentar os espaçamentos entre as aberturas do canteiro central. Isso visa impedir as aberturas diretas em frente às propriedades marginais, prática desaconselhável devido aos riscos envolvidos e à redução da capacidade da rodovia. Além disso, há outras situações que justificam a abertura do canteiro central para permitir a inversão do sentido do tráfego, como:

- Após interseções, para acomodar movimentos menores de conversão não previstos nas interseções em níveis ou nas interconexões. A área principal do entroncamento é mantida livre para os importantes movimentos de conversão, evitando, em alguns casos, ramos onerosos ou estruturas adicionais.
- Antes de uma interseção, para possibilitar movimentos de retorno que interfeririam com a corrente de tráfego direta e outros movimentos de conversão. Quando um canteiro central largo apresentar poucas aberturas, o retorno é necessário para chegar às áreas adjacentes à rodovia. Proporcionar esse retorno com antecedência aos cruzamentos propriamente ditos reduzirá a interferência.

- Em combinação com rodovias transversais de menor importância, cujo volume de tráfego não justifica a travessia da rodovia principal, exigindo-se ao invés disso que os veículos se incorporem na corrente principal e executem a manobra de retorno em local próximo. Em rodovias de alta velocidade ou de alto volume de tráfego, a dificuldade e as longas extensões necessárias para vencer o entrecruzamento com segurança, geralmente tornam esse padrão de projeto indesejável, a menos que os volumes interceptados sejam baixos e o canteiro central tenham a largura adequada.
- Locais onde aberturas a intervalos regulares facilitem operações de conservação, manutenção, fiscalização, policiamento, reparos em veículos enguiçados ou outras atividades relacionadas com a rodovia. As aberturas para esse fim poderão ser necessárias em rodovias de acesso controlado e em rodovias de pista dupla que atravessem áreas pouco desenvolvidas.
- Nas rodovias sem controle de acesso, para servir ao desenvolvimento das vias marginais existentes, com o objetivo de minimizar a pressão para futuras aberturas no separador central. Não é necessário um espaçamento fixo, nem seria aconselhável em todos os casos, devido às variações da topografia das exigências de serviço locais.

5.11.2 Projetos de abertura do canteiro central para retornos

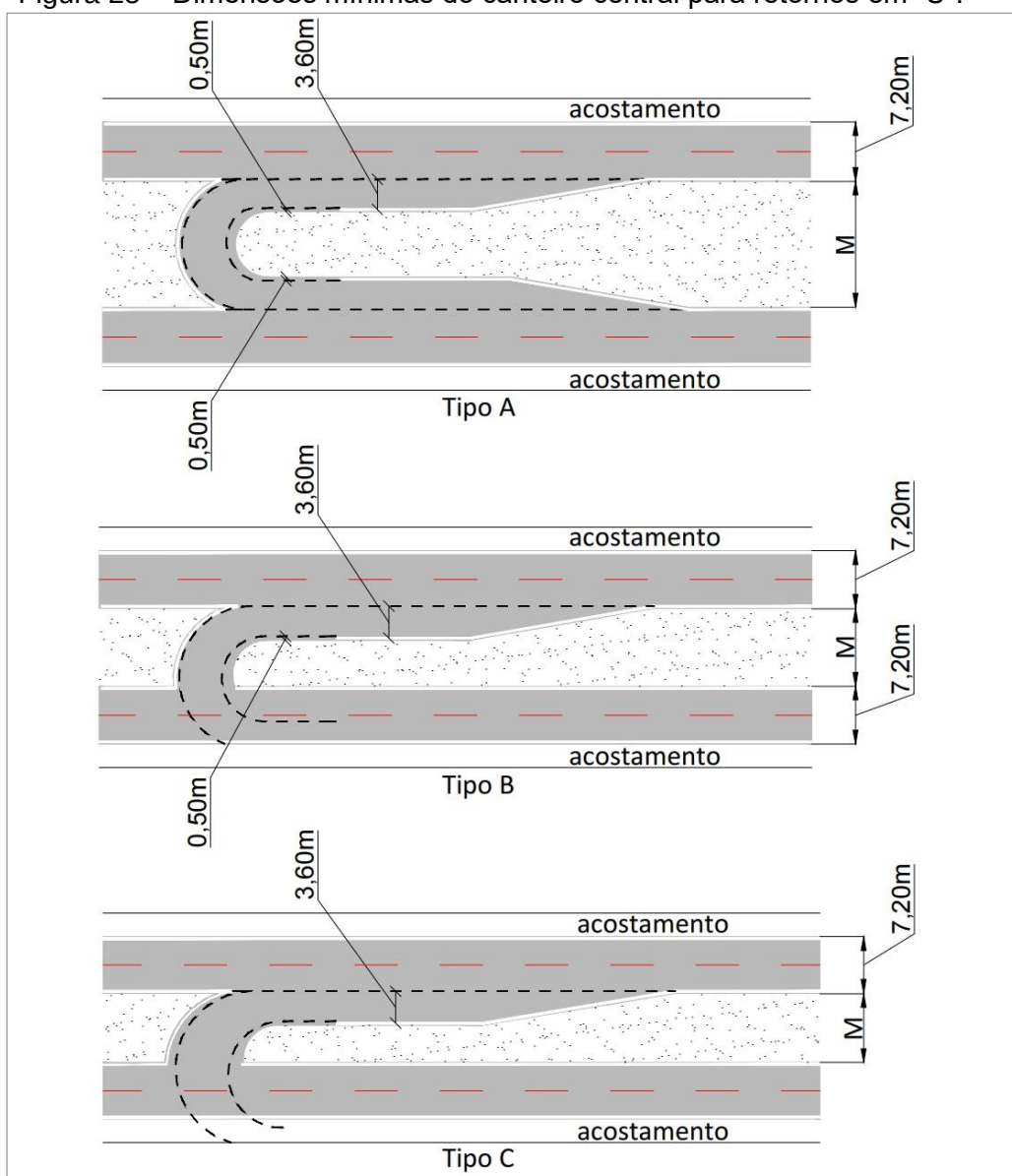
Infelizmente, em muitas rodovias brasileiras existem retornos construídos com simples aberturas no canteiro central, sem largura suficiente para acomodar adequadamente os veículos e aumentando consideravelmente o risco de acidentes. Em rodovias de alta velocidade com grandes volumes de tráfego, os perigos desse tipo de dispositivo podem ser minimizados através de projetos que permitem que a operação de retorno seja iniciada e concluída nas faixas internas das rodovias com canteiros centrais.

São apresentadas na figura 25 soluções típicas de retornos em rodovias de pista dupla com duas faixas de tráfego em cada sentido:

- Tipo A: Quando a largura do canteiro central é suficiente para envolver completamente o veículo de projeto, as faixas auxiliares de desaceleração e aceleração são inseridas no canteiro central, permitindo que a operação de retorno seja realizada de forma totalmente protegida. O veículo na faixa de desaceleração executa a manobra de 180° e aguarda na faixa de aceleração para se inserir de volta no tráfego direto.

- Tipo B: Quando a largura combinada do canteiro central e pista oposta é suficiente para envolver completamente o veículo de projeto, apenas a faixa de desaceleração é inserida no canteiro central. O veículo que realiza a manobra de retorno aguarda uma oportunidade protegida para voltar à faixa de tráfego na pista oposta mais próxima ao acostamento.
- Tipo C: Quando a largura combinada do canteiro central, pista oposta e acostamento é suficiente para envolver completamente o veículo de projeto, novamente é inserida apenas uma faixa de desaceleração no canteiro central. O veículo que executa a manobra aguarda protegido para se inserir no acostamento da pista oposta, que funciona como uma faixa de aceleração para voltar ao tráfego normal.

Figura 25 – Dimensões mínimas do canteiro central para retornos em “U”.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Quando se trata de rodovias com altas velocidades e volumes de tráfego, é importante minimizar os riscos de sinistros de trânsito e interferência com o tráfego direto. Para isso, a melhor opção é adotar o Tipo A de retorno, que oferece proteção aos veículos durante toda a manobra de conversão. No entanto, em alguns casos em que o canteiro central não é largo o suficiente, pode-se eventualmente adotar os Tipos B ou C, desde que sejam complementados com as medidas de segurança necessárias e as operações de retorno sejam esporádicas.

Geralmente, não se permite o retorno a partir da faixa de tráfego direto, e por esse motivo essa solução não foi prevista. No entanto, em casos especiais de baixo volume de tráfego e raras operações de retorno em áreas urbanas, pode-se considerar a adoção de projetos dessa natureza, sempre com a proteção e segurança adequadas.

O quadro 20 apresenta as larguras mínimas do canteiro central em rodovias de pista dupla de quatro faixas e dois sentidos, que permitem o retorno de diferentes tipos de veículos de projeto para os vários tipos de manobras.

Quadro 20 – Dimensões mínimas para retornos em “U” (Consideradas faixas auxiliares de 3,60 m).

Tipo de retorno	Tipo de manobra	Largura mínima do canteiro (W) para os veículos de projeto (m)			
		VP	CO	O	SR
		Tamanho dos veículos (m)			
		5,8	9,1	12,2	16,8
A	Faixa auxiliar para a faixa auxiliar junto ao canteiro central	16	26	28	29
B	Faixa auxiliar junto ao canteiro central para a faixa externa	10	19	21	22
C	Faixa auxiliar junto ao canteiro central para acostamento	7	16	18	19

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Para garantir a segurança dos motoristas e passageiros, é fundamental que as aberturas no canteiro central sejam projetadas levando em conta as envoltórias dos veículos de projeto. A forma de ogiva na extremidade do canteiro (*bullet nose*) é frequentemente considerada a melhor opção, em especial para larguras de canteiro superiores a 4,50 m, para definir os limites dessas trajetórias.

Para casos práticos, a AASHTO sugere o uso de curvas compostas tricentradas apresentadas no quadro 21. Essas curvas são projetadas levando em consideração o raio de curvatura necessário para acomodar veículos de diferentes tamanhos, garantindo que as manobras possam ser feitas com segurança e sem interferência com o tráfego direto.

Quadro 21 – Curvas compostas tri centradas para projetos de retornos

Largura do canteiro central – W (m)	Curva composta de 3 centros (raios em m)
≤ 9	15 – 0,2W – 15
9 a 18	23 – 0,2W – 23
≥ 18 a 24	37 – 0,2W – 37

Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Para garantir a segurança dos usuários da rodovia, é recomendável utilizar os gabaritos das envoltórias das trajetórias dos veículos de projeto para ajustar as curvas projetadas e determinar a largura adequada da abertura do canteiro. É importante destacar que, para aumentar a segurança, é fundamental que o projeto dos retornos seja realizado separadamente para cada sentido de tráfego. Embora isso possa representar um pequeno custo adicional, o investimento é justificado pela redução do risco de sinistros de trânsito e da interferência com o tráfego direto.

5.11.3 Projetos Especiais de Retornos

Existem casos em que as manobras de retorno são ocasionais, o tráfego direto não opera próximo à sua capacidade e não há restrições de faixa de domínio que impeçam a expansão do canteiro central para acomodar os veículos que retornam. Nestas situações, é possível projetar retornos especiais utilizando áreas adjacentes à rodovia. Na figura 26, são ilustrados os dois tipos de retornos especiais considerados:

- Retorno pela direita, em que a manobra de conversão inicia na faixa de tráfego à direita. A figura 26A mostra a solução aplicável quando a largura do canteiro não permite a inclusão de uma faixa de aceleração (largura menor que 3,00 m). A figura

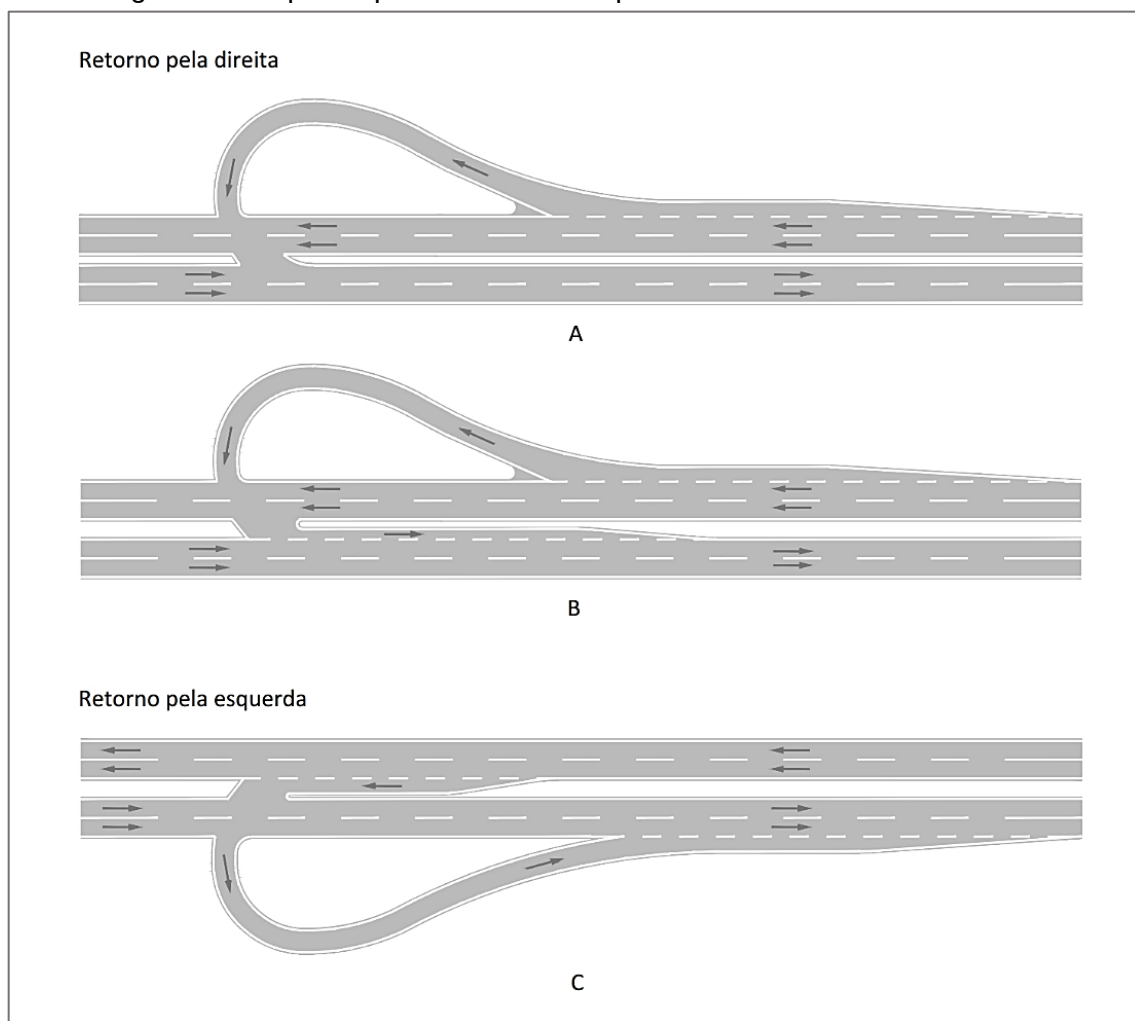
26B fornece a solução quando a largura do canteiro permite a inclusão de uma faixa de aceleração (largura maior ou igual a 3,00 m).

- Retorno pela esquerda, em que a manobra executada pela esquerda no sentido da circulação, junto ao canteiro central (Figura 26C). Esta solução é aplicável somente quando a largura do canteiro permite a inclusão de uma faixa de desaceleração (largura maior ou igual a 3,00m).

Não há estudos suficientes sobre os tipos de retornos especiais ilustrados na figura 26, o que torna difícil estabelecer sua faixa ideal de aplicação com segurança. No que diz respeito aos retornos pela esquerda, tem sido manifestada a preocupação com os problemas operacionais que poderiam ser causados pelos veículos que se deslocam da faixa de baixa velocidade para a de ultrapassagem, que é uma manobra típica nesse tipo de retorno. No entanto, há algumas vantagens notáveis em sua aplicação: Necessária menor exigência quanto à visibilidade, já que o veículo atravessa somente uma pista. Além disso, é possível verificar que esses retornos são amplamente utilizados em outros países tecnicamente avançados, em que os efeitos da mudança de faixa são mitigados por sinais adequados e, principalmente, pelo cumprimento das normas de trânsito.

Independentemente do tipo de retorno selecionado, é fundamental acrescentar que atenção especial deve ser dada à adequação da sinalização e à manutenção de soluções uniformes de projeto em toda a extensão da rodovia.

Figura 26 – Tipos especiais de retorno para canteiros centrais estreitos.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

5.12 DIRETRIZES PARA PROJETO DE INTERSEÇÕES

Interseção é definida como a área onde duas ou mais vias se encontram ou se cruzam, abrangendo todo o espaço destinado a facilitar o fluxo de veículos que circulam por ela. As interseções são classificadas em duas categorias principais, de acordo com os diferentes níveis em que ocorrem os movimentos: interseções no mesmo nível e interseções em níveis diferentes. As interseções representam pontos de descontinuidade em qualquer rede viária e são consideradas situações críticas que devem receber um tratamento especial. O projeto de interseções deve garantir uma circulação ordenada dos veículos e manter o nível de serviço da rodovia, garantindo a segurança nas áreas onde as diferentes correntes de tráfego se misturam, sejam elas internas ou externas. Tradicionalmente, para fins de projeto, as seguintes definições são adotadas:

- Interseção: a junção, entroncamento ou cruzamento de duas ou mais vias.
- Acesso: a interseção entre uma rodovia e uma via de acesso a propriedades adjacentes, de uso privado ou público.

- Retorno: um dispositivo em uma rodovia que permite que os veículos de uma corrente de tráfego transfiram para a corrente no sentido contrário.

A "área funcional de uma interseção, acesso ou retorno" é o espaço que contém todos os dispositivos destinados a controlar e ordenar os diferentes movimentos do tráfego, incluindo pistas auxiliares e direcionamentos.

5.12.1 Considerações Gerais de Projeto

Com base nas necessidades locais e disponibilidade de recursos, é importante estabelecer os objetivos que se pretende atingir com o projeto das interseções, geralmente relacionados à capacidade, segurança e custos de implantação.

O projeto dos elementos geométricos de uma interseção é baseado nos mesmos princípios que governam o projeto geométrico de outros componentes da rodovia. No entanto, existem algumas diferenças importantes na forma como os veículos se aproximam dessas áreas, o que permite ao projetista usar especificações menos exigentes do que em trechos contínuos da rodovia.

Os motoristas estão dispostos a reduzir a velocidade e tolerar condições menos confortáveis, como forças laterais que afetam o veículo e seus ocupantes, ao fazer curvas com raios menores do que os utilizados na rodovia. Por outro lado, medidas preventivas, como sinalização avançada e maior iluminação, ajudam a aumentar a atenção dos motoristas ao atravessar uma interseção. Também é importante considerar a maior variação no tráfego, o que afeta a habilidade dos motoristas em atingir a velocidade desejada.

Os valores recomendados neste manual representam os padrões desejáveis e mínimos aceitáveis, mas não devem ser considerados absolutamente rígidos. Padrões mais elevados podem ser utilizados, desde que seja possível manter o custo do projeto dentro de limites razoáveis e não resulte em condições indesejáveis devido a um dimensionamento excessivo.

Estabelecer padrões mínimos é necessário para evitar valores incompatíveis com a qualidade aceitável do projeto, embora seja reconhecido que, em algumas circunstâncias locais, podem ser necessários padrões inferiores aos mínimos absolutos. Essa decisão, assim como os valores a serem adotados, devem ser cuidadosamente ponderados para encontrar a solução ótima de compromisso entre as exigências do projeto e as restrições físicas, econômicas e ambientais.

É importante ressaltar que muitos dos elementos de projeto apresentados aqui, especialmente aqueles relacionados à acomodação de conversões, são comuns e aplicáveis aos dois tipos gerais de interseções (no mesmo nível e em níveis diferentes).

5.12.2 Dados Básicos

No estudo e projeto de uma interseção, é necessário levar em conta uma série de aspectos, incluindo elementos de tráfego, fatores físicos, econômicos e ambientais. A escolha do tipo de interseção a ser adotado dependerá principalmente da relação entre a topografia do local, os volumes e composição do tráfego, a capacidade das vias, a segurança e os custos de implantação e operação. Esses fatores estão intimamente ligados aos elementos do projeto, portanto, é crucial entender sua interdependência antes de elaborar o projeto.

5.12.2.1 Dados Funcionais

Um dos primeiros aspectos a ser considerado é a classificação funcional das vias que se cruzam, uma vez que o projeto deve ser coerente com suas características específicas. Isso inclui a classificação dentro de uma determinada rede, o tipo de controle de acessos, as velocidades específicas e as prioridades de passagem.

5.12.2.2 Dados Físicos

A representação precisa da topografia da área afetada pelo projeto é essencial para sua elaboração, sendo obtida por meio de aerofotogrametria, levantamentos topográficos tradicionais ou modernos equipamentos eletrônicos e sistemas de processamento de dados.

As plantas devem incluir todos os dados relevantes que possam afetar ou limitar as soluções a serem estudadas, como edificações, acidentes geográficos, serviços existentes (adutoras, linhas de transmissão, etc.) e outros. A escala mais comumente usada é 1/500, embora para interseções em dois níveis a escala de 1/1000 possa ser mais adequada. Em interseções urbanas, uma escala de 1/200 pode ser necessária.

5.12.2.3 Dados de Tráfego

Tráfego de Veículos

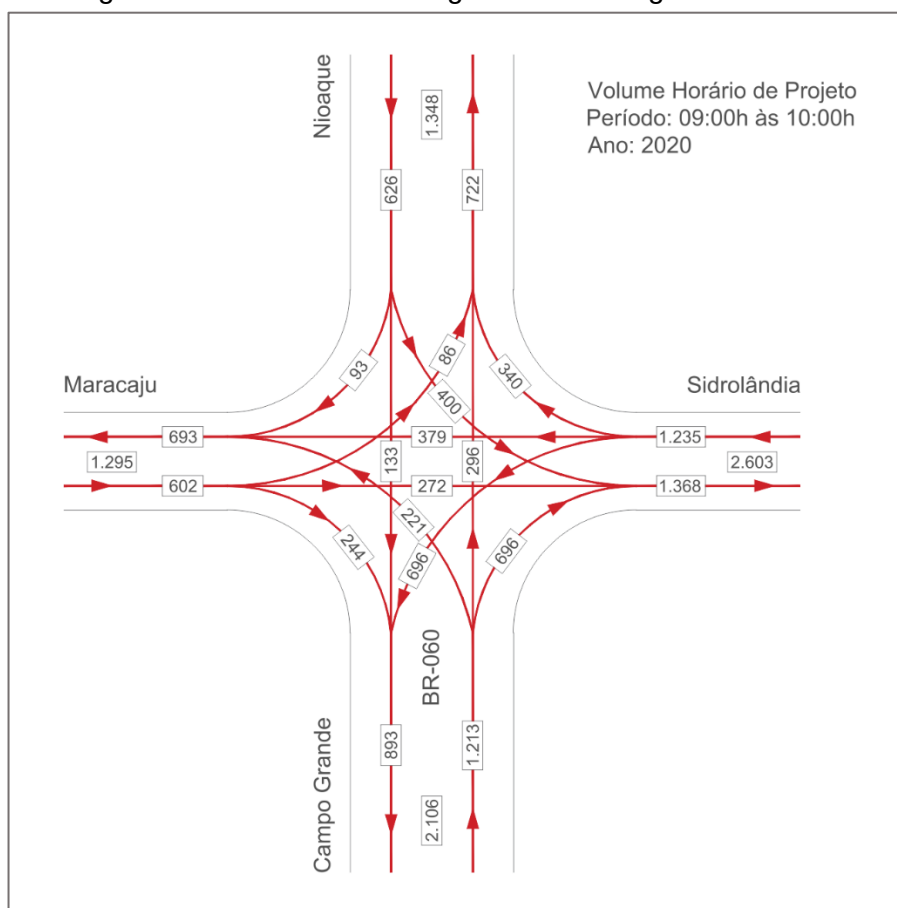
O projeto e dimensionamento dos ramos de uma interseção são determinados com base no volume e características do tráfego esperado no ano de projeto. Geralmente, o ano de projeto é considerado como o décimo ano após a conclusão das obras planejadas. Nesse ano, é necessário projetar o tráfego com base nas informações coletadas. No

caso de rodovias exploradas por concessão, também pode ser recomendado projetar o tráfego até o final da concessão.

Os dados de tráfego necessários incluem os Volumes Médios Diários (VMD) e os Volumes Horários de Projeto (VHP). Esses dados devem ser representados em fluxogramas, indicando as diferentes correntes de veículos classificadas de acordo com as finalidades do estudo, como carros de passeio, ônibus e veículos de carga. Recomenda-se que, sempre que possível, o VHP também seja expresso em unidades de carro de passeio por hora (UCP/hora). O fluxograma é preparado para o ano de projeto e, se necessário, considera o ano de abertura ao tráfego e projetos de ampliação para uma interseção que será implantada em etapas.

Para facilitar a compreensão, a figura 27 apresenta um modelo de fluxograma que demonstra essas informações mencionadas.

Figura 27 – Modelo de Fluxograma de Tráfego em UCP.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Para obtenção dos dados necessários à elaboração dos fluxogramas deverão ser feitas contagens de tráfego nas interseções de acordo com a seguinte orientação.

- a. Determinação preliminar dos períodos de pico de tráfego, através do exame de contagens de tráfego eventualmente existentes ou de observação específica do local, complementada com consultas a autoridades locais em condições de prestar informações confiáveis. Nessa pesquisa se procurará identificar os dias de semana e períodos horários em que ocorrem os picos de tráfego.
- b. Identificação das características dos veículos de maiores dimensões que ocorrem normalmente na interseção.
- c. Execução de contagens nos períodos de pico, pelo menos durante três dias, escolhidos de forma a incluir o(s) provável(veis) pico(s) semanal(ais), com totalização a cada 15 (quinze) minutos. Nessas contagens serão determinados separadamente os volumes dos diversos tipos de veículos, de acordo com a classificação adotada. Para o caso de interseções e acessos com volume horário da via principal inferior a 300 UCP ou da via secundária inferior a 50 UCP a contagem deverá ser feita pelo menos durante um dia da semana em que se tenha na rodovia principal maior movimento.
- d. Identificação de elementos existentes que permitam determinar fatores de sazonalidade para ajustamento dos resultados das contagens ao período do ano de maior fluxo de tráfego, tais como:
 - postos de contagens permanentes ou que levanten informações de diversas épocas do ano;
 - contagens existentes em períodos específicos do ano, conhecidos como de maior volume de tráfego no local;
 - outros indicadores da flutuação sazonal do tráfego;
- e. Identificação de elementos existentes que permitam determinar os fatores de expansão necessários à determinação do Volume Médio Diário (VMD) das diversas correntes da interseção.
- f. Levantamento de valores de taxas de crescimento a aplicar aos volumes determinados nas contagens, obtidos de estudos socioeconômicos ou estudos de tráfego existentes.

No caso de não existir ainda uma interseção no local em que se pretende implantá-la, ou se houver a possibilidade de desvios significativos de tráfego com a construção da nova interseção, é necessário realizar pesquisas de origem e destino, além de contagens de volume. Os postos de pesquisa serão posicionados nos locais estratégicos da infraestrutura existente, de forma a abranger todas as rotas de acesso atuais para as correntes de tráfego que utilizarão a futura interseção.

Tráfego de Pedestres

Para interseções em que a presença de pedestres pode ser um fator de impacto na capacidade e segurança, é necessário registrar seus movimentos para uma análise posterior da necessidade de construção de passarelas ou a implementação de uma fase exclusiva para pedestres nos semáforos. A localização de pontos críticos ou perigosos será determinada com base em informações das autoridades locais e observações feitas durante as inspeções no local.

Em geral, as contagens de pedestres devem ser realizadas durante os horários de pico da interseção. Devem ser identificadas tanto as travessias realizadas nos locais apropriados quanto as travessias inadequadas, registrando-se os volumes de pedestres em intervalos de 15 minutos.

5.12.2.4 Dados de Acidentes

No caso de melhorias em interseções existentes, os relatórios de acidentes contendo informações completas e análises das causas são extremamente importantes. Na ausência desses relatórios, é necessário realizar pesquisas sobre as condições operacionais da interseção para determinar as causas dos acidentes.

Um método sugerido é observar os potenciais conflitos de tráfego no local e fazer uma avaliação sobre a segurança adequada nos cruzamentos indicados como "pontos críticos" durante as discussões preliminares com as autoridades locais. Nesses pontos de conflito, os motoristas tomam ações evasivas para evitar colisões, como frenagens bruscas, manobras repentinas e até mesmo desrespeito à sinalização. Esse método envolve a observação sistemática das condições operacionais de cada interseção. As informações resultantes são esclarecedoras e muitas vezes permitem identificar as causas originais, que podem não ter sido reveladas nos registros oficiais.

O documento "*Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo* - DNER - 1998" fornece orientações detalhadas sobre a coleta de dados de acidentes.

5.12.2.5 Dados Econômicos

Outro aspecto relevante é o fator econômico, que se refere ao custo da implantação da interseção, incluindo desapropriação e construção necessárias.

O custo da construção varia consideravelmente de acordo com o tipo de solução adotada, como interseções em um único nível (simples ou canalizada) ou interseções em níveis diferentes (semidirecional, direcional, etc.). A falta de espaço disponível, os

altos custos de terrenos e edificações adjacentes às vias às vezes resultam em restrições significativas na implementação de um projeto. As diversas alternativas tecnicamente viáveis do projeto deverão levar em consideração todos esses fatores.

5.12.3 Volume Horário de Projeto (VHP)

Projetar uma rodovia em condições ideais envolve planejá-la com características que atendam à máxima demanda horária prevista para o ano de projeto, geralmente considerado como o décimo ano após a conclusão das obras programadas. Nesse cenário, congestionamentos não ocorreriam em nenhuma hora do ano. No entanto, essa abordagem seria antieconômica, pois a rodovia ficaria superdimensionada na maior parte do ano.

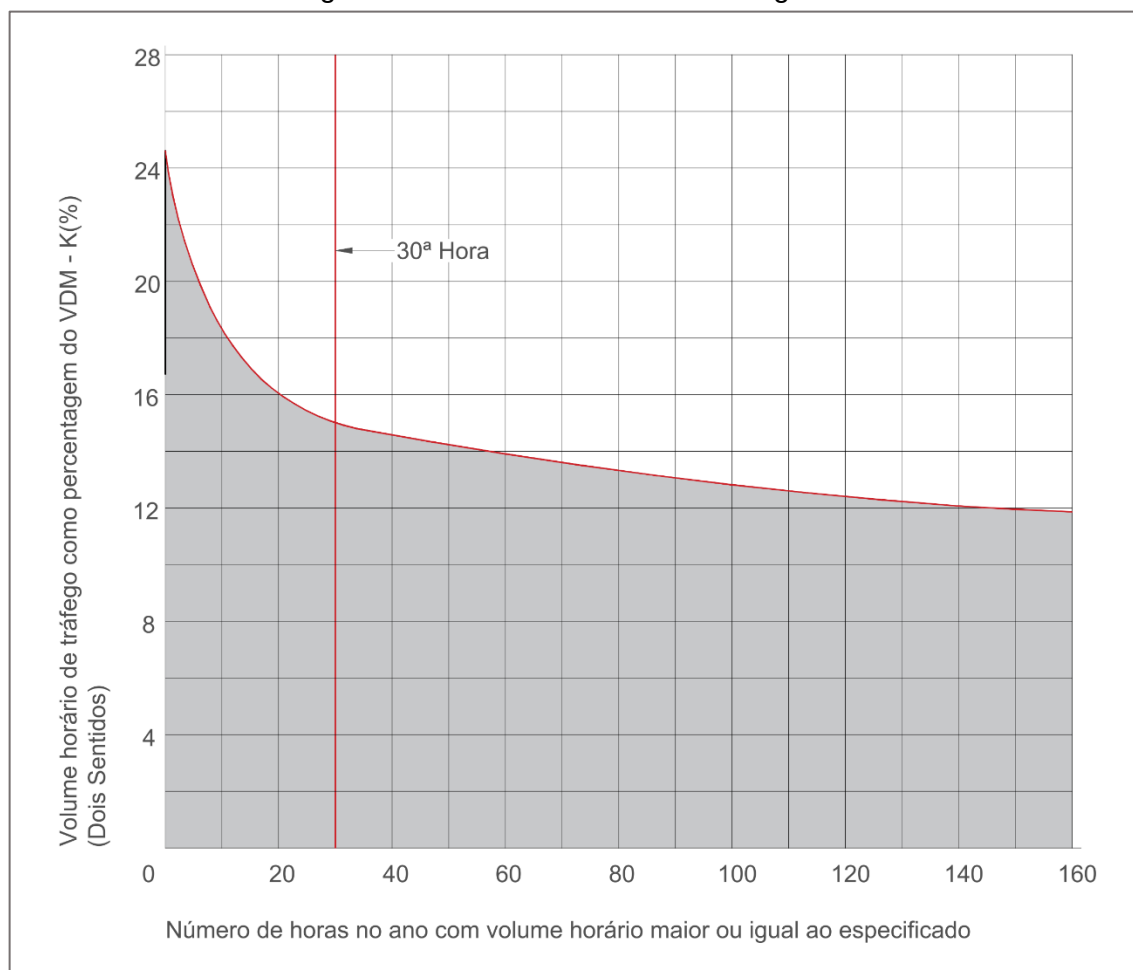
Portanto, o dimensionamento da rodovia deve levar em consideração um certo número de horas congestionadas, e a decisão de qual número é aceitável para a adoção do Volume Horário de Projeto (VHP).

Quando são disponíveis contagens horárias contínuas de uma rodovia, abrangendo um período de um ano completo, é possível determinar o volume horário a ser usado no projeto por meio do critério da "curva da enésima hora". Essa curva consiste na classificação decrescente de todos os volumes horários anuais, expressos em percentagem do Volume Médio Diário (VMD), conhecido como fator K.

A figura 28 mostra a relação entre o Volume Horário de Tráfego, medido como uma porcentagem do VMD, e o Número de Horas no Ano em que esse volume é excedido. Essa relação foi determinada para rodovias rurais nos Estados Unidos e, embora possa não se aplicar exatamente às condições brasileiras, permite avaliar o comportamento uniforme do tráfego ao longo dos anos, com poucas alterações significativas.

Essa figura nos permite concluir que a curva de ordenação horária apresenta uma característica importante, mostrando uma mudança rápida de inclinação (ponto de inflexão) por volta da 30ª hora. O volume correspondente a essa hora tem fortes fundamentos para ser escolhido como o Volume Horário de Projeto, pois aumentos substanciais nesse valor implicarão em um atendimento adequado para poucas horas adicionais, enquanto reduções relativamente pequenas resultarão na exclusão de um número significativo de horas.

Figura 28 – Volume Horário de Tráfego.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).

Portanto, o critério da "enésima hora" sugere que o valor de K a ser utilizado no projeto seja escolhido a partir do ponto onde a curva muda rapidamente de inclinação. É importante observar que essa mudança de direção não é precisa, permitindo certa variação na escolha da hora de projeto, o que permite ao técnico ajustar melhor seu estudo. É aceitável usar um valor de K determinado com base em dados disponíveis durante os levantamentos para o tráfego futuro, o que implica que a forma da curva em questão não se altera ao longo do tempo.

A prática comum nos Estados Unidos é usar como base de projeto um volume entre a 30ª e a 100ª hora. Para rodovias rurais, muitas vezes é utilizado o volume da 30ª hora, mas isso não deve ser interpretado como uma recomendação para adoção rígida, e sim como um exemplo das correlações típicas do horário de pico e sua evolução. Essas mesmas correlações e evoluções geralmente são verdadeiras para outras horas de tráfego intenso no âmbito normal do projeto.

No Brasil, tem havido maior tolerância na escolha do Volume Horário de Projeto, chegando-se a adotar o volume da 50ª hora em locais onde existem contagens mecanizadas permanentes. O valor de $K = 8,5\%$ do VMD tem sido utilizado como representativo para rodovias rurais onde não há informações mais precisas sobre o comportamento do tráfego. Os mesmos critérios também se aplicam a áreas urbanas. No entanto, quando as flutuações do tráfego forem claramente diferentes das correspondentes às rodovias rurais, outras horas do ano devem ser consideradas como base para o projeto.

Portanto, a magnitude da variação da 50ª hora, ou outro nível escolhido, dependerá de vários fatores e deve ser determinada para cada estado, região ou, se possível, para cada rodovia. A escolha de um Volume Horário de Projeto apropriado torna-se um problema de equilíbrio econômico entre os benefícios previstos e o custo de construção, muitas vezes envolvendo decisões administrativas que fogem ao escopo deste manual.

É importante observar que em rodovias com grande variação sazonal (como rodovias turísticas e recreacionais) ou com variações de fluxo incomuns (como festas religiosas e eventos esportivos), volumes de tráfego elevados são concentrados em períodos específicos e podem exceder em muito os valores da 50ª hora. Nesses casos, estudos mais detalhados devem ser realizados para determinar o Volume Horário de Projeto.

Os usuários geralmente aceitam um projeto que é menos satisfatório durante os picos sazonais do que em situações com variações de fluxo menos acentuadas. No entanto, o projeto não pode ser tão econômico a ponto de causar congestionamentos graves durante os horários de pico. Portanto, pode ser mais recomendável escolher um Volume Horário de Projeto em torno de 50% dos volumes esperados nas poucas horas mais carregadas do ano de projeto, independentemente de ser a 50ª hora. Pode-se esperar algum congestionamento durante os horários de pico, mas a capacidade idealmente não deve ser excedida.

Nas interseções, por questões econômicas, as contagens de tráfego costumam ser realizadas durante um número limitado de dias nos horários de pico. Um critério para determinar o VHP consiste na expansão e ajuste das contagens realizadas com base nas variações horárias, semanais e sazonais da rodovia principal, para estimar o VMD anual de cada ramo da interseção. Em seguida, o valor de K adotado para a rodovia principal é aplicado a esses VMDs. Quando se trata de uma interseção entre duas vias de importância considerável, pode ser conveniente usar dados das duas vias para os ajustes e projeções dos volumes dos ramos da interseção. Quando não há dados

confiáveis da rodovia principal para os ajustes, devem-se utilizar dados de rodovias na mesma região operando em condições semelhantes.

A fim de evitar o desperdício de um grande investimento por um longo período de tempo e para evitar a falta de sinalização adequada devido ao superdimensionamento, o ano de projeto para as interseções não deve ultrapassar o décimo ano de vida útil. Além disso, é importante considerar a dificuldade de projetar o tráfego com um grau razoável de confiabilidade além de 15 anos (5 anos para planejamento, projeto e construção, mais 10 anos de operação). Essa abordagem permitirá o uso seguro de cada interseção nos primeiros anos de funcionamento, enquanto sua adequação é analisada por meio de estatísticas e estudos especiais. Caso deficiências sejam identificadas até esse ano ou previstas para após sua conclusão, um novo projeto deve ser realizado oportunamente, expandindo a interseção existente e aproveitando parte do investimento inicial.

Os dados coletados por meio das contagens e previstos para os anos de projeto devem ser representados em fluxogramas detalhados, incluindo informações sobre os sentidos e movimentos de tráfego, o ano do projeto, as unidades utilizadas (carros de passeio equivalentes ou mistos) e os volumes por unidade de tempo (veículos por dia e veículos por hora). O Volume Horário de Projeto (VHP) deve ser expresso preferencialmente em unidades de carro de passeio por hora (UCP/h).

6 TRATAMENTO DE REGISTROS

O arquivamento dos processos ocorre com a conclusão do serviço, da seguinte maneira:

Local: Sistema de Protocolo Integrado – eProtocolo.

Forma: Arquivo eletrônico.

7 ANEXOS

Não se aplica.