

CET

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
boletim técnico



projetos de interseções em nível
canalizações

15

projetos de intersecoes em nivel

Ficha Catalográfica

Cunha, L.C. Santos — 1950

Projetos de interseções em nível — canalizações. São Paulo. Companhia de Engenharia de Tráfego. 1978.


70 p. il. (Série: Boletim Técnico da CET n.º 15)

1. Tráfego Urbano. 2. Interseções em Nível — Projetos — Canalizações. 3. Engenharia de Tráfego. I. Título. II. Série.

Boletim Técnico da CET nº 15

projetos de interseções em nível
canalizações

Eng^o Luiz Carlos S. Cunha

Companhia de Engenharia de Tráfego 

Este trabalho foi elaborado e publicado pela
Companhia de Engenharia de Tráfego — CET,
por solicitação e autorização do Departamento
de Operações do Sistema Viário do Município
de São Paulo — DSV.

**Publicação da
Companhia de Engenharia de Tráfego — CET**

Presidente
Eng.º ROBERTO SALVADOR SCARINGELLA
Diretor Técnico
Eng.º ELMIR GERMANI
Diretor Administrativo e Financeiro
Eng.º NEANDER DE CAMPOS KERR
Superintendente Executivo
Eng.º CARLOS EDUARDO FEGYVERES

**Av. Nações Unidas, 7163
05477 — São Paulo — SP**

A série Boletim Técnico objetiva a divulgação de estudos e projetos relativos ao binômio Tráfego-Transporte, realizados pela Equipe Técnica da Companhia de Engenharia de Tráfego e, eventualmente, por outras entidades, quando considerados relevantes.

Acreditamos na sua importância, não apenas por se tratar de um eficiente meio de divulgação, mas, principalmente, por se constituir em fonte de subsídios a todos que atuam ou necessitam de informações nesta área, tão carente de bibliografia especializada em língua portuguesa.

Eng.º Roberto Salvador Scaringella.

Índice

- 1 apresentação**
 - 2 introdução**
 - 3 objetivos do projeto**
 - 4 tipos básicos**
 - 5 alinhamento e perfil nas interseções**
 - 6 elementos de projeto**
 - 7 canalização**
 - 8 método para projeto gráfico**
-

1

apresentação

O presente trabalho, enfocando o projeto geométrico de interseções em nível, tem por objetivo dar publicidade a um texto técnico considerado relevante para a consolidação da Engenharia de Transporte em nosso País, área cuja ausência de bibliografia em língua portuguesa é marcante.

Além dessa apresentação fazem parte do trabalho os seguintes capítulos:

- Introdução
- Objetivos do Projeto
- Tipos Básicos
- Alinhamento e Perfil nas Interseções
- Elementos de Projeto
- Canalização
- Processo Gráfico de Projeto
- Bibliografia

2

introdução

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A eficiência de uma rede viária depende em larga escala da operação das interseções em nível. O número de conflitos possíveis nas interseções é muito alto, constituindo, portanto, áreas de grande potencial de acidentes.

As condições que definem, de maneira geral, as características de uma interseção são sua área total, seus limites exteriores e a forma na qual está distribuída e ordenada sua superfície. Em geral, a capacidade de uma interseção aumenta com sua superfície, mas depende também de sua forma. Na Fig. 1 (a) representa-se, a título de exemplo, como varia a capacidade de uma interseção de duas vias com 6,0m de largura, à medida que aumenta sua área, com o aumento dos raios dos bordos do pavimento. Observa-se que com o emprego de raios de 43,0m se dobra a capacidade. É interessante notar ainda que o aumento de capacidade tem um limite, ou seja, existe um raio acima do qual não mais se aumenta a capacidade. A forma da interseção também tem uma influência bastante grande na capacidade, conforme se observa na Fig. 2 (b), que corresponde a estudos realizados pelo Road Research Laboratory de Londres em interseções de variadas formas, para vias de 10m de largura, todas elas apresentando uma área de 1.500m².

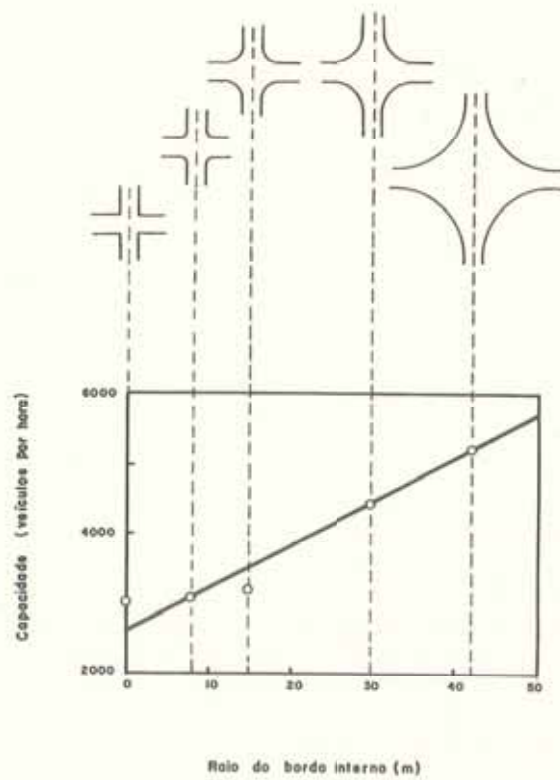


Fig. 1 - RELAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE DE UMA INTERSEÇÃO E A SUPERFÍCIE ÚTIL DA PISTA.

FONTE: Tabela de Tráfego - Antonio Valdes Gonzalez Beldan.

CP00040-ZxMa

A forma ideal corresponde àquela em que se provêm espaços livres para as conversões à direita. A escolha de um determinado tipo de interseção e o tratamento dos detalhes de projeto são baseados nos seguintes dados:

Dados Funcionais

- Classificação funcional das vias
- Tipo de vias
- Tipo de controle de acesso
- Prioridades de passagem
- Velocidades

Dados Físicos

- Topografia (Zonas rurais)
- Edificações (Zonas urbanas)
- Serviços de utilidade pública

Dados de Tráfego

- Volumes de tráfego (todos os movimentos)
- Composição do tráfego (todos os movimentos)
- Volumes de pedestres

Dados de Acidentes

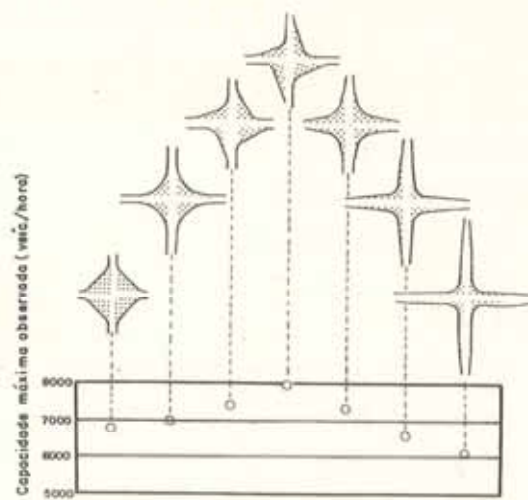
- Tipos de acidentes
- Causas
- Distribuição no tempo

2.2. MOVIMENTOS

Em cada interseção em nível, são possíveis quatro tipos de manobras:

- a. divergência
- b. convergência
- c. entrelaçamento
- d. cruzamento

A severidade relativa dos potenciais de conflito em cada manobra aumenta nessa ordem (Fig. 3).

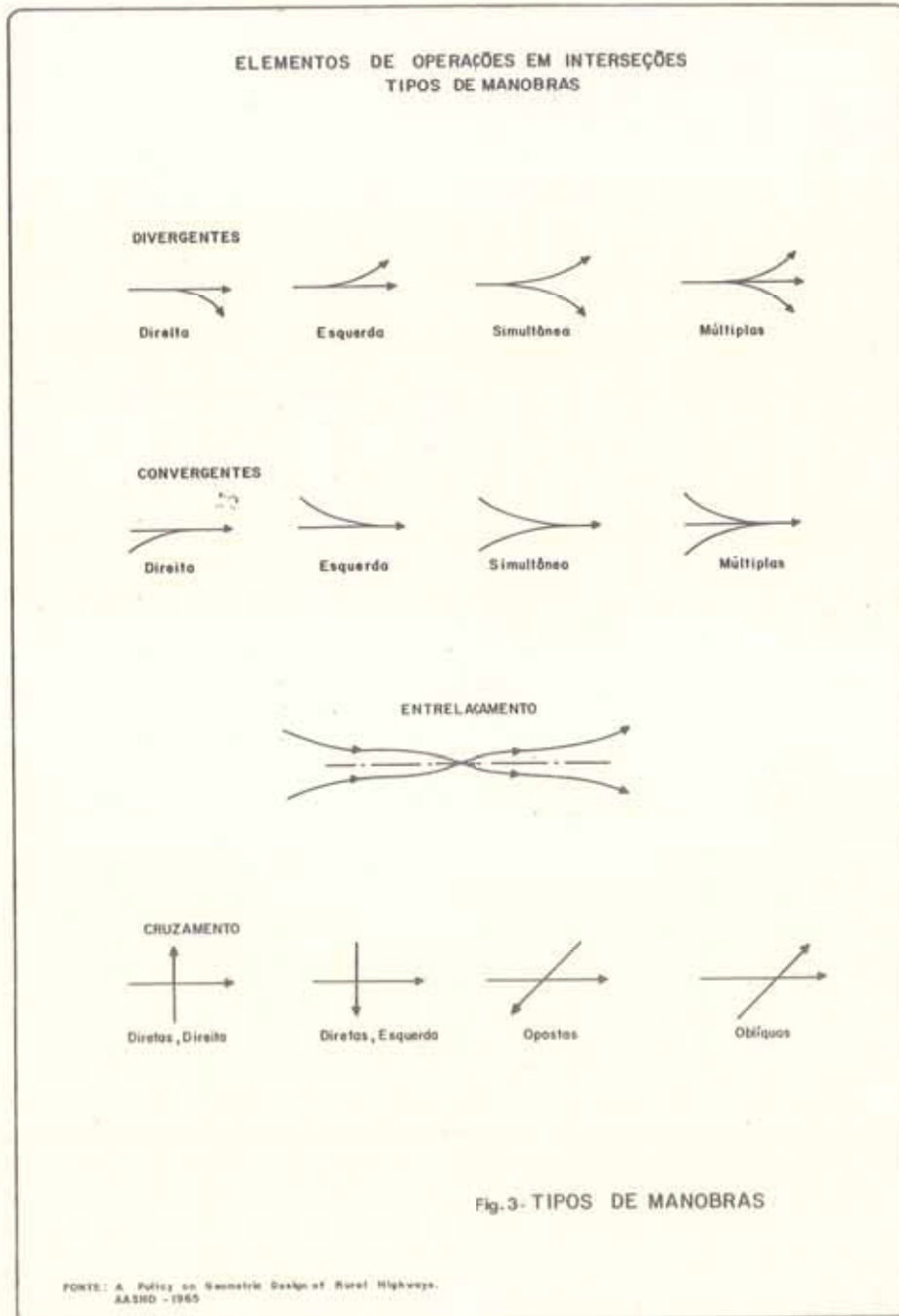


NOTA: Em todos os casos as pistas são de 10m de largura e a superfície pavimentada de 1500m², representada na figura pela região com pontos.

Fig. 2- EXEMPLO DA INFLUÊNCIA DA FORMA DE UMA INTERSEÇÃO EM SUA CAPACIDADE.

FONTE: Engenharia de Tráfego-Antônio Valdes Gonzalez Raiton.

CPB0038-2e10a



3

objetivos do projeto

O principal objetivo do projeto de uma interseção é reduzir a severidade do potencial de conflitos enquanto aumenta a conveniência, a facilidade e o conforto dos motoristas ao efetuarem as manobras necessárias. O projeto deve "encaixar-se" perfeitamente às trajetórias naturais de transição e às características dos motoristas e veículos. O alinhamento dos elementos da interseção e os **greides** devem ser suaves e contínuos.

As distâncias de visibilidade devem ser suficientes para possibilitar aos motoristas se prepararem e evitar potenciais de conflito. Ainda mais, é importante dar uma consideração especial à aparência da interseção.

4

tipos básicos

Dentro da variedade de formas e características das interseções existe uma série de tipos entre os quais se ajustam a maior parte dos casos reais. Os principais tipos, ilustrados na Fig. 4, são os seguintes:

- interseções com 3 aproximações, em T ou Y;
- interseções com 4 aproximações;
- interseções com múltiplas aproximações;
- interseções canalizadas; e
- rotatórias.

4.1. INTERSEÇÕES COM TRÊS APROXIMAÇÕES

Uma interseção com três aproximações é chamada de interseção em T ou Y. Quando duas aproximações formam uma via contínua e são interceptadas por uma terceira aproximação num ângulo entre 70° e 110° , tem-se uma interseção em T. Se o ângulo for menor do que 70° ou maior do que 110° , tem-se uma interseção em Y.

4.2. INTERSEÇÕES COM QUATRO APROXIMAÇÕES

Uma interseção com quatro aproximações pode ser perpendicular, oblíqua ou com duas aproximações separadas (ver Fig. 4). Se o ângulo de interseção for menor do que 70° ou maior do que 110° ,

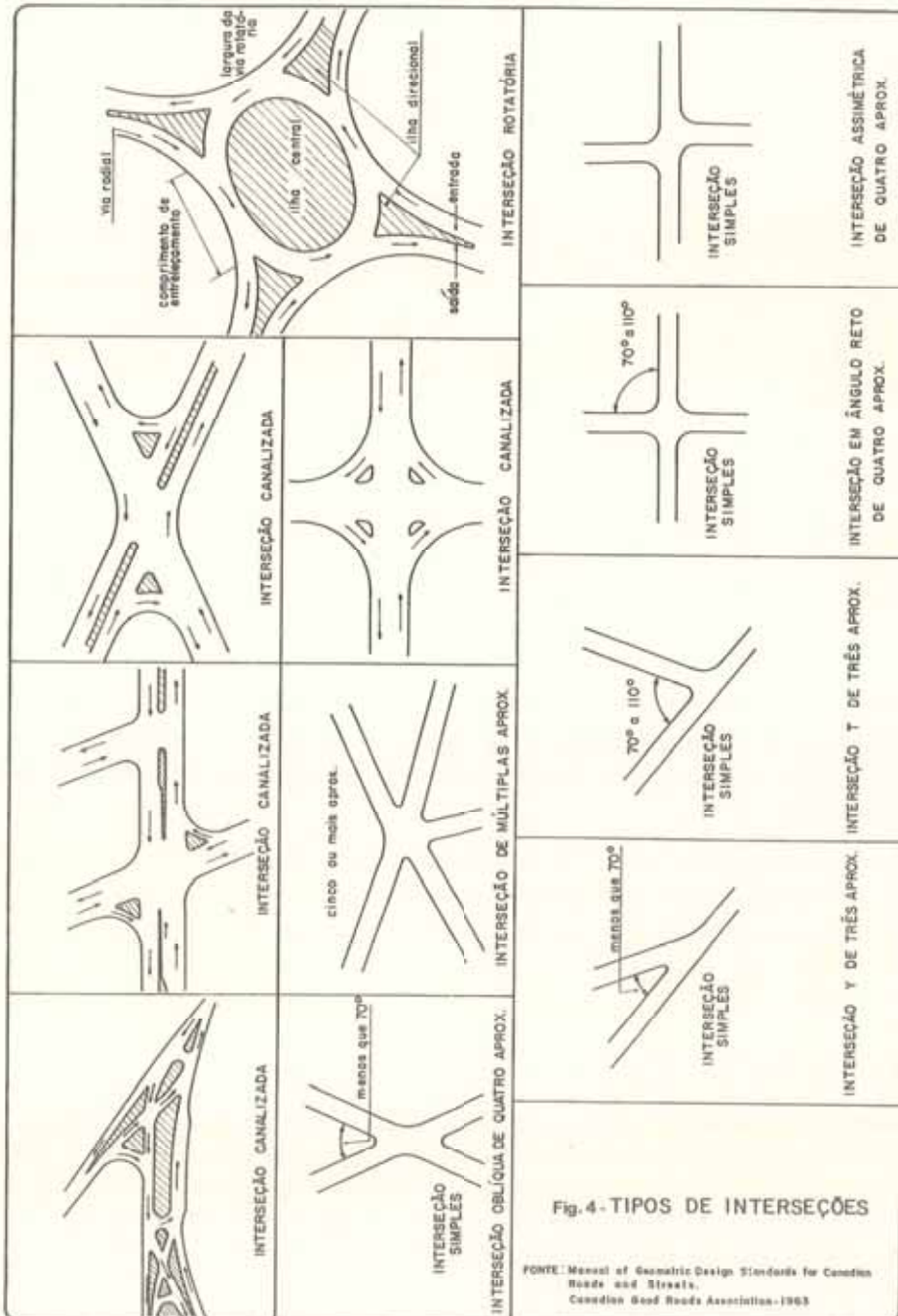


Fig. 4 - TIPOS DE INTERSEÇÕES

FONTE: Manual of Geometric Design Standards for Canadian Roads and Streets, Canadian Good Roads Association-1963

CP20034-2/100

tem-se uma interseção oblíqua. Se o ângulo estiver compreendido entre 70° e 110° , tem-se uma interseção perpendicular. Uma interseção com duas aproximações separadas, onde o eixo das aproximações opostas não se encontram na área da interseção, é chamada interseção assimétrica.

4.3. INTERSEÇÃO COM MÚLTIPLAS APROXIMAÇÕES

O termo interseções com múltiplas aproximações é aplicado para descrever junções com cinco ou mais aproximações.

4.4. INTERSEÇÕES CANALIZADAS

Interseções canalizadas são interseções com três ou mais aproximações que foram modificadas com o objetivo de aumentar a capacidade, segurança e flexibilidade dos movimentos de conversão. Geralmente, isso é conseguido com o uso de ilhas, canteiros centrais e sinalização horizontal. Nas Figs. 5, 6 e 7 são mostrados exemplos de interseções canalizadas.

4.5. ROTATÓRIAS

Rotatória é uma interseção na qual o tráfego se move no sentido anti-horário ao redor de uma ilha central.

Como todas as soluções, este tipo oferece certas vantagens — a circulação é contínua e podem ser admitidos todos os giros, mas apresenta também inconvenientes consideráveis, tais como: pouca capacidade em relação à área ocupada, percursos muito longos, entrelaçamento e dificuldades sérias para os pedestres.

Em certas circunstâncias a rotatória pode ser a solução mais indicada, como por exemplo:

- interseções com cinco ou mais aproximações e com intensidade de tráfego aproximadamente igual em todas as aproximações;
- os movimentos de conversão mais importantes chegam a superar o movimento direto;
- áreas extensas e planas;
- pouco movimento de pedestres; e
- distâncias suficientemente grandes entre as aproximações para permitir o entrelaçamento.

A capacidade de uma rotatória é limitada pela capacidade do trecho de entrelaçamento mais crítico, que se determina de acordo com a metodologia do **Highway Capacity Manual** — HCM.

Um volume total de 3.000 veículos/hora (soma de todas as aproximações) pode ser considerado como a capacidade prática de rotatórias bem projetadas.

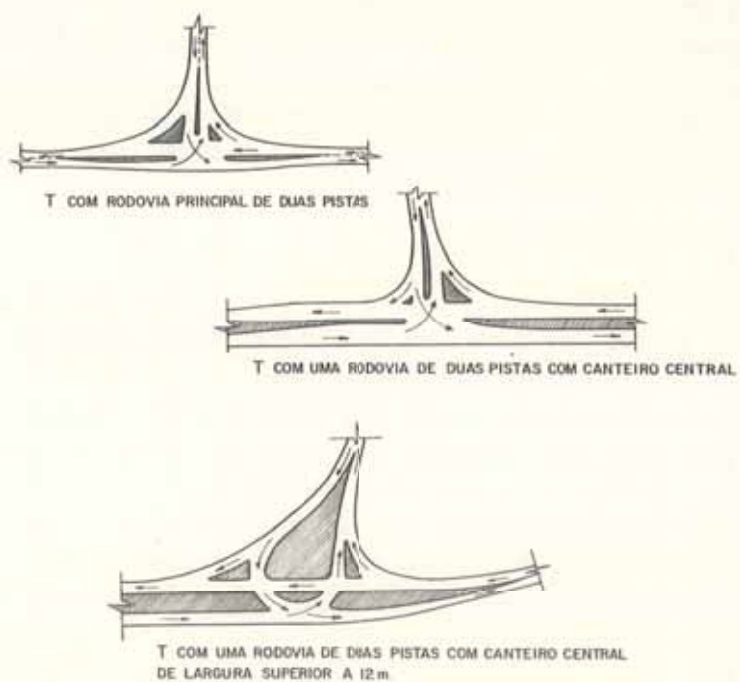


Fig. 5 - INTERSEÇÕES CANALIZADAS - TIPO T

FONTE: Engenharia de Tráfego - Antonio Vaides Gonzalez Roldán.

CP00041-2010

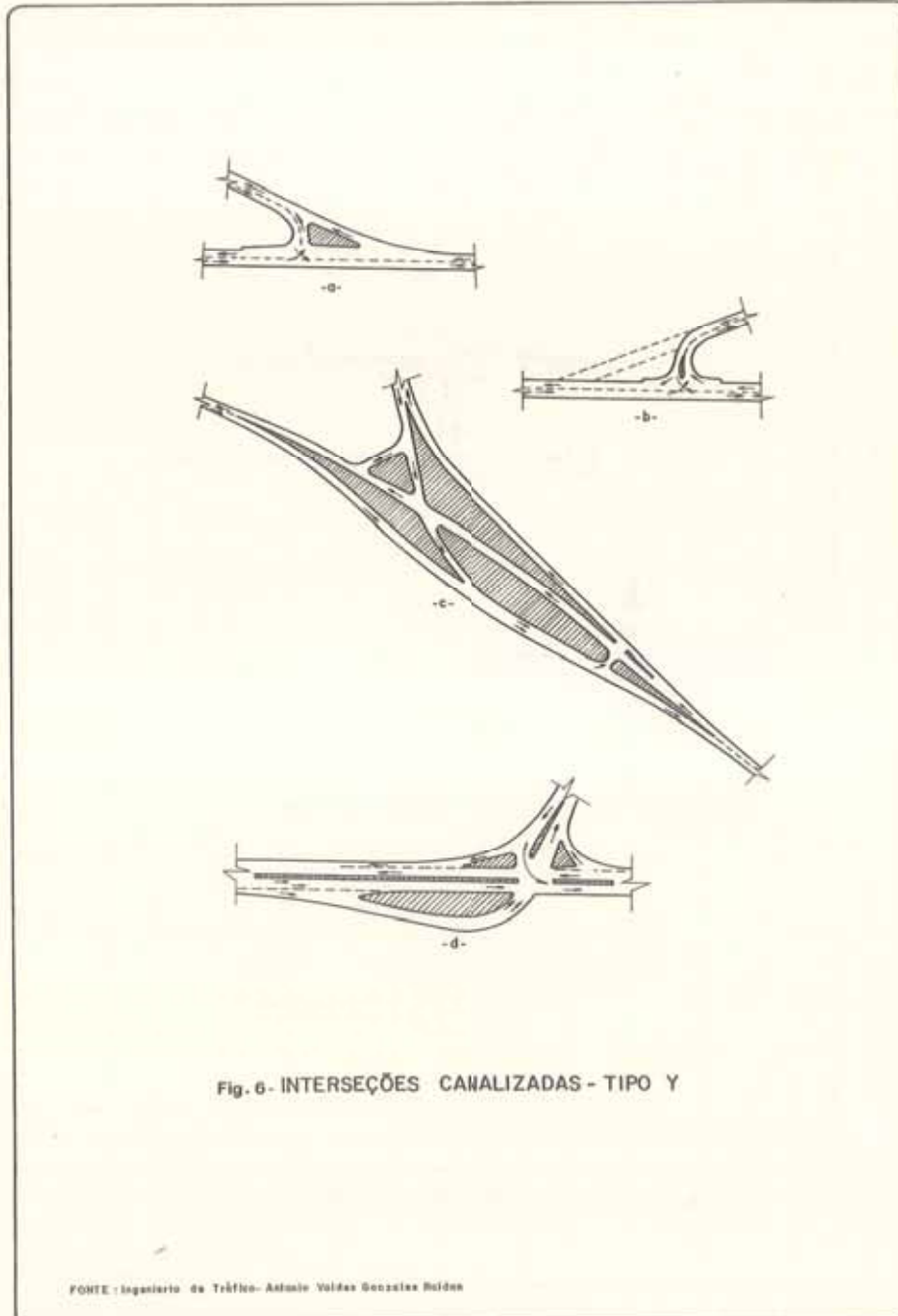
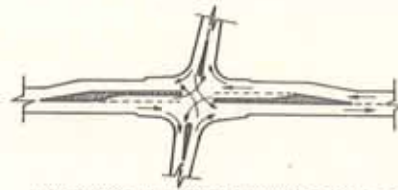


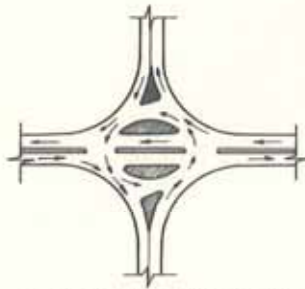
Fig. 6 - INTERSEÇÕES CANALIZADAS - TIPO Y

FONTE: Engenharia de Tráfego- Adriano Voldes Gonzalez Roldán

CPB0035-Zelão



CRUZAMENTO DE RODOVIA PRINCIPAL COM VIA SECUNDÁRIA,
TRÁFEGO RAZOÁVEL ENTRE AMBAS.



CRUZAMENTO DE DUAS RODOVIAS COM TRÁFEGO CONSIDERÁVEL
ENTRE AMBAS.



CRUZAMENTO DE RODOVIAS COM DUAS PISTAS E CANTEIRO CENTRAL
DE LARGURA SUPERIOR A 12m.

Fig. 7- INTERSEÇÃO CANALIZADA-TIPO CRUZAMENTO

FONTE: Engenharia de Tráfego - Antonio Valdes Gonzalez Reinos.

CPRO042-2/80

5

alinhamento e perfil nas interseções

5.1. ALINHAMENTO

Em muitas interseções, as condições locais oferecem limitações ao alinhamento e **greide** das vias que se interceptam. Entretanto, quase sempre é possível introduzir modificações no alinhamento, de forma a ajustá-lo melhor às condições de tráfego.

Independentemente do tipo de interseção, é desejável que as vias se interceptem em ângulo reto. Na Fig. 8 são mostrados exemplos de como modificar o alinhamento.

5.2. PERFIL

Em áreas de interseções é desejável empregar **greides** tão suaves quanto possíveis, de tal forma que os veículos possam parar e esperar em faixas de armazenamento para conversões à esquerda. **Greides** acima de 3% devem ser evitados.

Normalmente, a seção transversal da via principal é mantida constante ao longo da área de interseção e o perfil e a seção transversal da via secundária são ajustados.

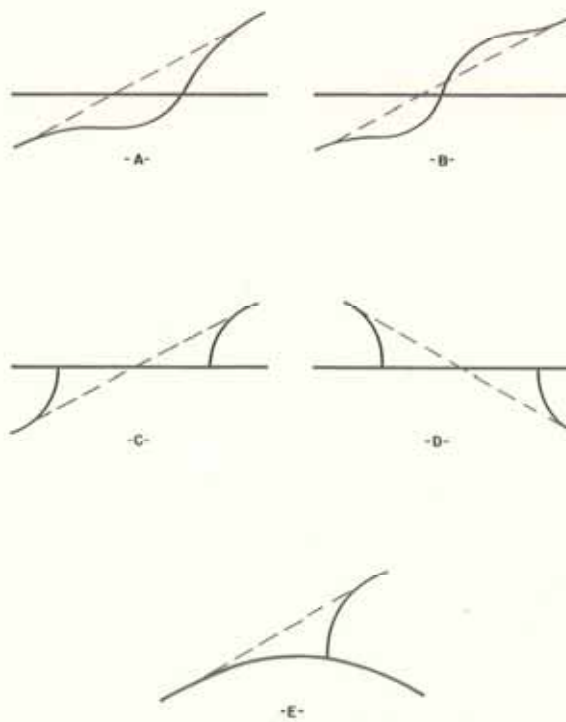


Fig. 8 - VARIÇÕES DE REALINHAMENTO EM INTERSEÇÕES
(ESQUEMÁTICO)

FONTE: A Policy on Geometric Design of Rural Highways,
AASHTO-1965

CPG0043-Zetão

6

elementos do projeto

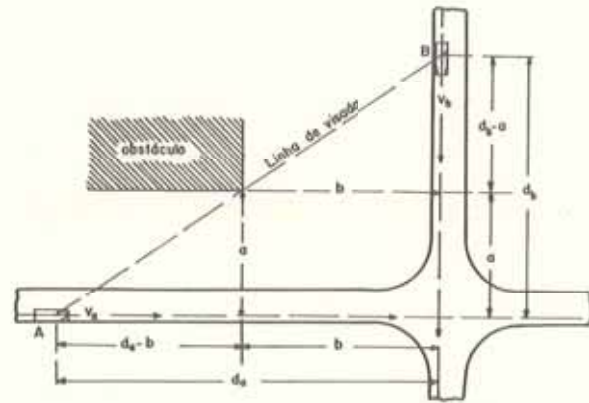
6.1. VELOCIDADES

Conversões à esquerda necessitam cruzar o tráfego oposto e são usualmente efetuadas com velocidades de 16km/h (10mph), ou menos, por razões de segurança e economia.

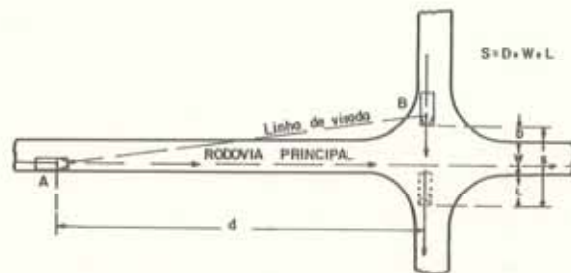
Algumas vezes, conversões à direita são realizadas também com velocidades mínimas, particularmente sob condições urbanas restritas. Entretanto, conversões à direita não envolvem potenciais de conflito de tanta severidade quanto as conversões à esquerda e são passíveis de tratamentos individuais porque são efetuadas fora da área da interseção. Dessa forma, as conversões à direita podem ser projetadas com velocidades maiores do que a mínima, particularmente em áreas rurais.

6.2. DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE

Em todas as interseções existem potenciais de conflito. A probabilidade desses conflitos realmente ocorrerem pode ser reduzida através de uma boa canalização e controles apropriados de tráfego. Entretanto, a redução do número de acidentes e a operação eficiente do tráfego depende, em grande parte, da distância de visibilidade disponível nas várias aproximações de uma interseção (Fig. 9).



CASOS 1 E 2 - SEM PARADAS OBRIGATÓRIAS OU SEM SEMÁFOROS



CASO 3 - COM CONTROLE DE PARADA NA VIA SECUNDÁRIA

Fig. 9 - DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE NAS INTERSEÇÕES
(Triângulo de visibilidade mínima)

FONTE: A Policy on Geometric Design of Rural Highways,
AASHTO 1985

CP90044-Zelão

Se não for possível proporcionar distância de visibilidade adequada, as velocidades de aproximação devem ser controladas e reduzidas de acordo com a distância de visibilidade disponível.

6.2.1. Interseções sem controle por semáforo ou parada obrigatória.

CASO 1 — permite aos veículos ajustarem sua velocidade. As distâncias de visibilidade, em função da velocidade, são mostradas na tabela a seguir:

TABELA 6.A

Distâncias de Visibilidade para Interseções sem Controle por Semáforo ou Parada Obrigatória						
Caso 1						
Velocidade de aproximação (km/h)	30	50	65	80	95	110
Distância de visibilidade (m)	25	40	55	65	80	95

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

Essas distâncias variam da 1/2 a 2/3 da distância de frenagem segura e, portanto, devem ser empregadas apenas em rodovias de pouco tráfego.

CASO 2 — permite aos veículos uma parada completa. Ver tabela 6.B a seguir.

TABELA 6.B

Distância de Visibilidade para Interseções sem Controle por Semáforo ou Parada Obrigatória					
Caso 2					
Velocidade de Projeto (km/h)	50	65	80	95	110
Distância de Frenagem (m)	60	85	105	145	185

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

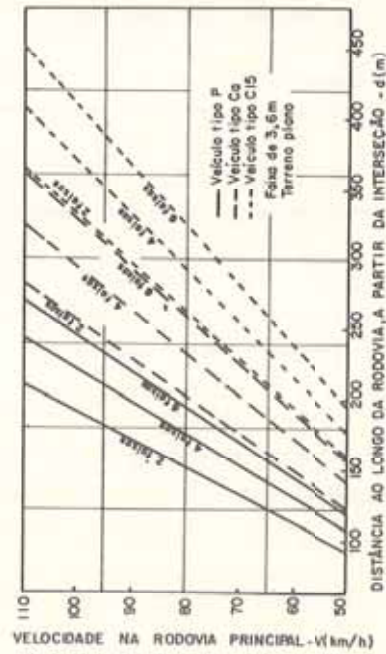


Fig. 10 - DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE NAS INTERSEÇÕES.
CASO 3 - Distância de visibilidade necessária ao longo da rodovia principal.

FONTE: A Policy on Geometric Design of Rural Highways.
AASHTO 1983

CP00046-2486

6.2.2. Interseções com controle de parada nas vias secundárias.

CASO 3 — permite aos veículos, inicialmente parados, cruzarem uma rodovia. Ver Figs. 9 e 10.

6.3. CURVAS DAS INTERSEÇÕES

6.3.1. Projetos mínimos para os ramos de conversão.

Projetos mínimos para ramos de conversão são apresentados na Tabela 6.C a seguir. A tabela mostra as condições de projeto, considerando veículos de passeio a 25km/h e caminhões com velocidades menores, sem que saiam de sua faixa.

TABELA 6.C

Projeto Mínimo para os Ramos de Conversão					
Ângulo de Giro Graus	Classificação de Projeto *	Curva Circular Raios (m)	Composta Afastamento (m)	Largura da pista (m)	Área aproximada da ilha (m ²)
75	A	46-23-46	1,05	4,30	5,4
	B	46-23-46	1,50	4,90	4,5
	C	55-27-55	1,05	5,50	4,5
90	A	46-15-46	0,90	4,30	4,5
	B	46-15-46	1,50	4,90	9,9
	C	55-20-55	1,35	5,50	18,9
105	A	37-12-37	0,60	4,60	6,3
	B	37-12-37	1,35	6,10	5,4
	C	46-12-46	2,30	7,95	4,5
120	A	30-09-30	0,75	4,90	10,8
	B	30-09-30	1,50	7,35	6,3
	C	37-11-37	2,15	8,55	13,5
135	A	30-09-30	0,75	4,90	41,4
	B	30-09-30	1,50	7,95	33,3
	C	37-09-37	2,45	8,55	45,0
150	A	30-09-30	0,75	4,90	126,0
	B	30-09-30	1,50	8,55	112,5
	C	37-09-37	2,30	9,75	135,0

* A — Predominantemente carros de passeio

B — Veículo predominante — SU

C — Veículo predominante — WB-50

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

Na tabela sugere-se o emprego de três curvas compostas, simétricas. O esquema abaixo (Fig. 11) ilustra a aplicação dessas curvas compostas para formar o bordo interno de conversões à direita, canalizadas, com ângulo de 90° e três diferentes tipos de veículos de projeto.

As propriedades dessas curvas são resumidas na Fig. 12.

6.3.2. Relação velocidade — Curvatura

Para conversões à direita, com velocidades maiores do que a mínima, podem-se empregar curvas circulares com transições. As relações de velocidade e curvatura são indicadas na Tabela 6.D.

TABELA 6.D

Raios Mínimos para Curvas de Interseções						
Velocidade de Projeto (km/h)	24	32	40	48	56	64
Raio Mínimo (m)	15	27	45	70	95	131

Nota: Para velocidades de projeto maiores do que 65km/h usar valores recomendados para o alinhamento horizontal da via propriamente dita.

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

6.4. LARGURA DOS RAMOS

A largura do pavimento para ramos de interseções depende do:

- a. raio da curva
- b. tipo de veículo a ser acomodado
- c. tipo de operação (uma faixa, um sentido; duas faixas, dois sentidos)
- d. tipo de meio-fio ou acostamento
- e. volume de tráfego.

Os tipos de operação para os ramos de interseção segundo a AASHO (A Policy on Geometric Design of Rural Highways) são classificados em:

Caso 1 — uma faixa, um sentido, sem previsão para ultrapassagem;

Caso 2 — uma faixa, um sentido, com previsão para ultrapassagem de veículos parados; e

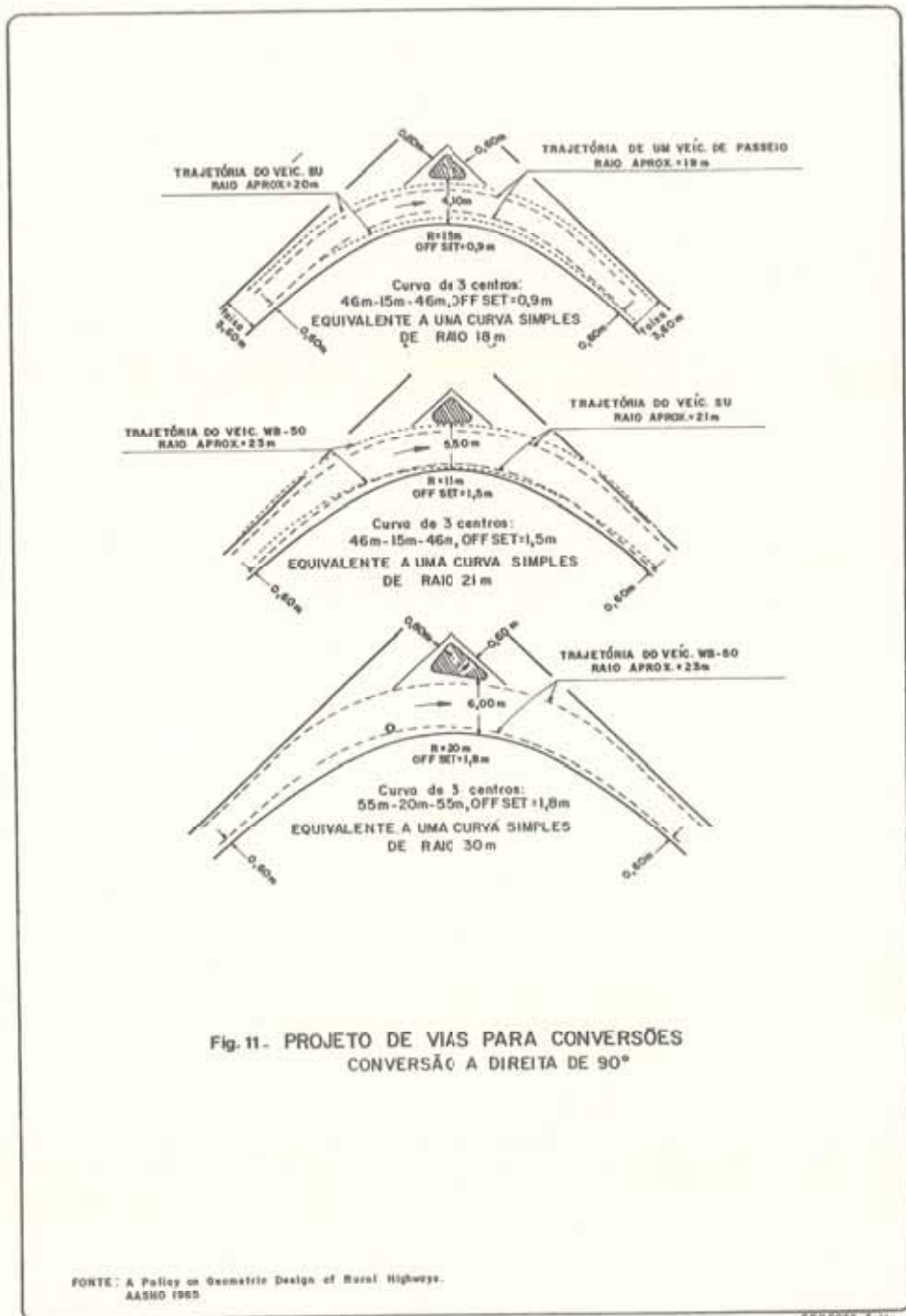
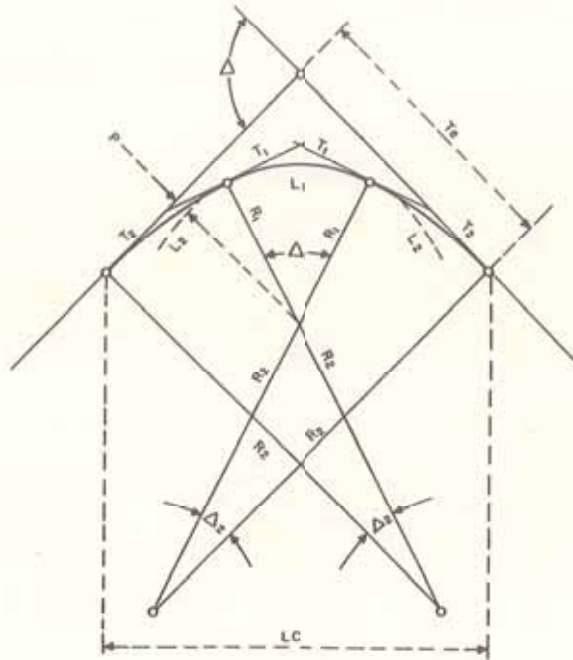


Fig. 12 - CURVAS DE 3 CENTROS - PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS



FORMULAS BÁSICAS

$$\Delta_1 = \Delta - 2\Delta_2$$

Se o desenvolvimento das 3 curvas são iguais

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta_2 &= \frac{\Delta R_1}{2R_1 + R_2} & \Delta_1 &= \frac{\Delta R_2}{2R_1 + R_2} \end{aligned} \right.$$

$$p = (R_2 - R_1) (1 - \cos\Delta_2)$$

$$T_e = \left[R_2 \sin \frac{\Delta}{2} - (R_2 - R_1) \sin \frac{\Delta_1}{2} \right] \sec \frac{\Delta}{2}$$

$$LC = 2 T_e \cos \frac{\Delta}{2} = 2 \left[R_2 \sin \frac{\Delta}{2} - (R_2 - R_1) \sin \frac{\Delta_1}{2} \right]$$

$$L_1 = \frac{\Delta_1 R_1}{57,2958}$$

$$L_2 = \frac{\Delta_2 R_2}{57,2958}$$

$$T_1 = R_1 \tan \frac{\Delta_1}{2}$$

$$T_2 = R_2 \tan \frac{\Delta_2}{2}$$

FONTE: Geometric Design Workshop, Northeastern University - Traffic Institute

CP00045-2436

Caso 3 — duas faixas, um ou dois sentidos.

Como a largura do pavimento para cada tipo de operação depende do tipo de veículo a ser acomodado, três condições de tráfego foram estabelecidas. As larguras de projeto, para cada tipo de operação de tráfego, são apresentadas na Tabela 6.E, a seguir.

TABELA 6.E

Larguras de Pavimento para Ramos de interseções (metros)									
Raio do bordo interno do Pavimento (m)	Tipo de Operação								
	Caso 1			Caso 2			Caso 3		
	Cond. Tráfego *			Cond. Tráfego *			Cond. Tráfego *		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,5	5,5	7,0	7,0	7,6	8,8	9,4	10,6	12,8
23	4,9	5,2	5,8	6,4	7,0	8,2	8,8	10,0	11,2
30	4,6	4,9	5,5	6,1	6,7	7,6	8,5	9,4	10,6
45	4,3	4,9	5,2	5,8	6,4	7,3	8,2	9,1	10,0
60	4,0	4,9	4,9	5,8	6,4	7,0	8,2	8,8	9,4
90	4,0	4,6	4,9	5,5	6,1	6,7	7,9	8,5	9,1
120	4,0	4,6	4,9	5,5	6,1	6,7	7,9	8,5	8,8
150	3,7	4,6	4,6	5,5	6,1	6,7	7,9	8,5	8,8
Tangente	3,7	4,6	4,6	5,2	5,8	6,4	7,6	8,2	8,2

* A — Predominantemente carros de passeio

B — Veículo predominante — SU

C — Veículo predominante — WB-50

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

6.5. FAIXAS AUXILIARES

6.5.1. Funções

As faixas auxiliares servem como faixas de mudança de velocidades (aceleração ou desaceleração), faixas de armazenamento, ou como combinação das duas. Elas são projetadas com o objetivo de minimizar o perigo, a inconveniência e a perda da eficiência causada pelos veículos que entram ou saem da via.

6.5.2. Requisitos

É impossível determinar requisitos precisos para o uso de faixas auxiliares; entretanto, baseado na experiência, recomenda-se o uso dessas faixas:

- a. em interseções, quando o número de veículos, acelerando ou desacelerando, comparado com o volume de tráfego direto poderia criar perigos excessivos;
- b. em interseções sinalizadas, quando tanto o volume de tráfego direto e o de conversão à direita, forem bastante elevados, de forma a criar repetidos atrasos aos veículos que querem fazer conversão; e
- c. em interseções sinalizadas, quando tanto o volume de tráfego de conversão à esquerda e o volume oposto forem suficientemente elevados, de forma a causar repetidos atrasos ao volume de tráfego direto.

6.5.3. Elementos de projeto

A forma mais comum de uma faixa auxiliar é mostrada na Fig. 13. O comprimento da faixa inclui o comprimento do **taper** e o comprimento do trecho de largura uniforme.

A largura de uma faixa auxiliar deve ser de no mínimo 3,0 metros e, preferivelmente de 3,50 ou 3,60 metros.

A largura mínima do canteiro central para permitir uma faixa de conversão à esquerda é de 4,5 metros, de forma a permitir uma faixa de armazenamento de 3,0 metros e uma separação do tráfego oposto de 1,50 metros. Os **tapers** devem ser projetados de maneira a prover uma transição suave entre as faixas de tráfego direto e a faixa auxiliar.

6.5.4. Comprimentos de projeto

O comprimento de uma faixa auxiliar depende essencialmente de sua função, ou seja, se a faixa é de mudança de velocidade ou de armazenamento.

O comprimento de uma faixa de mudança de velocidade depende da variação de velocidade requerida. Os comprimentos mínimos estão indicados na Tabela 6.F.

Esses comprimentos são para **greides** suaves, inferiores a 2%.

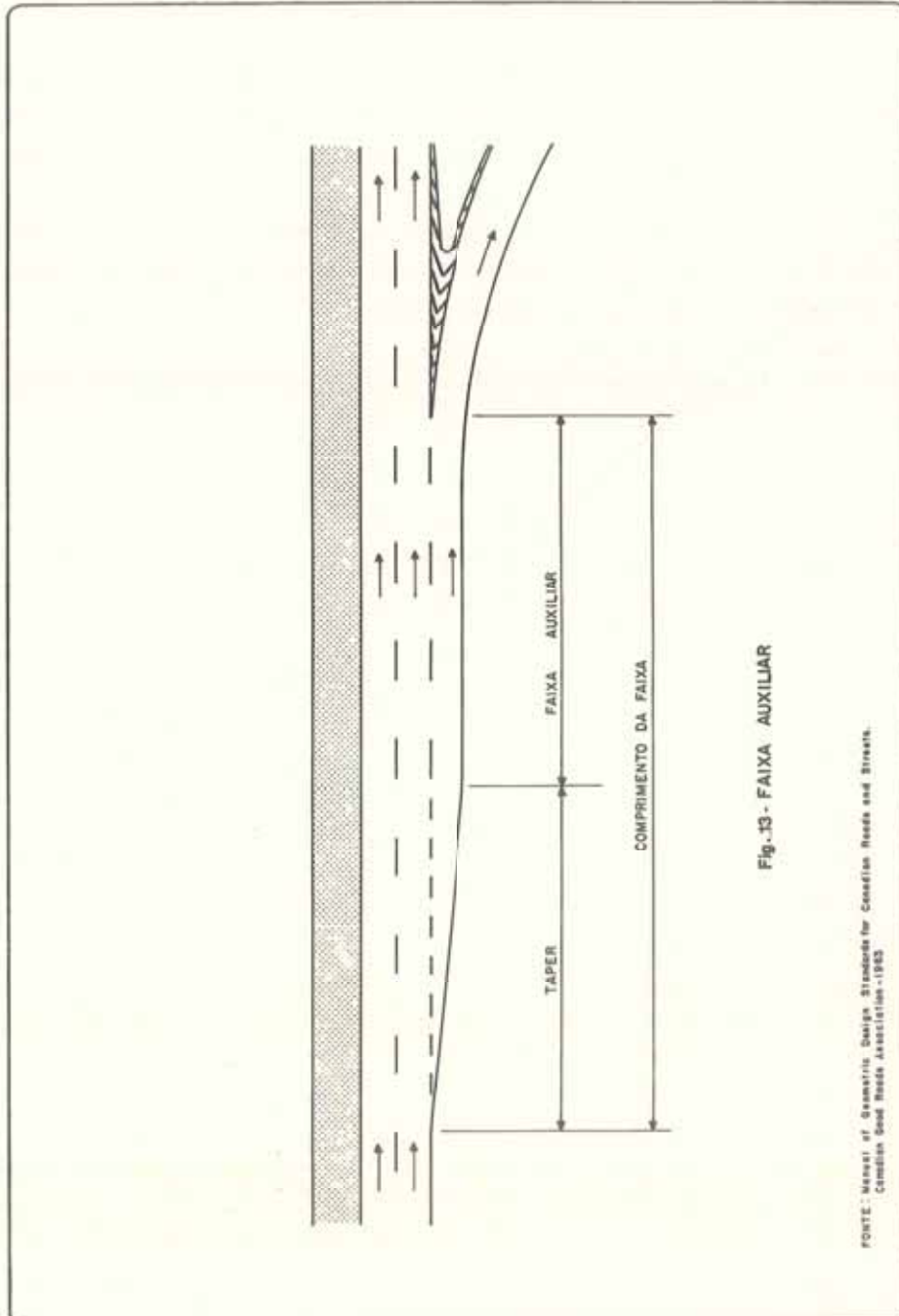


Fig.13- FAIXA AUXILIAR

FONTE: Manual of Geometric Design Standards for Canadian Roads and Streets.
Canadian Road Research Association-1983

CP60037-Zelid

TABELA 6.F

Comprimento de Projeto das Faixas de Mudança de Velocidade para Greides Suaves, com 2% ou menos.									
Velocidade de Projeto da Curva de Conversão (km/h)	Parada	20	30	40	50	60	70	80	
Raio Mínimo da Curva de Conversão (m)	—	10	25	45	80	110	150	200	
Velocidade de Projeto da Rodovia (km/h)	Comprimento do trecho de largura variável (m)	Comprimento total da faixa de DESACELERAÇÃO, incluindo o trecho de largura variável para todas rodovias primárias.							
40	40	60	40	—					
50	45	80	50	45	—				
60	55	90	70	65	55	—			
70	60	110	90	85	75	60	—		
80	70	120	100	95	80	70	—		
90	75	130	120	110	100	85	75	—	
100	85	140	130	125	115	100	85	—	—
110	90	150	140	135	125	110	100	90	—
120	100	160	150	140	130	115	110	105	100
Velocidade de Projeto da Rodovia (km/h)	Comprimento do trecho de largura variável (m)	Comprimento total da faixa de ACELERAÇÃO, incluindo o trecho de largura variável.							
40	40	60	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	75	280	250	240	220	190	140	100	75
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

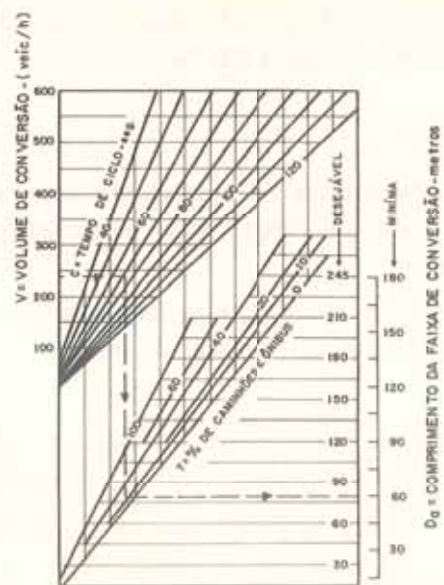


Fig. 14 - COMPRIMENTO DA FAIXA DE ARMAZENAMENTO

FORTE: Ovaralim Design Workshop, Northeastern University - Traffic Institute.

O comprimento de uma faixa de armazenamento depende do número de veículos a serem armazenados, do comprimento desses veículos e do tipo de controle de tráfego que governa o movimento de conversão. Em interseções sinalizadas, o comprimento dessas faixas é obtido através do gráfico da Fig. 14. Em interseções não sinalizadas o comprimento da faixa de armazenamento é baseado no número de veículos que, provavelmente, seria acumulado em dois minutos. O comprimento da faixa é calculado pela fórmula:

$$L = \frac{VS}{30}$$

onde L = comprimento da faixa de armazenamento em metros.

V = volume horário de projeto (volume de conversão).

S = comprimento ocupado por cada veículo, em metros.

6.6. SUPERELEVAÇÃO

Dentro de áreas de interseções os motoristas esperam curvas mais severas e aceitam operações com maior atrito lateral do que em trechos abertos da via.

A Tabela 6.G sugere taxas de superelevação adequadas para curvas de interseção, em relação à velocidade de projeto.

TABELA 6.G

Inclinações Transversais das Curvas de Interseção							
RAIO (m)	Velocidade de Projeto na Curva (km/h)						
	20	30	40	50	60	70	80
Inclinações Transversais nas Curvas de Interseção (%)							
15	2-12	—	—	—	—	—	—
30	2-7	2-12	—	—	—	—	—
50	2-5	2-8	4-12	—	—	—	—
70	2-4	2-6	3-8	6-12	—	—	—
90	2-3	2-4	3-6	5-9	8-12	—	—
130	2-3	2-3	3-5	4-7	6-9	9-12	—
180	2	2-3	2-4	3-5	5-7	7-9	10-12
300	2	2-3	2-3	3-4	4-5	5-6	8-10
450	2	2	2	2-3	3-4	4-5	6-8
600	2	2	2	2	2-3	3-4	4-5
1.000	2	2	2	2	2	2-3	2-3

Nota: Usar de preferência os valores acima da média ou do terço superior dos valores indicados.

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

A variação da superelevação é feita considerando-se o conforto e a aparência. Os valores sugeridos pela AASHO são indicados na Tabela 6.H.

TABELA 6.H

Variação da Superelevação em Curvas de Interseções				
Veloc. de projeto (km/h)	24 a 32	40	48	56 ou mais
Intensidade de variação da inclinação por estaca de 20m	5,3%	4,5%	4,0%	3,2%

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

É necessário, ainda, controlar a "quebra" entre a superelevação da via principal e dos ramos. Os controles recomendados são indicados na Tabela 6.I.

TABELA 6.I

Máxima Diferença Algébrica Entre as Superelevações em Áreas de Interseções	
Veloc. de projeto para entrada ou saída em curva (km/h)	Máxima diferença algébrica para o caimento da pista (m por m)
24 a 36	0,05 — 0,08
40 a 48	0,05 — 0,06
56 ou outras	0,04 — 0,05

Fonte: A Policy on Geometric Design of Rural Highways — AASHO 1965.

7

canalização

Canalização de interseções em nível é a separação dos movimentos de tráfego em trajetórias definidas, pelo uso de ilhas, marcas no pavimento ou outro meio qualquer, com o objetivo de melhorar a segurança e ordenar os movimentos de veículos e pedestres.

7.1. OBJETIVOS DA CANALIZAÇÃO

A canalização pode ser empregada com um ou mais propósitos:

- a. **Para separar conflitos** causados pela superposição de áreas de manobras. Esta separação torna possível apresentar, ao motorista, uma única decisão importante por vez.
- b. **Para controlar o ângulo de conflito** e reduzir velocidades relativas em entradas, saídas, entrelaçamentos e manobras de cruzamento.
- c. **Para reduzir áreas de pavimento:** grandes áreas de pavimento podem confundir os motoristas e causar manobras erradas e impróprias.
- d. **Para controlar a velocidade.**
- e. **Para a proteção de pedestres,** provendo-se refúgio seguro entre as correntes de tráfego.

- f. Para proteger e armazenar veículos que farão a conversão,** possibilitando-os reduzir a velocidade e parar fora da trajetória do fluxo direto.
- g. Para impedir movimentos proibidos,** tornando-os inconvenientes ou impossíveis de serem feitos.
- h. Para separar movimentos de tráfego.**
- i. Para local e proteger dispositivos de controle de tráfego,** tais como semáforos etc.

7.2. PRINCÍPIOS DA CANALIZAÇÃO

O projeto de uma interseção canalizada não permite padronização. As variáveis que interferem no problema — volumes de tráfego, pedestres e condições físicas — variam de interseção para interseção, exigindo um tratamento individual para cada uma. Um bom projeto deve satisfazer aos seguintes princípios:

- a. a canalização deve ser natural e conveniente para motoristas e pedestres;
- b. não deve haver mais de uma pista levando ao mesmo destino;
- c. o número de ilhas deve ser limitado ao mínimo possível, para evitar confusão;
- d. as ilhas devem ser suficientemente grandes para serem efetivas. Ilhas muito pequenas são ineficientes como meio de dirigir o tráfego e geralmente apresentam problemas de manutenção.
- e. a canalização deve ser visível. Ela não deve ser introduzida onde a distância de visibilidade é limitada;
- f. o fluxo principal deve ser favorecido;
- g. os conflitos devem ser separados de maneira que os motoristas e pedestres tomem apenas uma decisão por vez; e
- h. as ilhas devem ser projetadas para a velocidade de projeto adotada.

7.3. ILHAS

Os bordos da canalização de tráfego são formados e delineados por ilhas de tráfego.

As ilhas podem ser físicas — delineadas por meios-fios — ou podem, simplesmente, ser pintadas no pavimento.

Um dos tratamentos mais adequados é o emprego de ilhas físicas, delineadas por meios-fios transpovíveis. Em alguns casos podem ser requeridas barreiras para proteger o pedestre.

As ilhas podem ser agrupadas em três classes funcionais.

- a. ilha direcional — para controlar e dirigir o movimento de tráfego;
- b. ilha divisional — para separar movimentos de tráfego oposto, para alertar o motorista da existência de via cruzando à frente e para regular o tráfego na interseção; e
- c. ilhas de refúgio nas travessias de pedestres para ajudar ou proteger os pedestres que cruzam a via.

8

método para projeto gráfico

Cada interseção é um projeto individual com suas próprias condicionantes relacionadas às características do lugar, vias de aproximação e volumes de tráfego.

Os capítulos anteriores apresentam um roteiro de projeto com informações valiosas sobre as relações entre os elementos de projeto e o tráfego, características do veículo e do motorista. Entretanto, no desenvolvimento do projeto, cada interseção deve ser tratada individualmente; cada elemento do projeto da interseção deve ser formado e posicionado corretamente em relação aos outros elementos. O que é necessário não é precisão, mas uma posição relativa adequada, suavidade do fluxo e **claridade** dos cruzamentos e conversões. Isto é uma arte e requer uma técnica adequada de projeto.

O projeto correto da interseção pode ser conseguido mais rápida e precisamente, através do processo gráfico. Nesse processo os gabaritos de giro dos veículos de projeto são posicionados numa planta base da interseção, com o auxílio de transparências e, as ilhas e bordos do pavimento são formados e colocados de tal modo que se ajustem às trajetórias de giro dos veículos. No item 8.2 é descrito esse processo gráfico através de um exemplo ilustrativo.

8.1. VEÍCULO DE PROJETO

A escolha do veículo de projeto deve levar em consideração a composição do tráfego que utiliza ou utilizará a via, obtida de contagens de tráfego ou de projeções que considerem o futuro desenvolvimento da área tributária da via, e a utilização que terá cada trecho do projeto viário. Embora predominem veículos leves (automóveis e utilitários), em áreas urbanas, normalmente há uma suficiente participação de veículos mais pesados (ônibus e caminhões convencionais) de forma a condicionar pelo menos algumas das características de projeto da via.

Ao mesmo tempo, a escolha do veículo de projeto para uma determinada via não deve ser baseada apenas no número de veículos de cada tipo a utilizar a via, mas também na natureza do elemento de projeto. Por exemplo, o gabarito vertical mínimo será estabelecido em função dos veículos de maior altura legal, mas os raios dos ramos de interseções podem ser projetados para a operação normal por caminhões convencionais, quando o número de caminhões de maior porte que deverá utilizar o ramo for relativamente pequeno, desde que fique assegurada a estes últimos veículos a operação em condições mínimas, sem demora e inconveniência excessivas; uma faixa de estacionamento em zona residencial ou de comércio leve será condicionada pelos veículos leves, enquanto que as vias de acesso a um terminal de carga ou centro de abastecimento, ou ainda, as vias que desviam tráfego de longo percurso devem levar em consideração a probabilidade de maior parcela de semi-reboques. O emprego de reproduções transparentes dos gabaritos facilita o projeto, especialmente o de interseções.

8.2. EXEMPLO ILUSTRATIVO

A técnica para o emprego dos gabaritos de projetos é demonstrada no exemplo de projeto a seguir mostrado em seqüência nas Figs. 15, 16 e 17. A condição básica da interseção é ilustrada na Fig. 15.

Nesse exemplo, uma via de 7,2m, dois sentidos, é interceptada por uma via dividida, tendo duas faixas de 3,6m cada, num sentido, e três faixas de 3,6m cada, no outro sentido, separadas por canteiro central de 5,0m.

O ângulo da interseção é de 68°.

Inicialmente são estabelecidas as trajetórias de giros à esquerda (conversões críticas). Isto é feito colocando-se os gabaritos apropriados nas posições desejadas e fazendo-se marcas de lápis através

da perfurações (Fig. 15). Por este método, os dois giros à esquerda são transferidos para a planta (linhas tracejadas, Fig. 15).

Os incrementos de 30° das trajetórias de giro não se ajustam perfeitamente aos ângulos da interseção na planta (no caso 68° e 112° nos dois quadrantes). A trajetória desejada para os ângulos de giro está entre os ângulos de 90° e 120° disponíveis no gabarito. O menor deles é usado como guia (Fig. 16). O método para adaptar esses giros aos ângulos exatos (68° e 112°) é ilustrado em duas vistas na Fig. 16. O gabarito (Fig. 16) é inicialmente colocado com a porção inicial na posição adequada e com a porção final colocada de forma a permitir a entrada na via interceptada. Depois o gabarito é girado, até que a porção final se coloque na posição certa (Fig. 16).

Seguindo as trajetórias dos dois giros à esquerda já estabelecidas, a abertura do canteiro e a ilha divisional da via secundária são esboçadas de forma a se ajustar aos giros à esquerda. Como indicado na Fig. 17, isto é feito à mão livre, colocando-se os bordos dos pavimentos e ilhas a aproximadamente 0,50m das trajetórias dos veículos. As aproximações das ilhas, entretanto, são afastadas um pouco mais.

Na Fig. 17 as trajetórias dos giros à direita são adicionadas à planta pelo uso dos gabaritos apropriados. O restante do projeto é então esboçado (Fig. 17) pela adição da ilha triangular e dos bordos externos do pavimento ao longo das trajetórias de giro à direita.

Nesse ponto o projeto está completo, exceto por um refinamento do **lay-out** e, onde requerido, por um ajuste de linhas calculadas. Esse ajuste de linhas geométricas é feito considerando-se todos os princípios e normas discutidos nos capítulos anteriores.

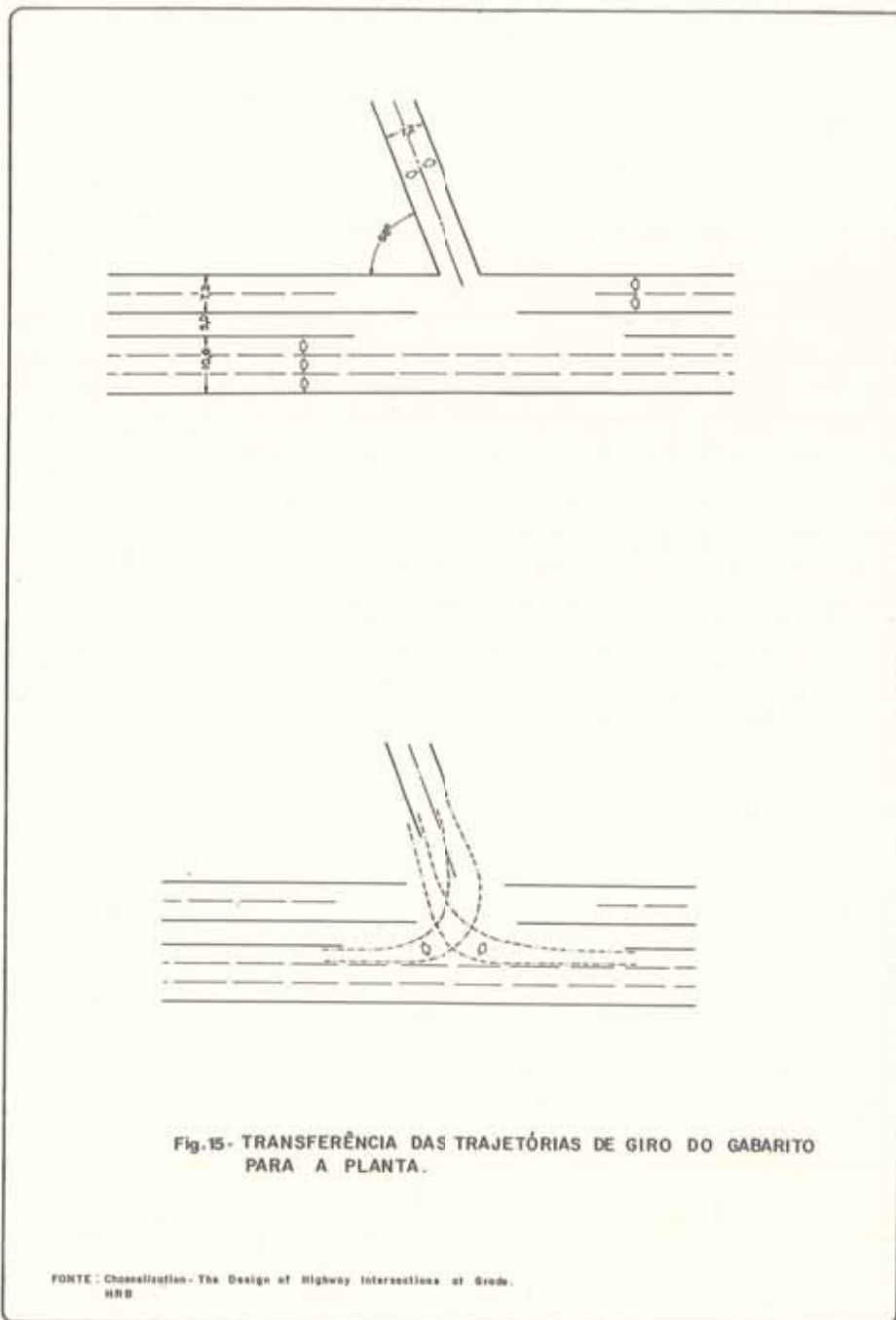


Fig.15- TRANSFERÊNCIA DAS TRAJETÓRIAS DE GIRO DO GABARITO PARA A PLANTA.

FONTE: Channelization - The Design of Highway Intersections at Grade.
HND

CP60048-Zaida

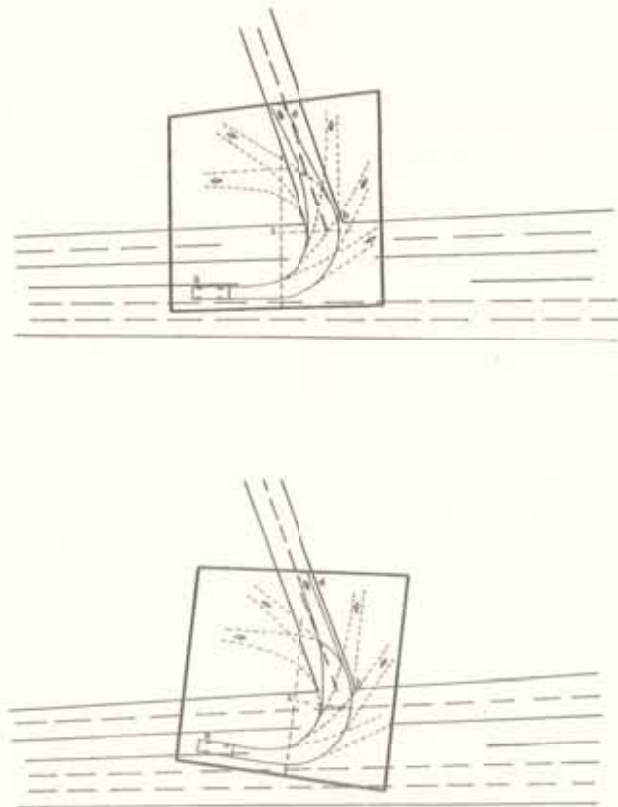


Fig. 16 - USO DOS GABARITOS PARA ÂNGULOS "QUEBRADOS"

FONTE: Chonatzatos - The Design of Highway Intersections at Grade.
HRB

CP00080-2/11

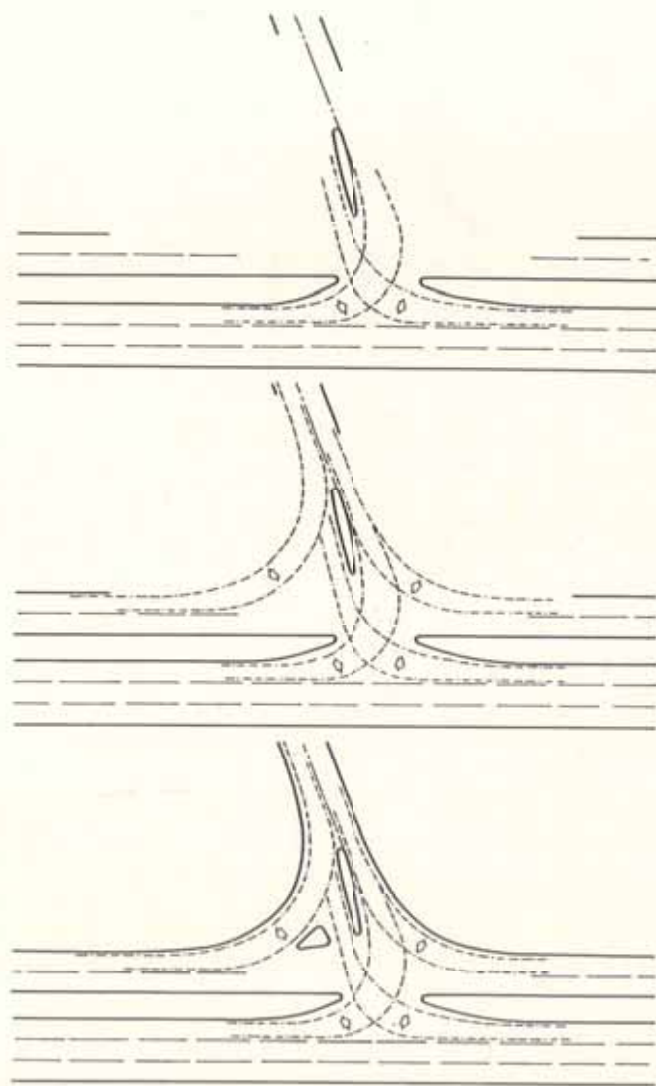


Fig.17 - DESENVOLVIMENTO DA CANALIZAÇÃO PARA AJUSTE ÀS TRAJETÓRIAS DE GIRO.

FONTE: Channelization - The Design of Highway Intersections of Grade.
HRB

CP60049-2/88

BIBLIOGRAFIA

- 1) **A Policy on Geometric Design of Rural Highways.**
- 2) **Channelization — The Design of Highway Intersections at Grade.**
- 3) **Manual of Geometric Design Standards for Canadian Roads and Streets.** Canadian Good Roads Association — 1963.
- 4) **Geometric Design Workshop.** Northwestern University Traffic Institute.
- 5) **Ingeniería de Tráfico —** Antonio Valdes Gonzales Roldan.
- 6) **Transportation and Traffic Engineering Handbook.** Institute of Transportation Engineers — 1976.
- 7) **Handbook of Highway Engineering —** Robert F. Baker, Editor.
L. G. Byrd D. Grant Mickle, Associate Editors — 1975.
- 8) **A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets —** AASHO — 1973.
- 9) **Normas para o Projeto Geométrico de Estradas de Rodagem —** DNER — Rio de Janeiro — 1974.
- 10) **Normas para o Projeto Geométrico de Vias Urbanas —** DNER — Rio de Janeiro — 1975.
- 11) **Projeto e Locação de Estradas**
Apostila da disciplina PTR. 425 — Transportes I da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Ficha Técnica

Eng. JOSÉ SEISHUN HANASHIRO
Assessor de Projetos Especiais

Eng. GILBERTO MONTEIRO LEHFELD
Assistência da Assessoria de Projetos Especiais
Revisão Técnica

PAULO ERNESTO CONDINI
Editor

LUIZ MANSOUR MAKLOUF Fº
Programação Visual/Produção

ADALBERTO RIBEIRO DO NASCIMENTO
Fotos

ZILDA ABUJAMRA DAEIR
Copy-Desk/Revisão

LINOTIPADORA SILVESS LTDA.
Composição

ATLANȚIS REPRODUÇÕES FOTOGRÁFICAS LTDA.
Fotolitos

EDITORIA AMTYX LTDA.
Impressão

JOSÉ DOMINGOS BRITO
Distribuição

Série BOLETIM TÉCNICO DA CET

Redução do Consumo de Combustível: Ações na Circulação e no Transporte	— publicado
Redução dos Acidentes de Tráfego: Proposta de Medidas para um Plano de Ação	— publicado
São Paulo e a Racionalização do Uso do Combustível	— publicado
Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana: Análise de um Projeto Piloto	— publicado
Noções Básicas de Engenharia de Tráfego	— publicado
Engenharia de Campo	— publicado
Projeto SEMCO: em Área de São Paulo Sistema de Controle de Tráfego	— publicado
Ação Centro	— publicado
Comenor: Combóio de Ônibus Ordenados	— publicado
Sistema de Controle de Tráfego Aplicação do Programa TRANSYT	— publicado
POT Programa de Orientação de Tráfego	— publicado
Controlador Atuado	— publicado
Sinalização Vertical Montagem e Implantação	— publicado
Fiscalização da Sinalização Horizontal	— publicado
Projetos de Interseções em Nível — Canalizações	— publicado
Cálculo da Capacidade de Interseções SemafORIZADAS	— no prelo
Sinalização de Trânsito Proposta de Planejamento e dimensionamento de uma Indústria de Placas	— no prelo