

**Atualização das Diretrizes
para a Concepção
de Interseções a Níveis Diversos
fora de Áreas Urbanizadas**

Complementação para a DCE-I-2

DCE-I-2/A

Introdução

Para a concepção de interseções a níveis diversos fora de áreas urbanizadas aplicam-se as *Diretrizes para a Concepção de Estradas, Parte: Interseções, Parte 2: Interseções a Níveis Diversos (DCE-I-2)* publicadas em 1976 (edição original alemã).

Estas diretrizes contribuíram para a melhoria do desenrolar do tráfego e melhoria da segurança em interseções a níveis diversos. Elas se mostraram efetivas na prática e serão válidas até uma reformulação geral. Isto é especialmente válido para os critérios de segurança adicionais formulados sob o **Ítem 2.2 da DCE-I-2**.

Desde a introdução da **DCE-I-2 (76)**, foram obtidos, com base em estudos científicos e experiências práticas, conhecimentos que proporcionaram um progresso. Além disto, houve a necessidade de um ajustamento durante este tempo devido à constante atualização e avanço de outras diretrizes, tais como, **DCE-R (RAS-M)**¹⁾, **DCE-S (RAS-Q)**, **DCE-C (RAS-L)**, **DCE-I-1 (RAS-K-1)** e outras. Estes eventos foram consequência de estudos²⁾, os quais trouxeram novos conhecimentos para a continuação do desenvolvimento das diretrizes de interseções a níveis diversos.³⁾

As *Atualizações para a Concepção de Interseções a Níveis Diversos fora de Áreas Urbanizadas* (Estradas do Grupo de Categoria **A**), antecipando uma nova edição das diretrizes específicas, deverão ajudar o projetista, já desde agora, a integrar o atual estado de conhecimento na prática de projeto.

Já estão disponíveis as Diretrizes para a Concepção de Interseções a Níveis Diversos em Estradas sem Urbanização nas Margens e Dentro de Áreas Urbanizadas (estradas do grupo de categoria B).

1) Títulos Originais Alemães

2) Referências bibliográficas - ver item 8

3) Não foi possível anexar ao trabalho concluído as propostas para a diferenciação das larguras das seções transversais de ramos de acesso bem como as extensões de faixas de entradas e de saídas relacionadas com categorias AI a AIII.

Índice

1. Generalidades	67
1.1 Campo de aplicação	67
1.2 Elementos Básicos da Concepção	67
1.2.1 Suportabilidade com o Meio Ambiente	67
1.2.2 A Indicação de Itinerários	67
1.2.3 Regulamentação e Orientação de Trânsito	67
2. Sistemas de Interseções	69
2.1 Princípios Básicos para a Escolha do Sistema de Interseções	69
3. Ramos de Interligação	73
3.1 Seções Transversais	73
3.2 Traçado	73
3.2.1 Plano Horizontal	73
3.2.2 Plano Vertical Longitudinal	73
4. Entradas, Saídas e Entrelaçamentos	75
4.1 Saídas	75
4.2 Entradas	75
4.3 Entrelaçamentos	75
4.3.1 Faixas para Entrelaçamentos em Pistas Diretas	75
4.3.2 Faixas para Entrelaçamentos nos Ramos de Interligação	77
5. Interseções a Níveis Diversos em Estradas de Pista Simples	79
5.1 Campos de Aplicação	79
5.2 Concepção	79
6. O Equipamento	81
6.1 Sinalização Vertical	81
6.1.1 Indicação de Itinerários	81
6.1.2 Orientação do Tráfego	81
6.2 Marcação de Pistas de Trânsito	81
7. A Reconfiguração de Interseções a Níveis Diversos de Implantação Antiga através de Medidas Simples	83
7.1 Áreas de Entradas	83
7.2 Áreas para Saídas	84
7.3 Áreas para Entrelaçamento	84
8. Bibliografia	89
Glossário	91

1. Generalidades

O campo de aplicação da **DCE-I-2** abrange a Implantação, a Ampliação e a Reforma de interseções em auto-estradas e demais estradas de pista dupla fora de áreas urbanizadas e sem urbanização nas margens. Os elementos básicos destas diretrizes deverão ser usados de uma maneira lógica para as interseções a níveis diversos. A divisão das estradas em grupos de categorias que constam na **DCE-R** permitem agora uma definição mais simples e clara da área de validade.

Junto aos elementos de concepção clássicos, tais como a segurança, a capacidade e a rentabilidade econômica tratados na **DCE-I-2**, foram adicionados, de maneira mais acentuada, o meio ambiente e as necessidades das áreas marginais. As novas determinações legais e normas de procedimento tem influência sobre a concepção da interseção e sobre a qualidade da documentação de projeto.

O crescimento do volume de tráfego e da velocidade de trânsito elevaram substancialmente a importância da sinalização vertical e da regulamentação de trânsito como aspectos parciais fundamentais dos critérios de segurança, facilidade de compreensão e transitabilidade, de modo que também aqui se fazem necessárias indicações atualizadas.

1.1 Campo de aplicação

As presentes **DCE-I-2/A** valem para todas as interseções a níveis diversos em estradas do Grupo de Categoria **A**. A classificação das estradas de acordo com a **DCE-R** é mostrada no **Quadro 1**.

1.2 Elementos Básicos da Concepção

1.2.1 Suportabilidade com o Meio Ambiente

Na implantação de estradas e quando houver modificações significativas nelas, deve-se controlar os impactos ambientais em todas as fases da concepção.

Devem ser levantados os efeitos imediatos e futuros (inclusive os seus efeitos de iteração) sobre o homem, sobre bens ambientais e materiais e sobre a herança cultural.

Mesmo nos procedimentos de ponderação para a escolha do sistema de interseções dever-se-á atentar para as questões de influência sobre o meio ambiente de modo antecipado. Isto pressupõe uma análise do impacto das medidas sobre os bens ambientais relevantes no espaço em questão e uma avaliação dos **DCE-I-2/A - 02/2000**

efeitos das diversas soluções sobre os bens ambientais a serem protegidos. O resultado desta avaliação deverá ser considerado na decisão da escolha de uma determinada solução e apresentado claramente na definição do projeto.

1.2.2 A Indicação de Itinerários

A indicação de itinerários apoia a coordenação do trânsito e deve estar em harmonia com a obra e os elementos operacionais, como, por exemplo, as marcações. Ela é decisiva para a orientação e localização dos caminhos nas interseções.

Em interseções a níveis diversos, a sinalização de itinerários e a marcação das pistas de trânsito implantadas de modo correto são, juntamente com os demais elementos reguladores e condutores do tráfego, uma base fundamental para um desenrolar seguro, eficiente e econômico deste e não agressivo ao meio ambiente.

Caso as pistas de trânsito em interseções de auto-estradas não forem orientadas pela rede de estradas mas sim pelo volume do tráfego (ver **DCE-I-2, item 3.2**), então a sinalização de itinerários, de acordo com a *Diretrizes para a Sinalização Indicadora de Itinerários em Auto-Estradas (DSI-AE)*, tem papel fundamental para que os motoristas localizem corretamente seus destinos.

1.2.3 Regulamentação e Orientação de Trânsito

Em geral o posicionamento de sinais de trânsito por si só não conduz à uma melhoria substancial da segurança do tráfego. Quando as medidas construtivas para a segurança e a capacidade em interseções a níveis diversos não puderem ser realizadas imediatamente ou apenas só puderem ser realizadas futuramente, então estes requisitos poderão ser melhorados por técnicas modernas de gerenciamento do trânsito, como, por exemplo, melhoria nas entradas através da coordenação da velocidade em função do volume de tráfego na pista principal ou coordenação do fluxo de tráfego de entrada por marcações de faixa de trânsito.

Através da remarcação, as interseções de auto-estradas mais antigas poderão ser melhoradas em termos de segurança e capacidade de modo simples e econômico (sem grandes reformas).

Um programa de estudos abrangente [2] conduziu às seguintes recomendações:

- em áreas de entradas, faixas para entradas paralelas mesmo relativamente curtas são melhores do que entradas diretas.
- em interseções de auto-estradas mais antigas, os ramos tangenciais de **duas** faixas devem, de um modo geral, ser estreitados antes da junção, transformando-se então em pistas de trânsito para distribuição de **uma** faixa remarcada.
- nas áreas de saídas dentro de ramos de interligação, o tipo de saída **SR 2** (bifurcação) conforme a **DCE-I-2**, corresponde melhor ao comportamento usual dos motoristas do que o tipo de saída **SR 1** e proporciona, mesmo com afastamento pequeno entre as pontas das ilhas, fluidez e segurança no desenrolar do tráfego.
- em áreas para entrelaçamentos nas pistas para distribuição, a demarcação de um segmento para entrelaçamento é a solução técnica mais adequada, mesmo com pouco afastamento da ponta da ilha.

Os conhecimentos existentes que dizem respeito principalmente a auto-estradas e a interseções de auto-estradas também estão contidas nas *Diretrizes para a Marcação de Estradas (DME)*, Partes 1 e 2 para a remarcação de interseções antigas de auto-estradas e nas *Diretrizes para a Sinalização Indicadora de Itinerários em Auto-Estradas (DSI-AE)*.

As limitações de velocidade são recomendáveis quando forem esperadas velocidades inadequadas ou se, devido a característica de trajeto da pista, houver dificuldade de reconhecimento, como, por exemplo, em ramos para interligação. Para a homogeneização do desenrolar do tráfego, especialmente nos processos de entrelaçamento, a limitação da velocidade máxima permitida pode ser vantajosa.

2. Sistemas de Interseções

As **DCE-I-2** pressupõem, no seu conceito básico de estradas longas, agora denominadas estradas da categoria **A I**, que estas estradas devem ser contempladas com afastamentos relativamente grandes entre interseções e um mínimo de perturbações do trânsito nas pistas de trânsito diretas. Disto resulta amplos preceitos básicos padronizados para a escolha do sistema de interseção e o dimensionamento e a implantação dos elementos de projeto.

As experiências obtidas [1] mostram que se pode também aplicar soluções menos vultuosas e assim mais econômicas. Além disto, nas **DCE-R** estão previstas **três** tipos de auto-estradas (pista dupla) para a categoria **A** (ver **item 1**), às quais estão relacionadas diferentes faixas de velocidade de projeto. A presente **DCE-I-2/A** parte do pressuposto de que as auto-estradas da categoria de estradas **A I** e **A II**, devido às suas funções determinantes, possuem aproximadamente as mesmas exigências operacionais e os mesmos padrões de projeto e que somente nas categorias de estradas **A III** poderão ser admitidas reduções no padrão.

2.1 Princípios Básicos para a Escolha do Sistema de Interseções

Em complementação aos elementos básicos de concepção e estudos prévios apresentados sob os **Itens 2 e 3** da **DCE-I-2** e no **Item 1** da **DCE-I-2/A**, divergentes em parte do **Item 4.1** da **DCE-I-2**, na escolha de um sistema de interseção deve-se partir dos seguintes princípios:

- a) as pistas diretas em interseções nas auto-estradas da categoria de estradas **A I** e **A II** deverão ser escolhidas em função da sua função dominante na rede (orientada pela rede).
- b) as entradas e saídas em todas as auto-estradas fora de áreas urbanizadas deverão ser localizadas na borda direita das pistas diretas. Dentro das áreas de ramos de interligação, as entradas e saídas situadas na borda esquerda serão permitidas com adições e subtrações de faixas de trânsito.
- c) os fluxos de conversão relativamente muito intensos e relativamente importante em termos de rede deverão ser conduzidos, dentro do possível, com direito à preferencial em relação ao traçado para a orientação mais adequada do ramo. Neste caso, deverão ser consideradas as variações temporárias da intensidade de tráfego devido a eventuais medidas de grande vulto de condução deste tráfego (alternância na indicação de itinerários).

- d) em pistas de trânsito diretas, as entradas podem se localizar antes das saídas quando a qualidade do desenrolar de tráfego for assegurada através de faixas para entrelaçamentos conforme o **Item 4.3** [6]. Caso contrário, nas auto-estradas das categorias **A I** e **A II** deverão ser implantadas pistas para distribuição.
- e) os fluxos de entrada poderão ser conduzidos por meio de entradas seqüenciais implantadas na pista de trânsito direta [8] quando existir afastamentos suficientes (ver **DCE-I-2**, **itens 3.4, 5.3 e 5.4**); quando a qualidade do desenrolar do tráfego for satisfatória (ver **DCE-I-2**, **item 5.4**, e **quadro 38**) e quando forem configuradas obedecendo às diretrizes (ver **DCE-I-2**, **quadro 39**). As entradas seqüenciais são especialmente adequadas na remodelação de trevos antigos (ver **quadro 2**) com volume tráfego de entrada relativamente alto.
- f) as saídas seqüenciais muito próximas entre si trazem problemas para a indicação de itinerários. Além do afastamento resultante da indicação de itinerário, deverá ser mantido um comprimento mínimo de **200,0 m** entre a ponta da área de bloqueio da primeira saída e o início da deformação da saída seguinte. Entre saídas seqüenciais dentro de ramos de interligação deverão ser mantidos os afastamentos mínimos de acordo com o **Item 5.3.2.3** das **DCE-I-2**.
- g) quando for feita a convergência de pistas de único sentido ou de ramos de interligação, após a junção pode existir em geral apenas **uma** faixa de trânsito a menos do que a soma das faixas antes da convergência. São admissíveis desvios deste princípio (p. ex.: **3 + 2 = 3**), quando os volumes de projeto dos ramos ou das pistas de trânsito que convergem ocorrerem em horários diferentes ou quando os fluxos de entrada forem sempre maiores do que o fluxo de tráfego da pista de trânsito direta.
- h) a sinalização indicadora de itinerário antes e dentro da interseção poderá não somente determinar o afastamento até próxima interseção mas pode influenciar também, substancialmente, na escolha do sistema de interseções mais adequado. Portanto, esta sinalização terá que ser visualizada em tempo hábil.
- i) em auto-estradas da categoria **A III**, os afastamentos entre interseções poderão ser inferiores aos apresentados na **Tabela 1** da **DCE-I-2**.

Função da Estrada			Características de Projeto e de Operação			
Grupo de Categoria	Categoria da Estrada	Tipo de Tráfego	Velocidade Admissível ⁽²⁾ V _{adm} (km/h)	Seção Transversal	Interseções	Velocidade de Projeto V _p (km/h)
I	2	3	4	5	6	7
A estradas sem urbanização nas margens; fora de áreas urbanizadas; com função determinante de interligação	A I interligação longa	vam vam	nenhuma ≤ 100 [120]	pista dupla pista simples	níveis diversos [nív. div.] nível único	120 100 100 90 [80]
	A II interligação supra-regional/ regional	vam [vam] geral	nenhuma ≤ 100	pista dupla pista simples	[nível único] nível único	100 90 [80] 90 80 [70]
	A III interligação de comunidades	vam geral	≤ 100 ≤ 100	pista dupla pista simples	[nív. div.] nível único nível único	[90] 80 70 80 70 60
	A IV interligação com função de integração de áreas	geral	≤ 100	pista simples	nível único	70 60 [50]
	A V interligação secundária	geral	≤ 100	pista simples	nível único	[50] nenhuma
	A VI caminho rural	geral	≤ 100	pista simples	nível único	nenhuma
B estradas sem urbanização nas margens; em áreas urbanizadas e pré-urbanizadas; com função determinante de interligação	B I auto-estrada urbana	vam	≤ 100	pista dupla	nív. div.	100 90 80 [70]
	B II de trânsito rápido	vam	≤ 80	pista dupla	nív. div. [nível único]	80 70 [60]
	B III principal	geral geral	≤ 70 ≤ 70	pista dupla pista simples	nível único nível único	70 60 [50] 70 60 [50]
	B IV coletora principal	geral	≤ 60	pista simples	nível único	60 50
C estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante de interligação	C III principal	geral geral	50 50	pista simples	nível único nível único	[70] [60] 50 [40] nenhuma [60] 50 [40]
	C IV coletora principal	geral	50	pista simples	nível único	50 [40]
D estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante de integração	D IV coletora	geral	≤ 50	pista simples	nível único	nenhuma
	D V de acesso às propriedades nas margens	geral	≤ 50	pista simples	nível único	nenhuma
	E V de acesso às propriedades nas margens	geral	velocidade de pedestre	pista simples	nível único	nenhuma
E estradas com urbanização nas margens; em áreas urbanizadas; com função determinante local	E VI caminho urbano	geral	velocidade de pedestre	pista simples	nível único	nenhuma

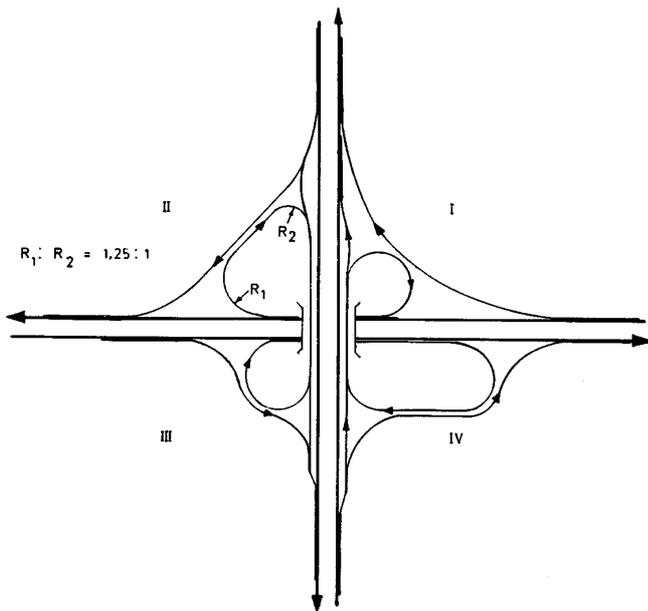
[] - valores de exceção

vam - veículos automotores

1) Copiada da DCE-C (RAS-L Edição 1995)

2) Nos segmentos fora de interseções e de acordo com a legislação Alemã

Quadro 01: Classificação das Estradas e suas Características Técnicas e Operacionais segundo a DCE-R



Quadro 02: Alternativas de Configuração e Condução de Faixas para Entrelaçamentos, Pistas para Distribuição, Ramos em Laço e Ramos Tangenciais em Interseções do Tipo Trevo

2.2 Interseções a Níveis Diversos de Estradas de Pista Dupla (interseções de Auto-Estradas)

Pelos sistemas básicos representados na **DCE-I-2**, os tipos *Trombeta*, *Triângulo* e *Trevo* comprovaram sua efetividade em relação à qualidade do desenrolar do tráfego, à capacidade, aos custos, às necessidades de área e aos impactos ambientais, como formas básicas aplicáveis com mais frequência (soluções gerais). Os sistemas *Moinho de Vento* e *Cruz de Malta* são raramente utilizados [10].

Juntamente com as vantagens do trevo (**quadro 2**) existe a desvantagem de que, nos segmentos para entrelaçamentos, os volumes de tráfego de mais de **1.500 vam/h** não poderão se desenrolar com qualidade suficiente.

Para a consideração das exigências de segmentos para entrelaçamentos, já na configuração do sistema de trevo para todas as três categorias de estrada (**A I, A II, A III**) devem ser consideradas as seguintes indicações [6]:

Dever-se-á evitar sempre o emboque direto dos ramos de interligação também em pistas para distribuição. As configurações existentes deste tipo deverão ser reconfiguradas preferencialmente de acordo com o **Item g**.

As faixas para entrelaçamentos em pistas diretas são aplicáveis em todas as três categorias de estrada (**A I, A II, A III**), quando:

- as faixas para entrelaçamentos tiverem pelo menos **300,0 m** de extensão;
- quando não são esperados problemas de capacidade nas áreas de entrelaçamentos. Isto em geral acontece quando em uma pista de único sentido de duas faixas ocorrerem apenas até **1.200 veic/h** como a soma do tráfego que sai e o direto e **800 veic/h** como tráfego que entra;
- quando houver limitação da velocidade máxima na pista direta em **100 km/h**, especialmente quando a capacidade estiver no limite;
- o raio de entrada do ramo em laço for superior a **30,0 m** (ou melhor **50,0 m**).

Caso estas e as condições citadas no **Item 4.3** não puderem ser mantidas, então deverão ser previstas pistas para distribuição. Caso nestas pistas a qualidade desejada do desenrolar do tráfego no segmento para entrelaçamento conforme o **Item 4.3** não for alcançada, então deverá ser feita a modificação do sistema de interseção. Isto pode ser feito, por exemplo, pela substituição de um ramo em laço por um ramo conduzido de forma semi-direta (ver **DCE-I-2 item 4.3.3.2**).

3. Ramos de Interligação

Os elementos de projeto de ramos de interligação são atualizados em função dos novos conhecimentos científicos [4] e das recomendações das **DCE-S** e **DCE-C** que foram neste meio tempo elaboradas.

Os limites de aplicação das diversas seções transversais de ramos poderão ser aumentados com base nas experiências práticas para todas as três categorias de estradas (**A I**, **A II** e **A III**) (**quadro 3**).

3.1 Seções Transversais

As faixas de borda das seções transversais de ramos de interligação recebem igualmente uma largura de **0,25 m** (**quadro 3**). Com isto se reduz a largura total de ramos de interligação em **0,5 m** comparativamente com a **DCE-I-2**. Caso ramos de interligação se liguem diretamente com pistas de trânsito de único sentido, como por exemplo no *triângulo*, então a seção transversal corresponderá à da pista de trânsito de único sentido em questão. A remarcação de ramos de interligação com largura excessiva pode ser feita de acordo com o **Quadro 10**.

A inclinação transversal máxima em curvas é de **7,0 %** em concordância com a **DCE-C** e, em casos excepcionais justificáveis, de **8,0 %** (**quadro 4**).

3.2 Traçado

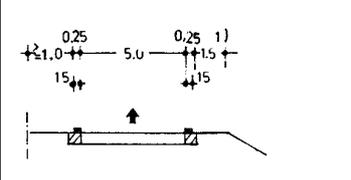
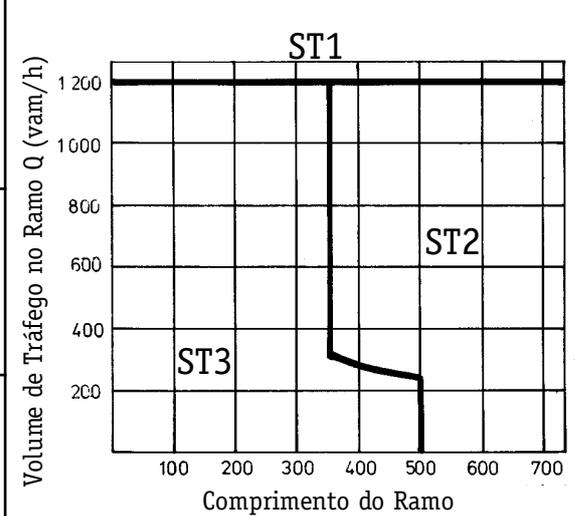
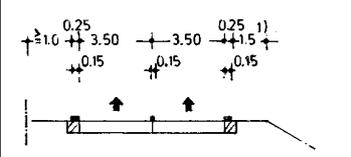
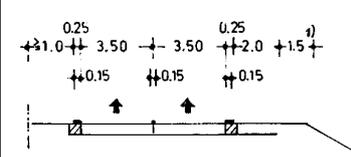
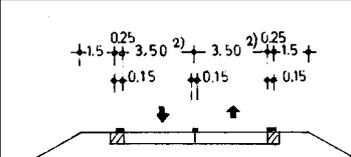
3.2.1 Plano Horizontal

Os valores dos raios mínimos de curvatura relacionados às diversas velocidades de projeto se reduzem devido à adoção de valores maiores para as inclinações transversais relativamente aos valores limites da **DCE-I-2**. Portanto, temos:

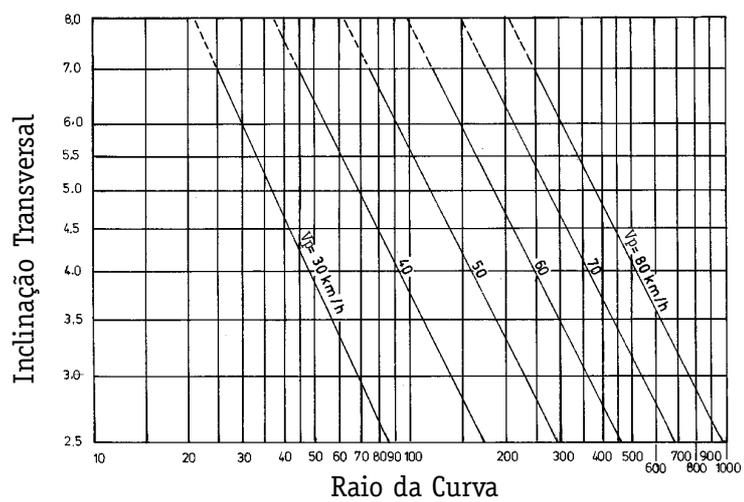
V_p (km/h):	30	40	50	60	70	80
R_{min} (m):	25	45	75	120	175	250

3.2.2 Plano Vertical Longitudinal

A inclinação longitudinal máxima é de **6,0 %** na subida e **7,0 %** na descida.

Seção Transversal Simbologia	Designação	Medidas (m)	Limites da Aplicação
ST1	seção de uma faixa com faixa superlarga		
ST2	seção de duas faixas		
ST3	seção de duas faixas com faixa para paradas		
ST4	pista com duas faixas em sentido contrários (pista simples)		
<p>1) é possível 1,0 m em cortes e em aterros que não exigem defensas 2) é necessário alargamento de pista em raios R ≤ 130,0 m</p>			comprimento do segmento com trânsito nos dois sentidos : 125,0 m

Quadro 03: Seções Transversais de Ramos de Interligação
 DCE-I-2/A - 02/2000



Quadro 04: Inclinações Transversais na Curva

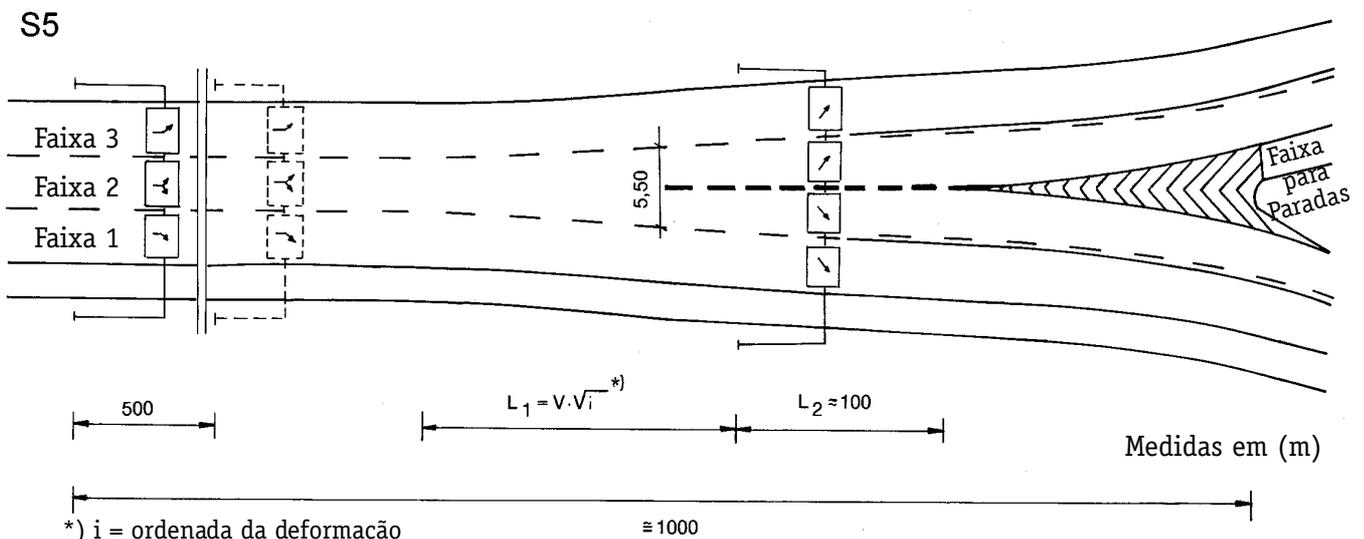
4. Entradas. Saídas e Entrelaçamentos

Diversos trabalhos de pesquisa [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] se ocupam com o estudo da problemática de saídas, de entradas e de entrelaçamentos em interseções a níveis diversos. Os resultados destes trabalhos são tomados como com base para as recomendações abaixo. Também estão incluídas as experiências práticas da observação do comportamento do tráfego.

4.1 Saídas

No **Quadro 5** é mostrada uma possibilidade de configuração de uma saída com subtração de faixa [12] (**tipo S 5**) como variante do tipo de saída **S 4** (ver **DCE-I-2, quadro 34**). A utilização deste tipo de saída é recomendável para se evitar um sobrecarregamento da **faixa 1** quando houver permanentemente volumes de saídas relativamente altos antes da bifurcação. A remarcação de saídas de auto-estradas antigas poderá ser feita conforme o **Item 7**. Uma desvantagem do tipo de saída **S 5** é a dificuldade de orientação se for comprovada com o tipo de saída **S 4**, especialmente em más condições de visibilidade. Os pórticos de sinalização devem portanto ser iluminados para a melhoria do reconhecimento e compreensão.

O comprimento **L₁** da deformação é orientado de acordo com os traçados locais e não deve ser inferior a **200,0 m**. O comprimento da marcação com traço largo não deve ser menor do que **150,0 m**, para permitir que os veículos que ainda não estiverem posicionados corretamente possam executar uma troca de faixa e esta marcação deverá começar onde o alargamento da faixa do meio (**faixa 2**) tiver uma medida de **5,50 m**.



Quadro 05: Tipo de Saída S5 [12]
DCE-I-2/A - 02/2000

4.2 Entradas

Os novos limites de aplicação (**quadro 6**) para os tipos de entradas **E 1** até **E 5** elevam o limite de aplicação dos ramos de interligação de **uma** e de **duas** faixas de **1.000 vam/h** para **1.200 vam/h** (ver **quadro 3**) e do aumento dos volumes de tráfego permissíveis de entradas de **uma** faixa (**quadro 7**).

Os volumes de tráfego permissíveis para as diversas qualidades do desenrolar do tráfego em entradas de uma faixa (ver **DCE-I-2, quadro 38**) poderão ser aumentadas de **200 vam/h** com base nos novos conhecimentos [5] (**quadro 7**).

Em pistas de único sentido de **três** faixas, o volume de tráfego na pista direta dos **Quadros 6 e 7** poderá ser aumentado em **1.800 vam/h**.

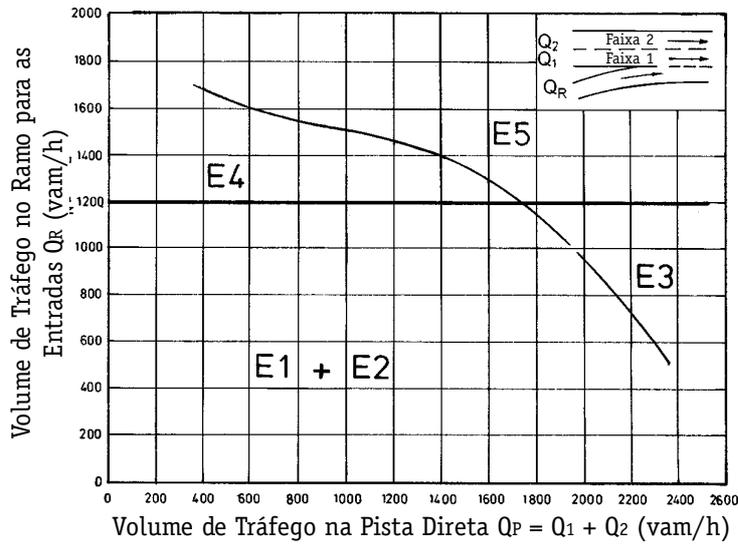
A remarcação de entradas de auto-estradas mais antigas (em forma de cunha, de duas faixas) poderá ser feita conforme o **Item 7**.

4.3 Entrelaçamentos

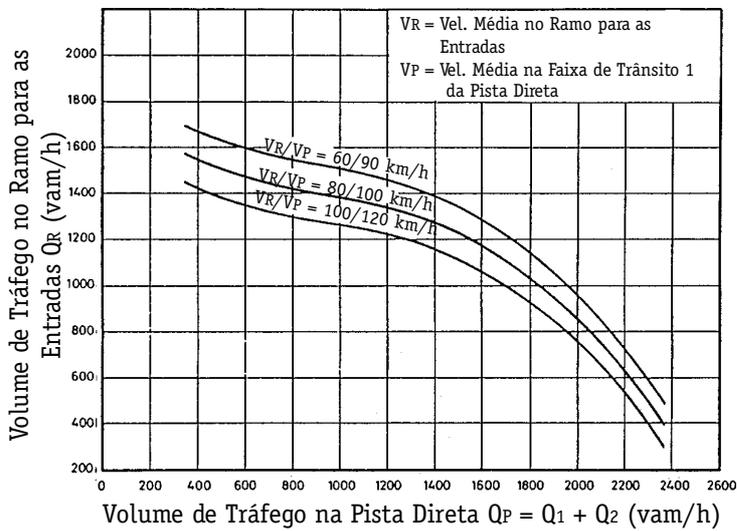
4.3.1 Faixas para Entrelaçamentos em Pistas Diretas

Em pistas de trânsito diretas poderão ser implantadas faixas para entrelaçamentos, independentemente do número de faixas diretas, quando, de acordo com os critérios citados no **Item 2.2**, a soma dos volumes dos fluxos de entrelaçamento não excederem o valor de aprox. **1.500 vam/h**.

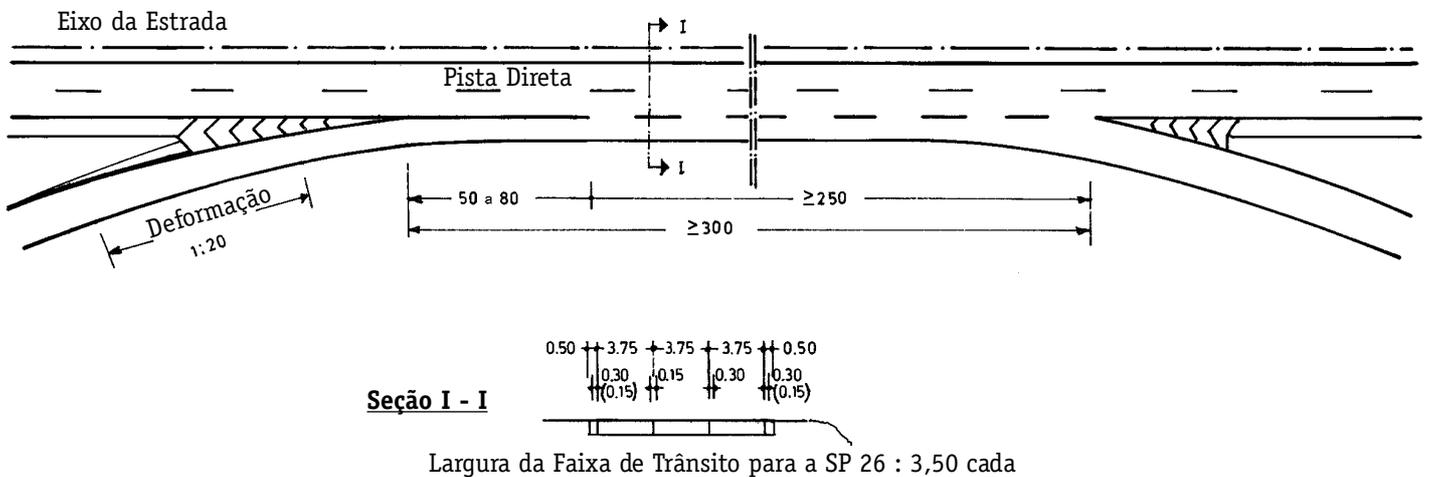
Esta soma poderá ser elevada para cerca de **1.800 vam/h** quando a velocidade máxima permitida for limitada em **80 km/h** para a pista de trânsito direta.



Quadro 06: Limites de Aplicação para Entradas em Pistas de Trânsito Diretas



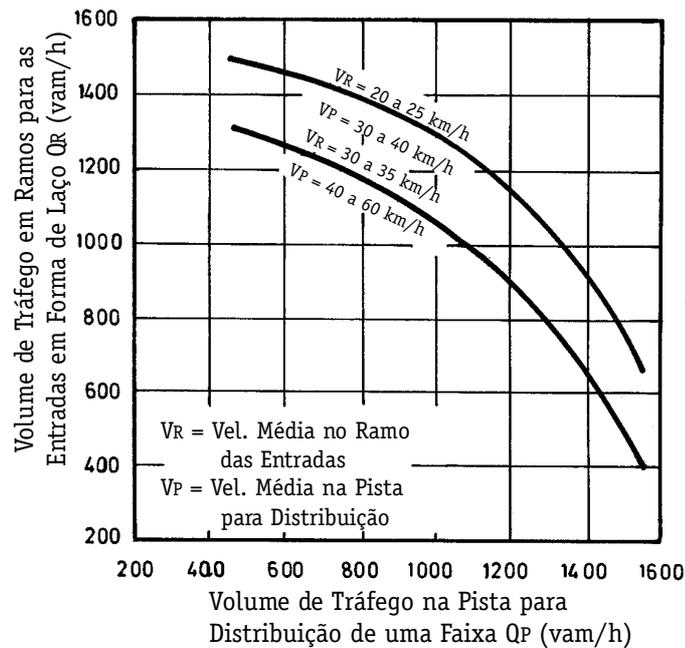
Quadro 07: Volumes de Tráfego Permissíveis em Entradas de Uma Faixa (tipos E 1 e E 2) para diversos Níveis de Qualidade do Desenrolar do Tráfego



Largura da Faixa de Trânsito para a SP 26 : 3,50 cada

Medidas em (m)

Quadro 08: Configuração de Faixas para Entrelaçamentos em Pistas Diretas



Quadro 09: Qualidade do Desenrolar do Tráfego em Segmentos para Entrelaçamento de Trevos com Pistas para Distribuição em função do Volume de Tráfego

Os valores orientativos valem para volumes de fluxo de entrada e de saída aproximadamente iguais com desvios dentro do limite de **40,0 % a 60,0 %**.

O **Quadro 8** mostra a configuração geométrica e as dimensões mínimas de faixas para entrelaçamentos em pistas diretas.

4.3.2 Faixas para Entrelaçamentos nos Ramos de Interligação

O somatório dos volumes de tráfego dos fluxos de entrelaçamento foi aumentado em **400 vam/h** em relação aos valores da **DCE-I-2 (quadro 42)**, mantendo-se a mesma qualidade do desenrolar do tráfego com base nos novos conhecimentos [13] (**quadro 9**). Em relação aos limites de tráfego, recomenda-se no entanto para a pista de distribuição uma limitação da velocidade máxima admissível em **60 km/h**.

5. Interseções a Níveis Diversos em Estradas de Pista Simples

As estradas de pista simples têm em geral interseções em nível único, de acordo com a **DCE-R** (ver **quadro 1**). No entanto, na rede existente se encontram também estradas de pistas simples que são dotadas de interseções a níveis diversos e que tiveram diferentes resultados durante a fase de operação. Não existe atualmente diretrizes específicas para este tipo de situação. No entanto, com base em estudos realizados e em experiências adquiridas, poderão ser dadas algumas indicações.

5.1 Campos de Aplicação

Poderá ser cogitado interseções à níveis diversos em estradas de pista simples principalmente quando se deve alcançar uma elevada qualidade de trânsito em casos de volumes de tráfego relativamente altos e de elevada função de interligação e se o trecho for operado como estrada para veículos automotores. Estes tipos de interseções poderão também substituir interseções da forma básica **IV** conforme a **DCE-I-1** quando, além dos critérios mencionados nestas diretrizes, na estrada principal existirem as seguintes particularidades:

- ocorrência de fluxos de tráfego de saídas à esquerda ou entradas à direita com volumes relativamente altos;

- a facilidade de reconhecimento e a visão geral forem insatisfatórias;
- não existência de semáforos; e
- ocorrência de suficientes lacunas de tempo para as entradas.

As interseções a níveis diversos encontram também aplicação especialmente em estradas de pista simples com faixa adicional em aclives, quando, por motivo de trânsito, esta faixa adicional não puder ser suprimida.

5.2 Concepção

Uma grande parte dos acidentes observados em interseções a níveis diversos de estradas de pista simples é devido à falta de faixas para saídas e faixas para entradas, juntamente com altas velocidades ou devido a uma concepção deficiente. Por isto, as interseções de níveis diversos devem ser também projetadas para estradas de pista simples respeitando-se as regras de segurança da **DCE-I-2 (item 2.2)** e aplicando-se corretamente sua regulamentação e recomendações. Assim, as faixas para entrada e para saídas deverão ter uma extensão mínima de **150,0 m**, incluindo-se aí um trecho de deformação de **30,0 m** de comprimento.

6. O Equipamento

Para se evitar manobras de ultrapassagem e manobras errôneas de saídas na área da interseção da estrada de ordem superior, dever-se-á impor uma proibição de ultrapassagem e separar os sentidos de trânsito através de marcação nítida (pelo menos linhas limitadoras).

6.1 Sinalização Vertical

6.1.1 Indicação de Itinerários

Para a sinalização vertical de interseções a níveis diversos através de placas indicadoras de itinerários aplicam-se as *Diretrizes para a Sinalização Indicadora de Itinerários em Auto-Estradas (DSI-AE)* ou, se for o caso, as *Diretrizes para a Sinalização Indicadora de Itinerário fora de Auto-Estradas (DSI)* em combinação

com os regulamentos concernentes em vigor.

6.1.2 Orientação do Tráfego

As placas de orientação para o tráfego são tratadas no **Item 6.2** da **DCE-I-2** e também em manual específico.

6.2 Marcação de Pistas de Trânsito

Para a marcação de pistas de trânsito de interseções a níveis diversos aplicam-se as *Diretrizes para a Marcação*

7. A Reconfiguração de Interseções a Níveis Diversos de Implantação Antiga através de Medidas Simples

de Estradas (*DME*), em especial a **DME-2, Item 2.2**. A geometria das marcações ali descrita deverá também ser utilizada quando em interseções de implantação antiga não existirem construtivamente as extensões mínimas recomendadas para as entradas e para as saídas ou para as áreas de entrelaçamento, ou quando não puderem ser implantadas através de medidas simples.

As interseções a níveis diversos que foram concebidas e implantadas de acordo com a **DCE-I-2** correspondem às exigências técnicas de trânsito quanto a segurança e a capacidade. Porém ainda poderá existir um grande número de interseções a níveis diversos que não correspondem aos padrões de projeto em todos os detalhes. Uma reforma de tais interseções de acordo com as diretrizes é muitas vezes inviável devido aos elevados custos, impossibilidades de intervenção ou falta de vontade administrativa.

Em estudos realizados foram obtidos elementos para que interseções a níveis diversos de implantação antiga possam ser convertidas para um padrão possivelmente equivalente através de remarcações e pequenas reformas de modo simples e econômico.

As recomendações do estudo não valem somente para interseções de auto-estradas de implantação mais antiga em forma de trevo, mas também para todas as outras interseções a níveis diversos de implantação mais antiga e seus elementos.

7.1 Áreas de Entradas

As recomendações para as áreas de entradas são aplicáveis nas configurações para os ramos tangenciais e para pistas de distribuição de **duas** faixas pertencentes a interseções de auto-estradas de implantação mais antiga. Elas são válidas também para ramos tangenciais diretos de **uma** faixa. As recomendações são as seguintes:

- um ramo tangencial de **duas** faixas de trânsito deverá basicamente ser afunilado para somente **uma** faixa na área das entradas na pista para distribuição (exceções acontecem no caso de volumes assimétricos). Isto é feito então pela implantação de uma área de bloqueio bem visível, em geral na faixa esquerda do ramo (ver **detalhe ERa do quadro 10**)
- nas faixas para entradas que numa remarcação possuírem menos que **150,0 m** de comprimento (devido ao pequeno afastamento entre pontas de

ilhas), então para um aumento da abertura para entradas a área de supressão deverá ser marcada na faixa direita do ramo para que se consiga o mais breve possível um posicionamento paralelo dos que vão entrar e também um prolongamento da faixa para entradas (ver **detalhe ERb do quadro 10**).

- nos dois casos recomenda-se anunciar o estreitamento de pista por meio de placas indicativas em ambos os lados e fazer a identificação por meio de setas marcadas sobre a faixa do ramo a ser suprimida.
- nos caso em que, mesmo com área de bloqueio situada à direita, resultar uma faixa para saídas curta (**L < 150 m**), então restrições de velocidade na pista para distribuição e no ramo tangencial poderão melhorar o desenrolar do tráfego e a sua segurança. Na área para saídas, diferenças relativamente pequenas entre velocidades contribuem para um desenrolar mais homogêneo do tráfego.

Além disso, os que entram a partir do ramo tangencial, sem conhecimento do local, que podem se surpreender com a curta extensão da faixa para entradas, tem a oportunidade de reagir de acordo com a situação. Com a diminuição da extensão da faixa para entradas e com o aumento do volume de tráfego na pista para distribuição, as velocidades relativamente mais baixas são as mais vantajosas. Para velocidades máximas são recomendadas:

- **80 km/h** com **100,0 m ≤ L < 150,0 m**; ou
- **60 km/h** com **L < 100 m**.

- as pistas de trânsito de **duas** faixas para distribuição localizadas entre a área para entrelaçamentos e a área para entradas (do mesmo modo a localizada entre área para saídas e área para entrelaçamentos), devem ser remarcadas com somente **uma** faixa direta.
- a utilização de cercas anti-ofuscantes entre a pista direta e a pista para distribuição pode ser adequada na área da convergência para que os motoristas que entram possam reconhecer claramente em qual pista o veículo com preferência está se deslocando.
- nos casos de ramos para entradas paralelos, a separação física (ilha separadora) entre a pista para distribuição e a pista direta ainda deve existir no início da faixa para entradas.
- em pistas de trânsito diretas, as faixas para paradas

existentes nos ramos para entradas paralelas deverão ser remarcadas, devendo-se então controlar a capacidade de suporte da estrutura do pavimento da área nova de trânsito. Deve-se procurar nesta área realizar um alargamento para que se tenha pelo menos uma faixa para paradas de cerca de **1,00 m (quadro 11 A)**, como medida construtiva de pequeno vulto.

- caso não for possível um prolongamento da área para entradas no sentido do seu ponto final, pode-se, por meio do deslocamento do ramo tangencial, conseguir uma melhoria da área de entradas (**quadro 11 B**) também através de uma medida construtiva de pequeno vulto.
- são necessárias soluções especiais divergentes das recomendadas quando, por motivo de capacidade, não for suficiente a condução dos fluxos de tráfego por **uma única** faixa. Estas soluções especiais requerem, de qualquer modo, uma pequena medida construtiva, como por exemplo a implantação de duas entradas seqüenciais (ver tipos **EE** da **DCE-I-2**, bem como o **quadro 11 C**) ou, como medida construtiva maior, a reforma das áreas para entrada de acordo com os tipos **ER 3** e **E 4 / E 5** da **DCE-I-2**.

7.2 Áreas para Saídas

- as áreas para saídas dentro de ramos de interligação deverão ser marcadas de acordo com o tipo **AR 2** (forquilha) da **DCE-I-2 (quadro 10, AR)**. Este tipo de saída corresponde melhor ao modo de dirigir dos motoristas do que o tipo **AR 1** com área de bloqueio introdutória. O afastamento entre as pontas das áreas de bloqueio pode também ser significativamente menor do que **100,0 m** quando houver boa visibilidade dos indicadores de itinerário.
- não existem problemas técnicos de trânsito ou de segurança em saídas existentes tipo **AR 1** da **DCE-I-2** dentro de ramos de interligação. As análises econômicas sugerem a manutenção de tais saídas de acordo com o tipo **AR 1**, mesmo quando são esperadas invasões da área de bloqueio. Em implantações novas ou nas medidas de remarcação posteriores, este tipo de saída deverá ser usado apenas em casos excepcionais fundamentados.
- a indicação de itinerário deverá ser feita preferencialmente através de pórticos ou tipo bandeira.
- as saídas em pistas para distribuição e em ramos tangenciais deverão dentro do possível ser implantadas com **uma** faixa. Nos ramos tangenciais,

a marcação de redução de largura na borda direita da pista é vantajosa porque, com isto, o raio da curva para entrada do ramo tangencial e o afastamento entre os pontos para tomadas de decisão são aumentados. No caso normal, a continuidade com ramos tangenciais de **uma** faixa é suficiente por motivos de segurança e de capacidade. Com isto fica excluída a necessidade de supressão de uma faixa de trânsito do ramo antes da convergência para a pista de distribuição seqüencial. Em casos excepcionais (inclinações longitudinais relativamente fortes, forte influência das esquinas, tráfego de veículos pesado relativamente intenso) pode ser vantajosa uma continuidade com **duas** faixas para melhoria do conforto.

- em pistas diretas, as faixas para paradas existentes nestas pistas devem ser remarcadas como faixas para saídas paralelas, onde deverá ser verificado o suporte da estrutura do pavimento. Deve-se procurar nesta área, como medida construtiva de pequeno vulto, realizar a implantação de uma faixa para paradas de cerca de **1,00 m (quadro 11 D)**.
- a utilização improvisada de áreas maiores para a obtenção de faixas para as saídas é também considerada uma medida construtiva de pequeno vulto (**quadro 11,E**).
- as pequenas medidas construtivas representadas como **F** no **Quadro 11** conduzem à um aumento dos afastamentos das pontas de ilhas e para a nitidez da bifurcação (tipo **SR 2**, veja também o primeiro item).
- são necessárias soluções especiais divergentes das recomendações quando, por motivo de capacidade, uma condução dos fluxos de tráfego através de uma única faixa não for suficiente. Estas soluções especiais requerem, de qualquer modo, medidas construtivas maiores.

7.3 Áreas para Entrelaçamento

- Entre as entradas e as saídas dos ramos em laço deve ser criado na pista para distribuição um segmento para entrelaçamentos legítimo através de remarcação, concordando basicamente com a solução normal de acordo com a **DCE-I-2** e da **DME-2**, (não um segmento de incorporação no qual o fluxo que sai do laço se incorpora no fluxo que vai entrar) (ver **detalhe VRa do quadro 10**). Visando uma uniformização, os segmentos para acomodação existente para entradas deverão também ser remarcados para segmentos de entrelaçamento como solução normal.

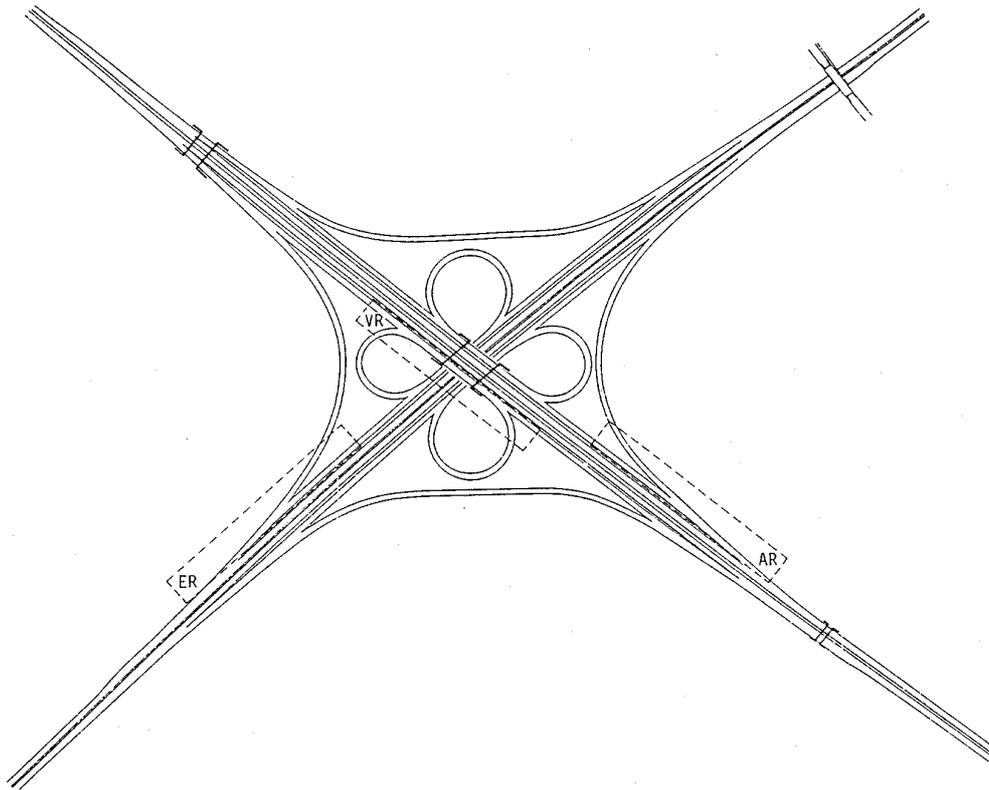
- As entradas e as saídas dos ramos em laço devem ser de **uma única** faixa. Tendo-se esta situação, uma marcação na borda direita da pista do laço na área das entradas conduz a um posicionamento de paralelismo antecipado e aumenta a extensão total do segmento para entrelaçamentos (ver **detalhe VRb do quadro 10**)
- Uma condução do tráfego direto em **uma única** faixa em ramos em laço é recomendada devido aos comprimentos relativamente pequenos destes e aos raios também relativamente pequeno, onde são praticamente impossíveis as manobras de ultrapassagem.
- Na remarcação de ramos em laço para **uma única**

faixa deverão ser evitadas sobras de larguras de pista de trânsito com medidas acima de **2,00 m** (ver **seção II - II no detalhe VRb do quadro 10**), para que as faixas de borda marcadas não sejam confundidas com faixas de trânsito de ramos. Recomenda-se nestes segmentos proceder uma marcação de área de bloqueio nestas áreas excedentes como medida de apoio.

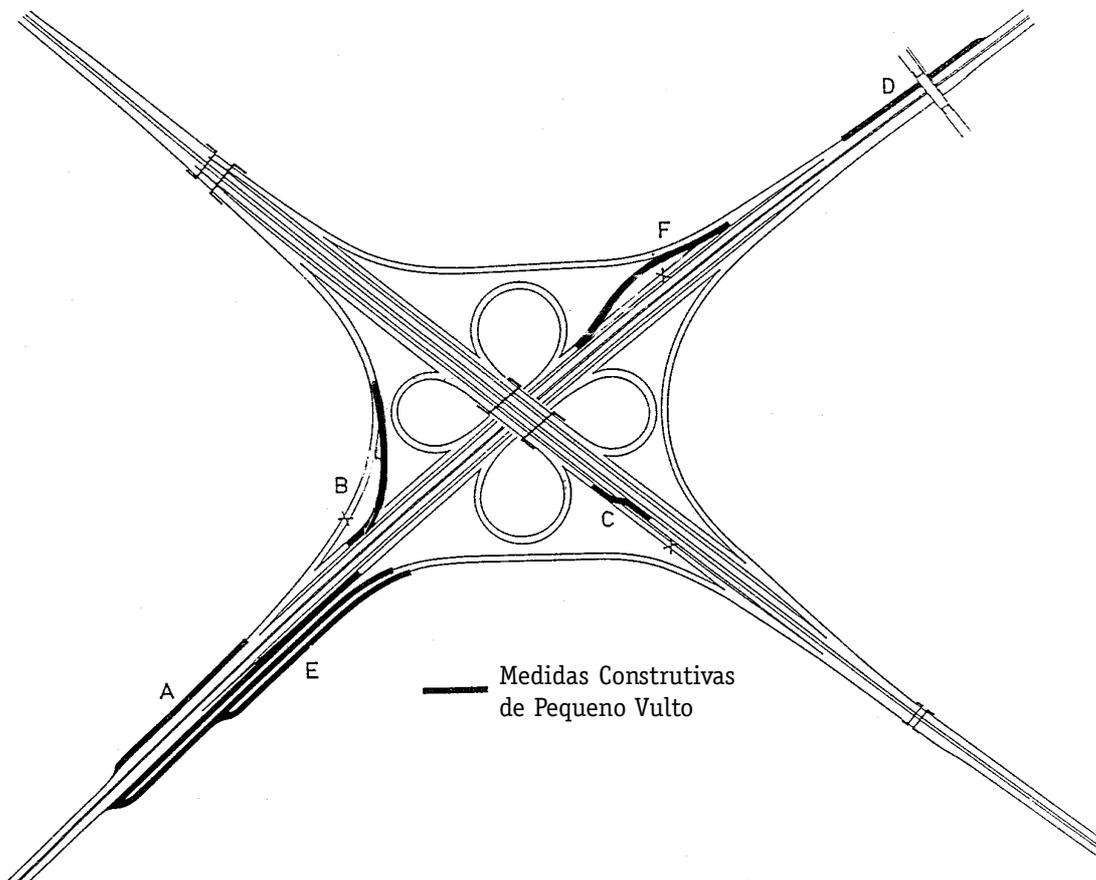
- O sinal "Dar a Preferência" não deve ser colocado em áreas para entrelaçamentos.

No **Quadro 10** estão compiladas as recomendações acima descritas, em uma placa modelo preliminar, para um trevo normal com volume de tráfego igualmente distribuído.

As recomendações a serem aplicadas apenas por remarcação são complementadas por propostas de remodelação as quais, no entanto, requerem pequenas medidas construtivas (**quadro 11 A - F**).

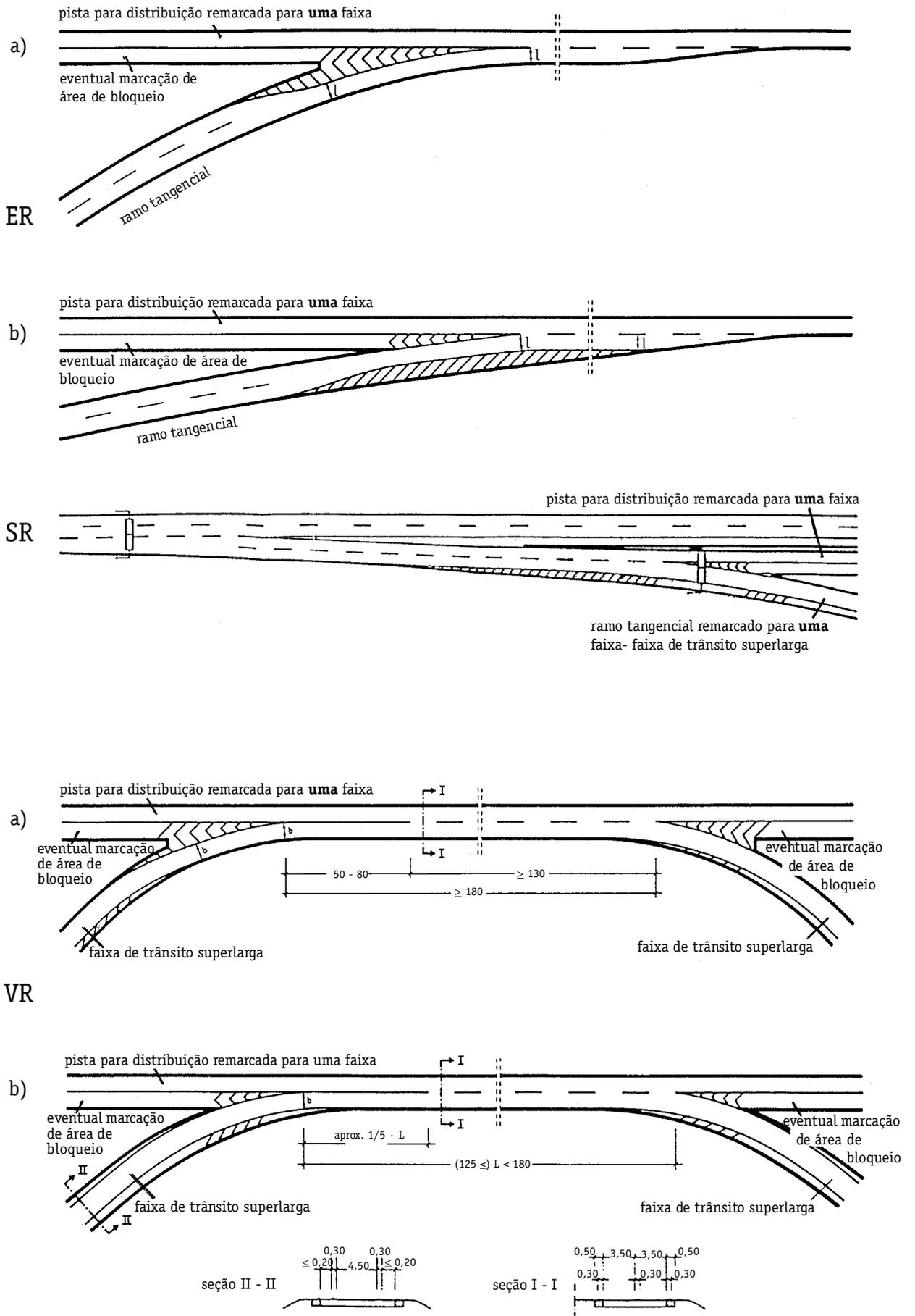


Quadro 10: Modelo Preliminar no Plano Horizontal de um Trevo Simétrico de Implantação Antiga com Volume de Tráfego Normal



Quadro 11: Medidas Construtivas Complementares de Pequeno Vulto no Plano Horizontal relativamente ao Modelo Anterior

Detalhes do quadro 10



Medidas em (m)

Glossário

Trânsito : é o movimento. O ato de se deslocar.

Tráfego : são os elementos participantes do trânsito.

Estradas de Pista Simples : sem quaisquer complementação do nome, são estradas com **duas** faixas de trânsito, numa única pista, sem separação construtiva entre as faixas, com dois sentidos de trânsito, podendo os veículos de um dos sentido ocupar temporariamente a faixa destinada aos veículos do outro sentido

Estradas de Pista Simples (2+1) : são estradas com **três** faixas de trânsito, numa única pista, com dois sentidos de trânsito, com alternância de uso das duas faixas para ambos os sentidos em segmentos regulares

Estradas de Pista Dupla : são estradas de **quatro** ou mais faixas de trânsito, divididas para atender os dois sentidos, com ou sem separação construtiva dos sentidos

Deslocamento Geométrico : é a movimentação curvilínea em baixa velocidade de um veículo automotor, isto é, a força centrífuga que aparece nestes casos é desprezível

Deslocamento Dinâmico : é a movimentação curvilínea de um veículo automotor numa velocidade considerável, isto é, a força centrífuga que aparece nestes casos já não é desprezível

INTERSEÇÃO : Situação de encontro de duas ou mais estradas (interligação) e também o nome do dispositivo disciplinador dos movimentos de interligação

Braço de uma Interseção : É toda embocadura de uma interseção

Interseção de Nível Único : Interseção onde as manobras de cruzamento são feitas num mesmo nível

Interseção a Níveis Diversos : Interseção onde as manobras de cruzamento são feitas em níveis diferentes

Acesso : Interseção com **três** braços. Uma estrada emboca numa outra estrada direta (interseção em forma de **T**)

Cruzamento : Interseção com **quatro** braços. Encontro de duas estradas, com ambas tendo continuidade após o ponto de encontro

Movimentos numa Interseção :

Conversão : É todo movimento de mudança de rota de um participante do trânsito

Tipos de Conversão :

a) Em Interseções de Mesmo Nível

Nestes casos a estrada de passagem direta (preferencial) é o referencial. Temos então :

Saida à Direita : manobra de conversão à direita, da preferencial para a secundária

Saida à Esquerda : manobra de conversão à esquerda, da preferencial para a secundária

Entrada à Esquerda : manobra de conversão à esquerda, da secundária para a preferencial

Entrada à Direita : manobra de conversão à direita, da secundária para a preferencial

Cruzamento : manobra de transpor a pista da estrada preferencial vindo da secundária

b) Em Interseções a Níveis Diversos

Nestes casos temos três situações a considerar:

1 - Acesso (em forma de T)

Entrada à Esquerda : Manobra *Braço Secundário - Braço Preferencial à Esquerda*

Entrada à Direita : Manobra *Braço Secundário - Braço Preferencial à Direita*

Saida à Esquerda : Manobra *Braço Preferencial - Braço Secundário à Esquerda*

Saida à Direita : Manobra *Braço Preferencial - Braço Secundário à Esquerda*

Obs. : para efeito de *Direita* ou *Esquerda* considera-se a posição relativa do condutor na interseção

2 – Cruzamento de Auto-Estradas: Neste tipo de interseção não se define uma preferencial com no tipo acesso. Portanto, as manobras de interligação serão nominadas simplesmente como *saidas* e a complementação *esquerda* ou *direita* dependerá somente se o movimento de ingresso na outra estrada for à esquerda ou à direita, relativamente a posição na interseção.

3 – Em algumas situações poderão aparecer as estradas referenciais dos movimentos. Na ausência destas referências, os movimentos são sempre referenciados a estrada principal.

Saidas e Entradas: sem qualquer complementação referem-se somente a saidas e entradas relativamente à uma pista de trânsito

Faixa ou Segmento para Acomodação : Faixas ou Segmentos destinados para a adaptação dos veículos quando vão mudar sua situação de trânsito, isto é, vão parar, sair, entrar, etc..

Faixa ou Segmento para Posicionamento ou Armazenamento: Faixas ou Segmentos destinados para paradas e armazenamento de veículos obrigados a dar a preferência em suas manobras de conversão

8. Bibliografia

- 1 Schnüll, R., Lenart, R.: Anpassung der Entwurfsrichtlinien für planfreie Knotenpunkte (RAL-K-2-1976) an jüngere Entwurfsrichtlinien, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 589, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1990
- 2 Schnüll, R., Diekmann, H., Bode K.-R.: Umgestaltung planfreier Knotenpunkte mit einfachen Maßnahmen, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 537, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1987
- 3 Schnüll, R., Kockelke, W.: Untersuchungen an planfreien Knotenpunkten zweispuriger Straßen, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 261, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1978
- 4 Schnüll, R., Meinefeld, P.: Querschnittsgestaltung einspuriger Verbindungsrampen, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 285/I, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1980
- 5 Trapp, K.-H.: Untersuchungen über die Verkehrssicherheit im Einfahrbereich planfreier Knotenpunkte, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 302/I, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1980
- 6 Maurmaier, D.: Verkehrstechnische Beurteilung von Verflechtungsspuren und Verteilerfahrbahnen an Kleeblattknotenpunkten, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 285/II, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1980
- 7 Schnüll, R., Maurmeier, D., Schreyer, U.: Verkehrsablauf in Verflechtungsbereichen mit starken Randströmen zwischen Einfahr- und Ausfahrampen planfreier Knotenpunkte, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 383/II, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1983
- 8 Trapp, K.-H.; Kraus: Untersuchung über die Verkehrssicherheit zweier hintereinanderliegender Einfahrten in Autobahnkreuzen, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 470/A, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1986
- 9 Trapp, K.-H.: Leistungsfähigkeit von Einfahrten planfreier Knotenpunkte, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 174, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1974
- 10 Trapp, K.-H.: Untersuchung des baulichen Aufwandes und der Leistungsfähigkeit von Autobahnknoten, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 230/I, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1977
- 11 Trapp, K.-H.; Kraus: Vergleich der Verkehrssicherheit auf durchgehenden Richtungsfahrbahnen innerhalb und außerhalb der Bereiche planfreier Knotenpunkte, Ingenieurbüro Dr.-Ing. K.-H. Trapp, Aachen 1987
- 12 Schnüll, R., Meinefeld, P.: Untersuchung des Verkehrsablaufes an Ausfahrten mit Spursubtraktion-Kontrollmessungen an einer Variante mit Ausfädungsspur. Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 383/I, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1983
- 13 Durth, W., Habermehl, K., Sueoka, M.: Untersuchung der Leistungsfähigkeit des Frankfurter Kreuzes. Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik, TH Darmstadt, Darmstadt, 1978

