

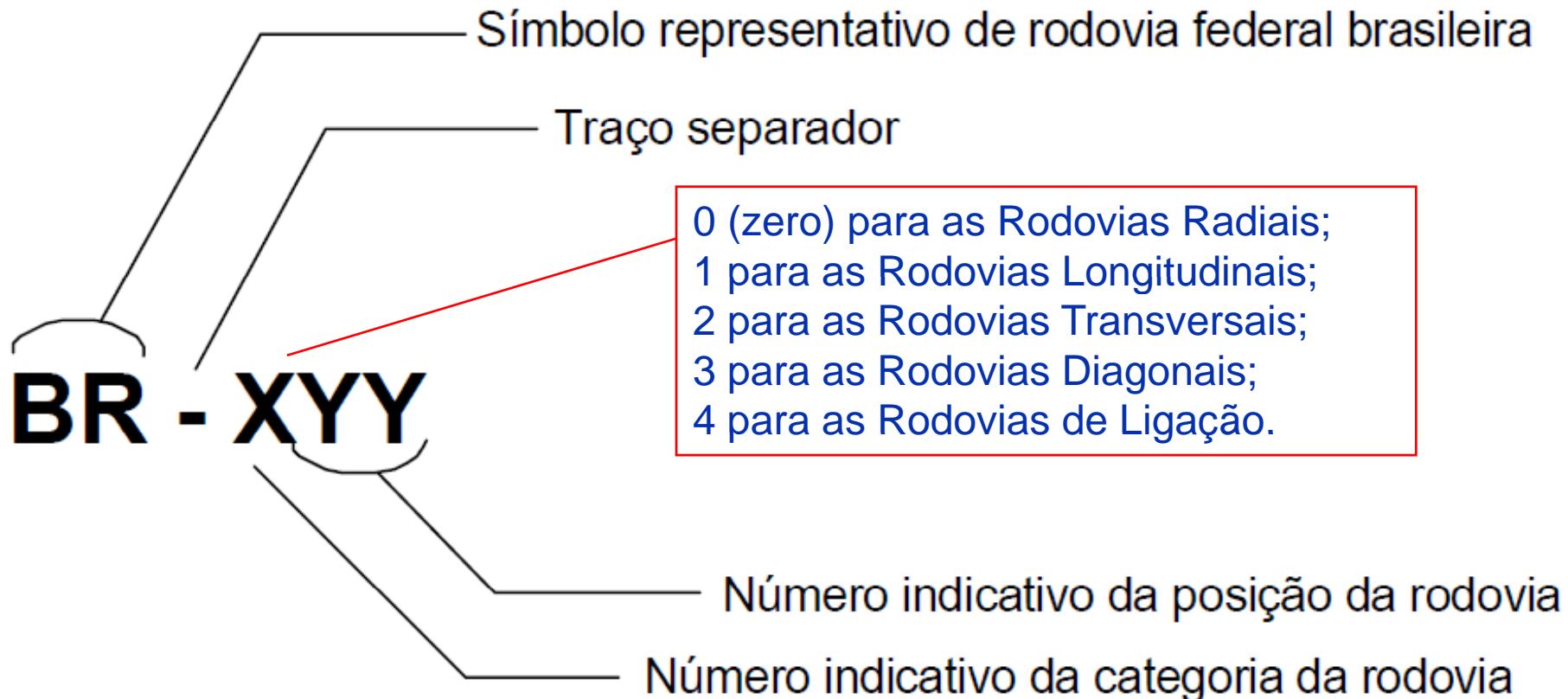
# **Elementos e Classificação das Rodovias Brasileiras**

**Renato de Oliveira Fernandes**

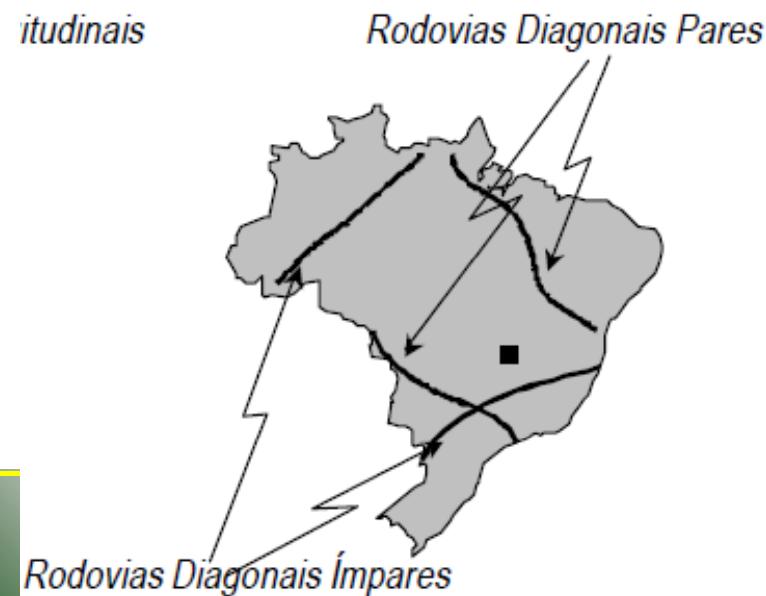
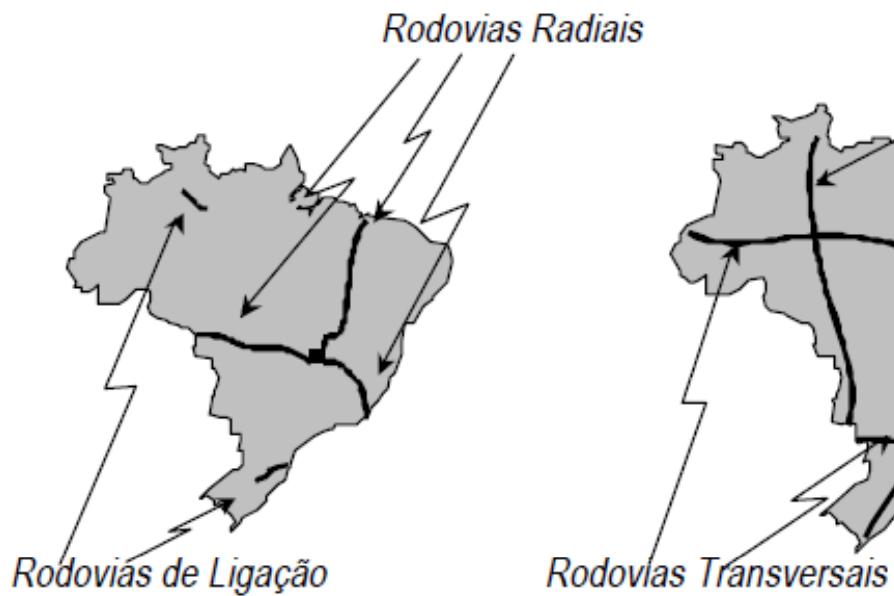
*Professor Assistente  
Dep. de Construção Civil/URCA  
renatodeof@gmail.com*



# Nomenclatura das rodovias



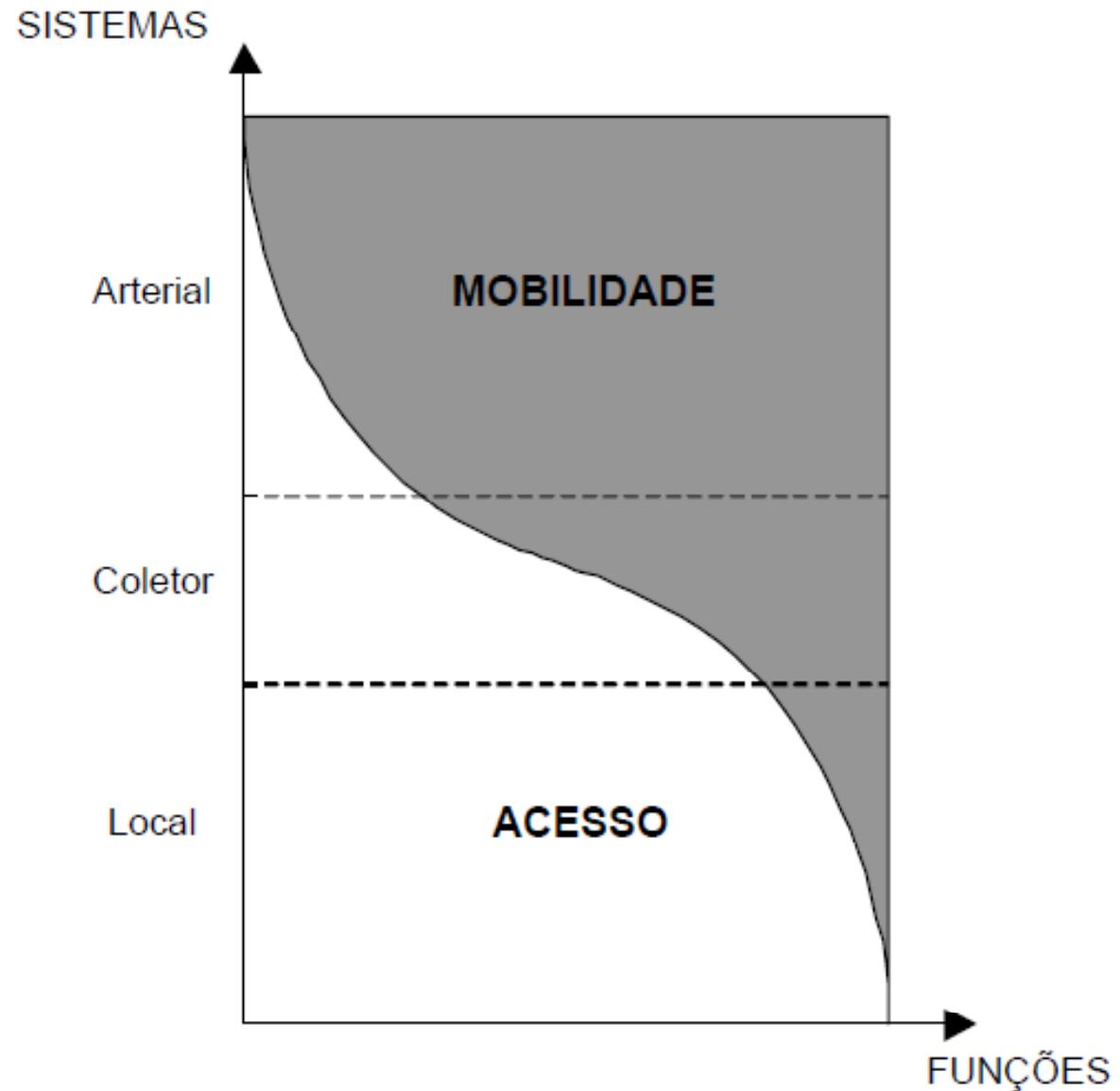
# Classificação quanto a posição geográfica



Exemplo de Rodovia Longitudinal



# Classificação funcional de rodovias

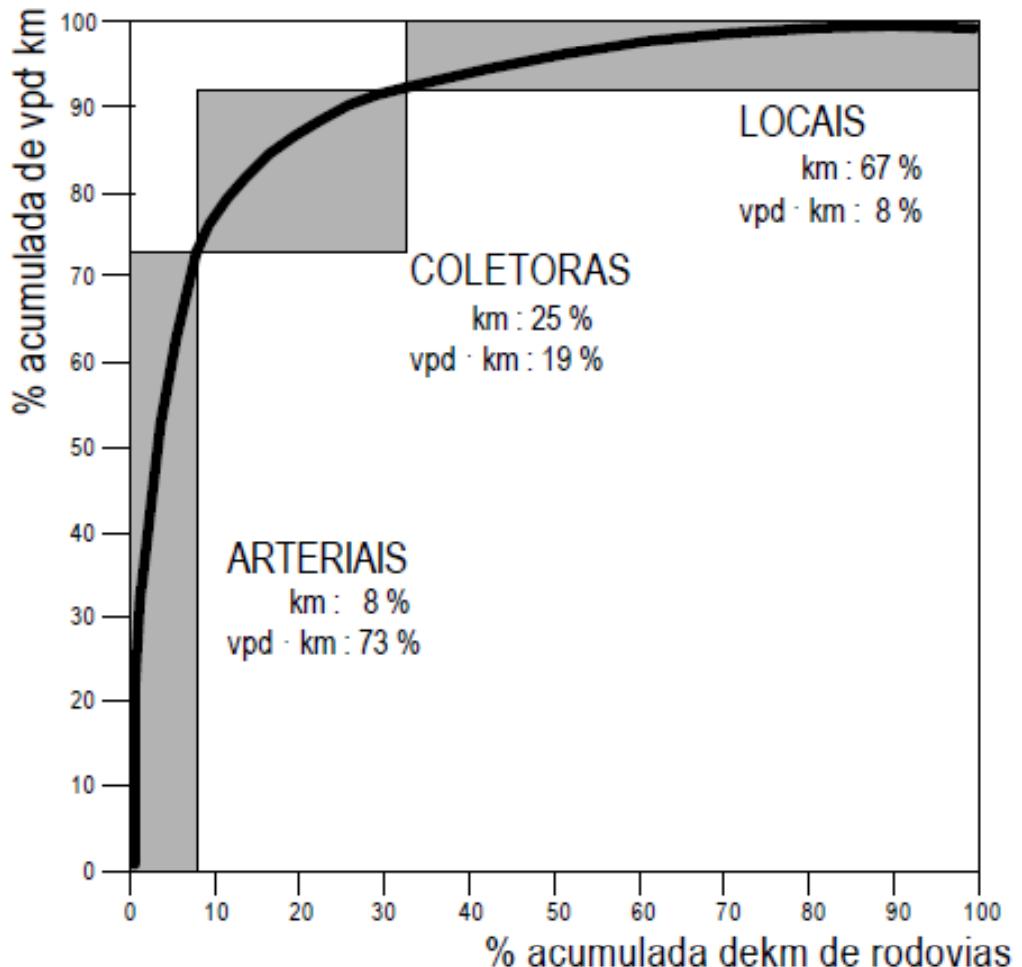


Fonte: Classificação funcional do sistema rodoviário do Brasil (DNER, 1974, p.12)

# Curva de rendimentos decrescentes



vpd ou v/d – veículo por dia.



Fonte: Classificação funcional do sistema rodoviário do Brasil (DNER, 1974, p.15)

## PARÂMETROS PARA A CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DE RODOVIAS

SISTEMAS FUNCIONAIS	FUNÇÕES BÁSICAS	PARÂMETROS DE REFERÊNCIA	
ARTERIAL	<b>PRINCIPAL</b>	Viagens internacionais e inter-regionais. Elevados níveis de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Articulação com rodovias similares em regiões vizinhas. Conectar capitais e cidades com pop. > 150.000 hab.	Extensão: 2 a 3½% da rede. Serviço: 30 a 35 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 120 km. Veloc. operação: 60 a 120 km/h.
	<b>PRIMÁRIO</b>	Viagens inter-regionais e interestaduais. Atender função essencial de mobilidade. Formar sistema contínuo na região. Conectar cidades com pop. ± 50.000 hab.	Extensão: 1½ a 3½% da rede. Serviço: 15 a 20 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 80 km. Veloc. operação: 50 a 100 km/h.
	<b>SECUNDÁRIO</b>	Viagens intra-estaduais e não servidas pelos sistemas superiores. Formar sistema contínuo com rodovias dos sistemas superiores, atendendo função essencial de mobilidade. Conectar cidades com pop. > 10.000 hab.	Extensão: 2½ a 5 % d a rede. Serviço: 10 a 20 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 60 km. Veloc. operação: 40 a 80 km/h.
COLETOR	<b>PRIMÁRIO</b>	Viagens intermunicipais. Acesso a geradores de tráfego (portos, mineração, parques turísticos, produção agrícola, etc.). Conectar cidades com pop. > 5.000 hab.	Extensão: 4 a 8 % da rede. Serviço: 8 a 10 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 50 km. Veloc. operação: 30 a 70 km/h.
	<b>SECUNDÁRIO</b>	Ligar áreas servidas com o sistema coletor primário ou com o sistema arterial. Acesso a grandes áreas de baixa densidade populacional. Conectar centros com pop. > 2.000 hab e sedes municipais não servidas por sistemas superiores.	Extensão: 10 a 15 % da rede. Serviço: 7 a 10 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 35 km. Veloc. operação: 30 a 60 km/h.
<b>LOCAL</b>	Viagens intra-municipais. Acesso de pequenas localidades e áreas rurais às rodovias de sistemas superiores.	Extensão: 65 a 80 % da rede. Serviço: 5 a 30 % dos vpd.km. Ext. média de viagens: 20 km. Veloc. operação: 20 a 50 km/h.	

Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 17-19).

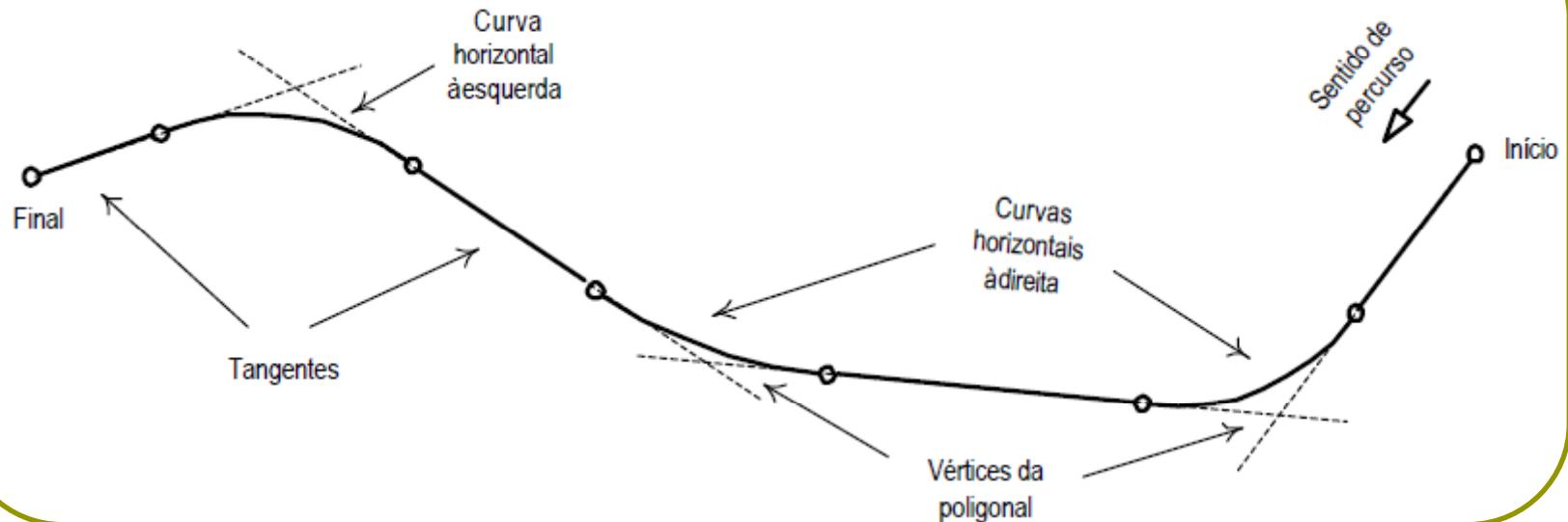


# Elementos geométricos da rodovia

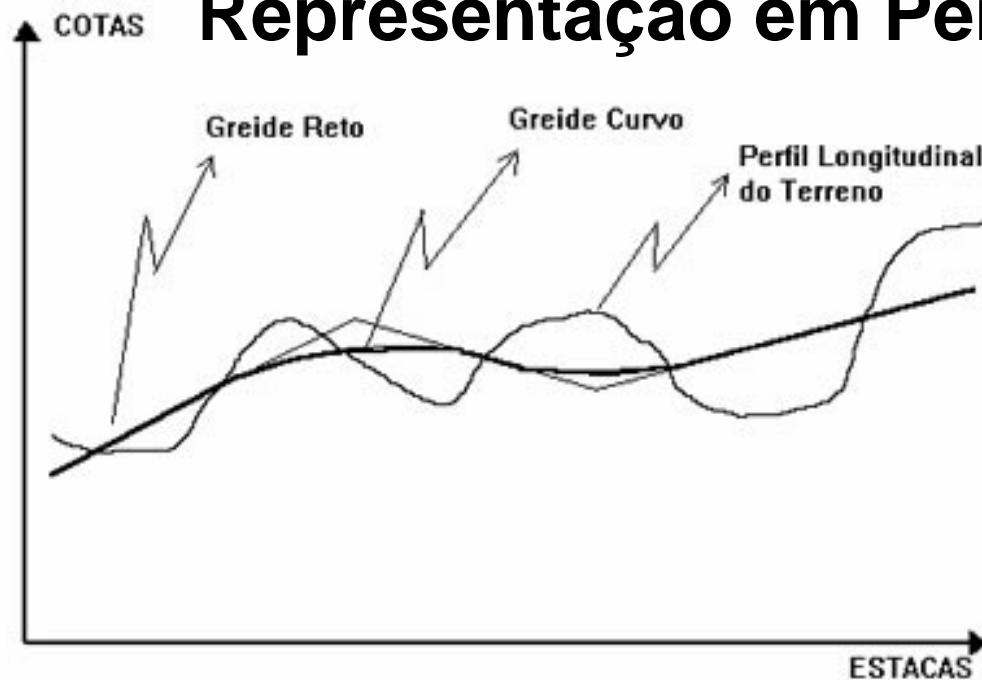
- Em planta traçamos uma linha para representar o eixo da rodovia.
- Em perfil a linha que corresponde ao eixo da rodovia representado no plano vertical chamamos de “greide”.
- Os elementos importantes são as seções transversais (indicando corte e aterro) e o detalhamento das curvas horizontais e verticais no alinhamento do eixo e greide.



# Representação em Planta

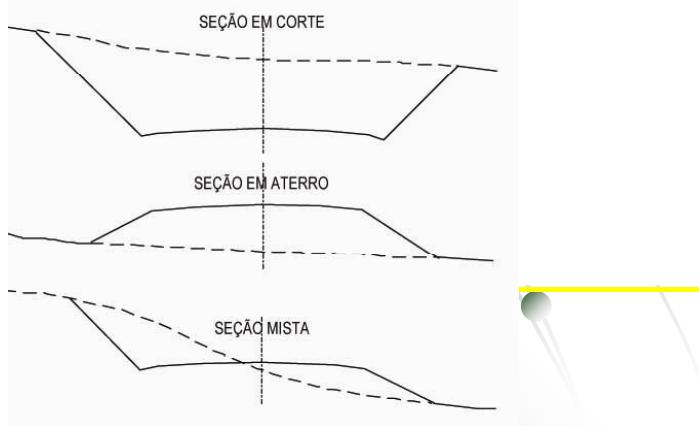
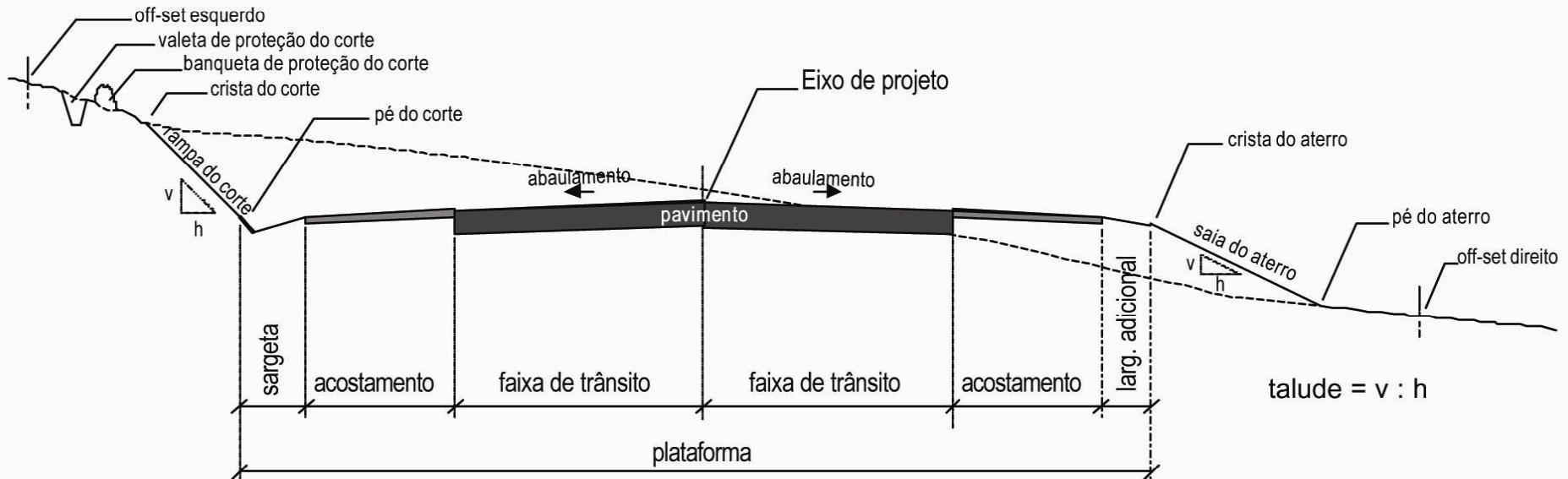


# Representação em Perfil

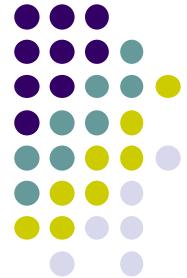




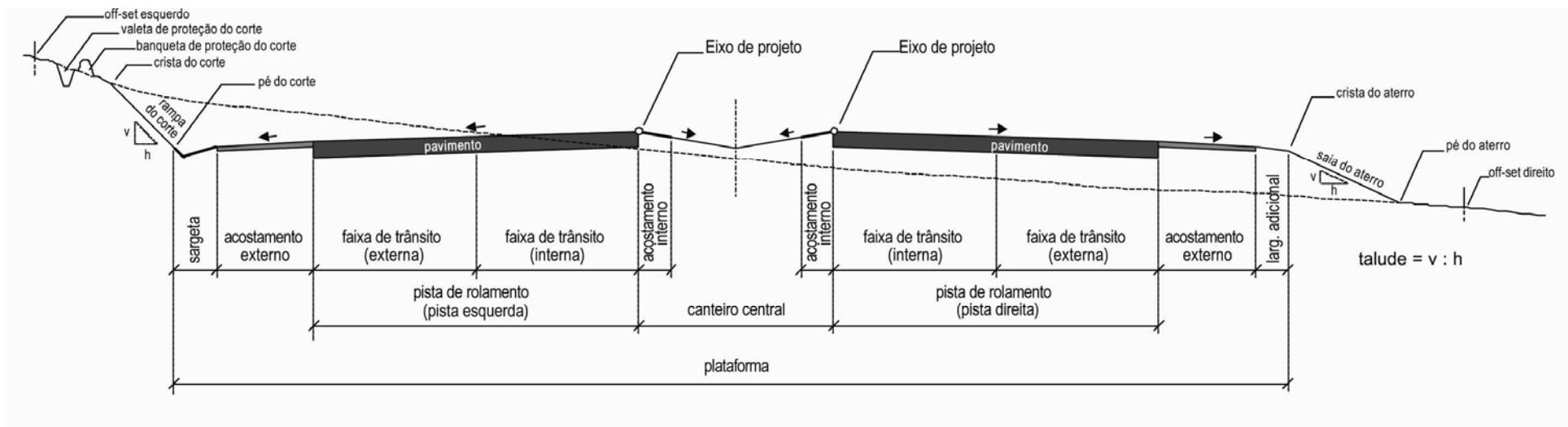
# Rodovias em pista simples



Fonte: Lee, S. H., 2005.

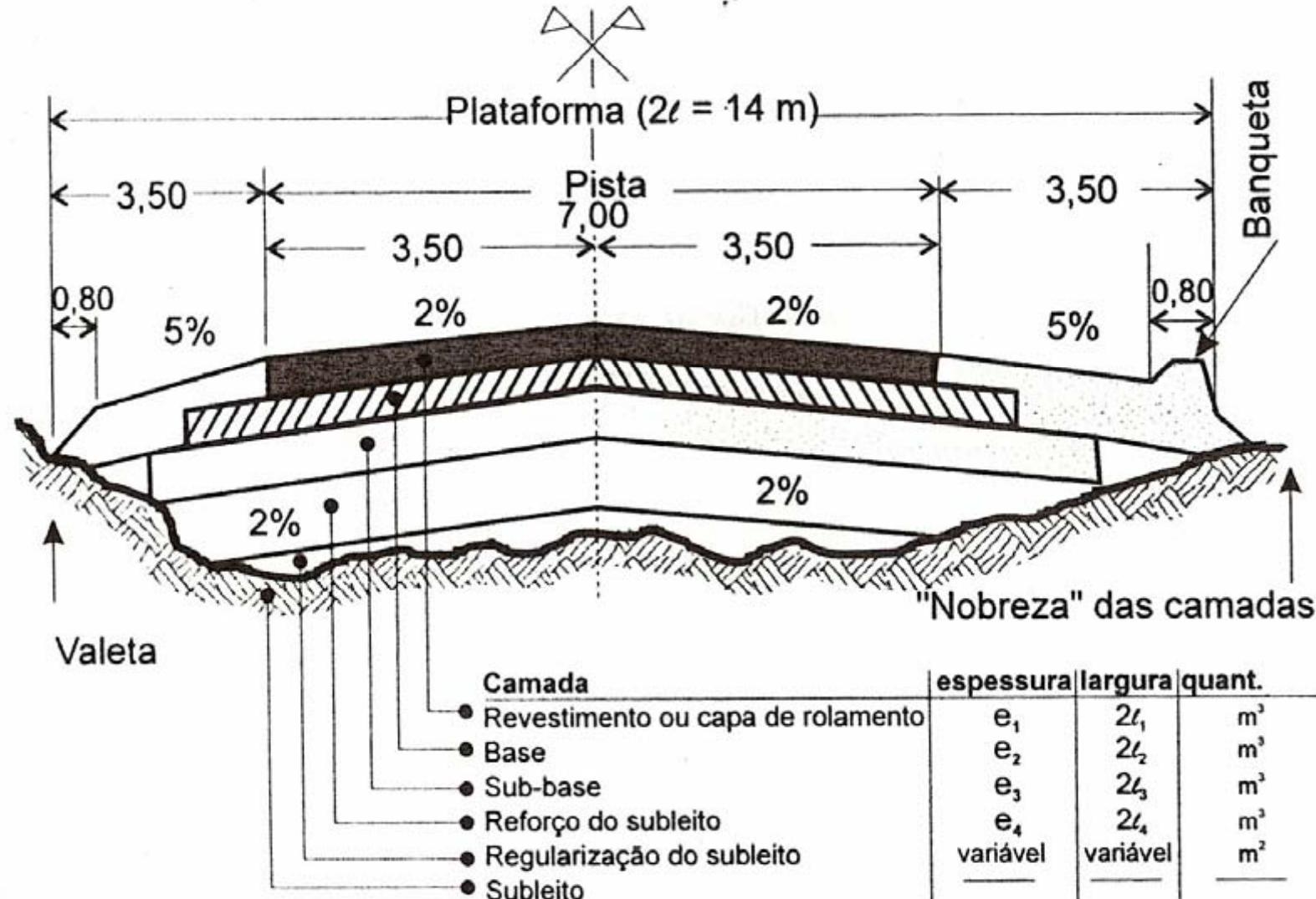


# Rodovias em pista dupla



Fonte: Lee, S. H., 2005.

# Seção Transversal Típica de um Pavimento Flexível





# CLASSE DE PROJETO PARA NOVOS TRAÇADOS DE RODOVIAS EM ÁREAS RURAIS - DNER

CLASSE DE PROJETO	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA <sup>(1)</sup>	VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)		
			Plano	Ondulado	Montanhoso
0	Via Expressa (Controle Total de Acessos)	Decisão Administrativa.	120	100	80
I	A Pista Dupla (Controle Parcial de Acessos)	O projeto em pista simples resultaria em Níveis de Serviço inferiores ao aceitável <sup>(2)</sup> .	100	80	60
	B Pista Simples	Volume de Tráfego projetado: > 200 vph ou > 1.400 vpd.			
II	Pista Simples	Volume de Tráfego projetado: 700 vpd a 1.400 vpd.	100	70	50
III	Pista Simples	Volume de Tráfego projetado: 300 vpd a 700 vpd.	80	60	40
IV	A Pista Simples	Tráfego na data de abertura: 50 vpd a 200 vpd.	60	40	30
	B Pista Simples	Tráfego na data de abertura: < 50 vpd.			

OBSERVAÇÕES: <sup>(1)</sup> Os Volumes de Tráfego indicados são bidirecionais e referem-se a veículos mistos; os volumes projetados são os previstos para o fim dos dez primeiros anos de operação da via.

<sup>(2)</sup> Conceito e critérios para o Nível de Serviço: vide o "Highway capacity manual" (TRB, 1994).



# Características técnicas para o projeto de rodovias novas

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA O PROJETO DE RODOVIAS NOVAS

DESCRIPÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unida de	CLASSE 0			CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			CLASSE IV A			CLASSE IV B		
		Plano	Ond.	Mont	Plano	Ond.	Mont	Plano	Ond.	Mont	Plano	Ond.	Mont	Plano	Ond.	Mont	Plano	Ond.	Mont
Velocidade Diretriz Mínima	km/h	120	100	80	100	80	60	100	70	50	80	60	40	80	60	40	60	40	30
Distância de Visibilidade de Parada:																			
- Mínimo Desejável	m	310	210	140	210	140	85	210	110	65	140	85	45	140	85	45	85	45	30
- Mínimo Absoluto	m	205	155	110	155	110	75	155	90	60	110	75	45	110	75	45	75	45	30
Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem	m	-	-	-	680 <sup>(*)</sup>	560 <sup>(*)</sup>	420 <sup>(*)</sup>	680	490	350	560	420	270	560	420	270	420	270	180
Raio Mínimo de Curva Horizontal (p/Superelev. Máx.)	m	540	345	210	345	210	115	375	170	80	230	125	50	230	125	50	125	50	25
Taxa de Superelevação Máxima	%	10	10	10	10	10	10 <sup>(*)</sup>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rampa Máxima:																			
- Máximo Desejável	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Máximo Absoluto	%	3	4	5	3	4,5	6	3	5	7	4	6	8	4	6	8	6	8	10
Valor de K para Curvas Verticais Convexas:																			
- Mínimo Desejável	m/%	233	107	48	107	48	18	107	29	10	48	18	5	48	18	5	18	5	2
- Mínimo Absoluto	m/%	102	58	29	58	29	14	58	20	9	29	14	5	29	14	5	14	5	2
Valor de K para Curvas Verticais Côncavas:																			
- Mínimo Desejável	m/%	80	52	32	52	32	17	52	24	12	32	17	7	32	17	7	17	7	4
- Mínimo Absoluto	m/%	50	36	24	36	24	15	36	19	11	24	15	7	24	15	7	15	7	4
Largura da Faixa de Trânsito:																			
- Mínimo Desejável	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Mínimo Absoluto	m	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,50	3,30	3,50	3,30	3,30	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50
Largura do Acostamento Externo:																			
- Mínimo Desejável	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Mínimo Absoluto	m	3,50	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,00	1,50	1,30	1,30	0,80	1,00	1,00	0,50
Largura do Acostamento Interno:																			
- Pistas de 2 faixas	m	0,60-1,20	0,60-1,00	0,50-0,60															
- Pistas de 3 faixas	m	2,50-3,00	2,00-2,50	2,00-2,50															
- Pistas de 4 faixas	m	3,00	2,50-3,00	2,50-3,00															
Gabarito Vertical (altura livre)																			
- Mínimo Desejável	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Mínimo Absoluto	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Afastamento Mínimo do Bordo do Acostamento:																			
- Obstáculos Contínuos	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
- Obstáculos Isolados	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Largura do Canteiro Central:																			
- Largura Desejável	m	10-18	10-18	10-18	10-12	10-12	10-12	10-12	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7
- Valor Normal	m	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7
- Mínimo Absoluto	m	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*) Somente para a Classe IA; para a classe IB, considerar 8%.

Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 161-168).



# Terreno plano, ondulado ou montanhoso

- BNDES, Manual de Rodovias Vicinais define:
  - Região Plana - Inclinação Transversal de Terreno  $\cong 5\%$ ;
  - Região Ondulada - Inclinação Transversal de Terreno  $\cong 20\%$ ;
  - Região Montanhosa - Inclinação Transversal de Terreno  $\cong 70\%$ .

DER-PR

Inclinação do Terreno	Região
< 10%	Plana
10 a 25%	Ondulada
> 25%	Montanhosa



## NORMAS PARA O PROJETO DE RODOVIAS VICINAIS

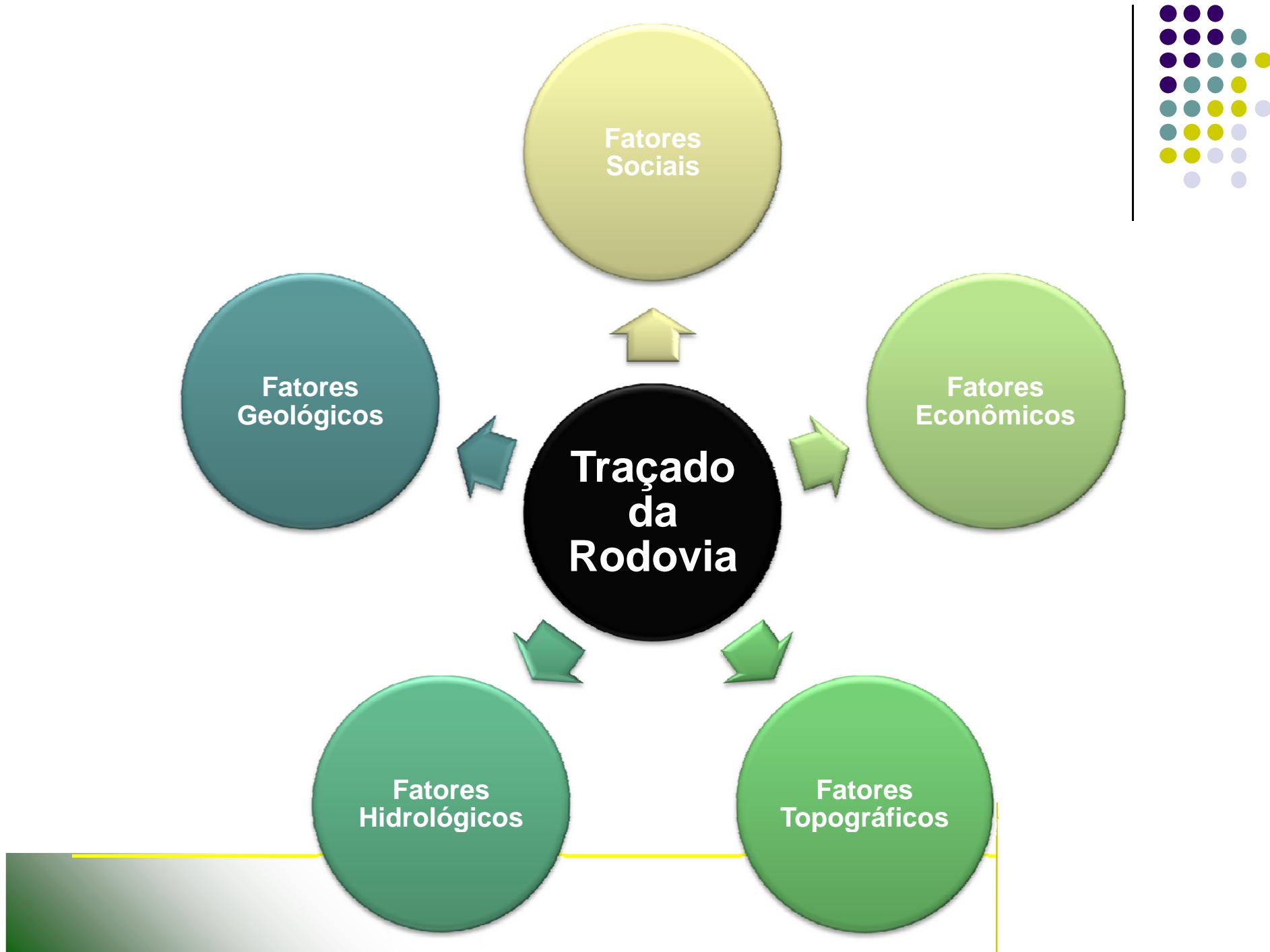
ESPECIFICAÇÕES	INCLINAÇÃO TRANSVERSAL DO TERRENO	CLASSE DE PROJETO				
		A PAV	B PAV - RP	C PAV - RP	D RP	E RP - TN
Velocidade Diretriz do Projeto (km/h)	5 %	80	80	60	60	50
	20 %	60	60	40	40	40
	70 %	40	40	30	30	30
Raio Mínimo de Curva Horizontal (m)	5 %	200,00	200,00	110,00	110,00	70,00
	20 %	110,00	110,00	50,00	50,00	45,00
	70 %	50,00	50,00	30,00	30,00	30,00
Greide Máximo (%)	5 %	3,000	4,000	5,000	6,000	8,000
	20 %	5,000	6,000	7,000	8,000	10,000
	70 %	7,000	8,000	9,000	10,000	12,000
Distância Mínima de Visibilidade de Parada (m)	5 %	100,00	100,00	75,00	75,00	50,00
	20 %	75,00	75,00	50,00	50,00	-
	70 %	50,00	50,00	50,00	50,00	-
Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem (m)	5 %	500,00	500,00	-	-	-
	20 %	350,00	350,00	-	-	-
	70 %	175,00	175,00	-	-	-
Largura da Faixa de Domínio (m)	5 %	Largura entre Off-Sets mais 10,00 m para cada lado (em área rural).				
	20 %					
	70 %					
Largura da Plataforma (m)	5 %	9,00	8,000	7,50	7,00	6,00
	20 %	9,00	8,000	7,50	7,00	6,00
	70 %	9,00	8,000	7,50	7,00	6,00
Largura da Pista (Pavimento) (m)	5 %	7,00	6,000	5,50	-	-
	20 %	7,00	6,000	5,50	-	-
	70 %	7,00	6,000	5,50	-	-
Largura do Acostamento (m)	5 %	1,00	1,000	1,00	-	-
	20 %	1,00	1,000	1,00	-	-
	70 %	1,00	1,000	1,00	-	-
Volume Médio Diário de tráfego no ano 10 (vpd)	-	700-300	400-200	250-100	150-50	75-0

OBSERVAÇÕES: Inclinação Transversal do Terreno : 5% ≡ Relevo Plano; 20% ≡ Relevo Ondulado; 70% ≡ Relevo Montanhoso.

PAV = Pavimentada; RP = Revestimento Primário; TN = Terreno Natural.

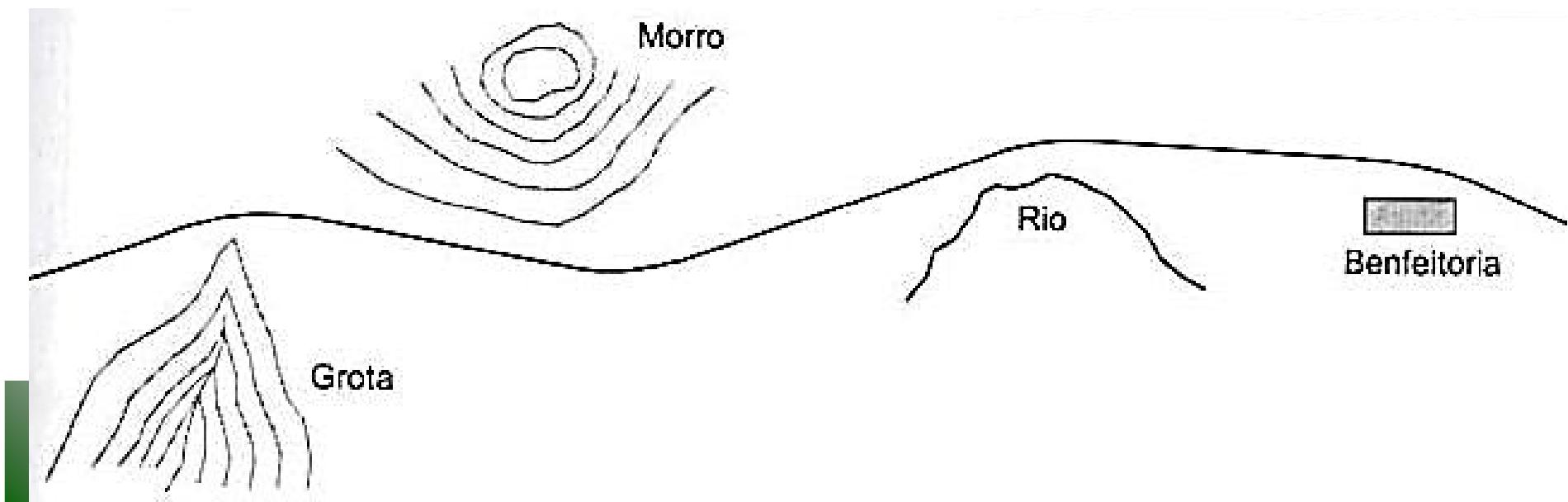
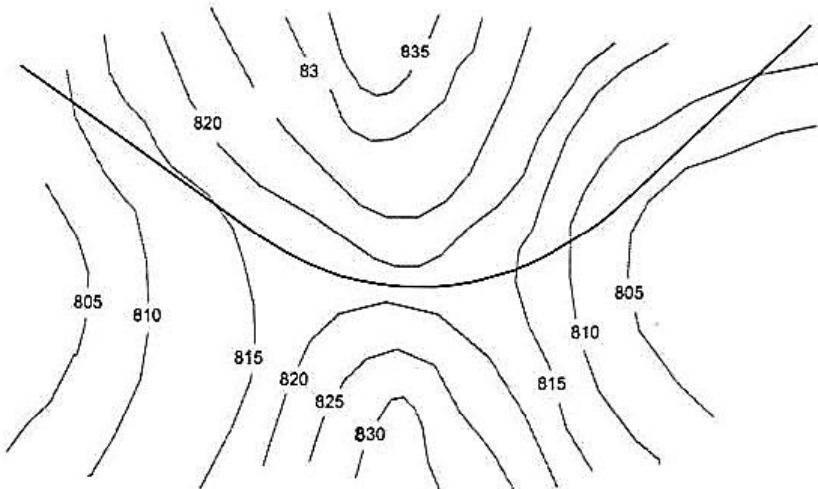
Fonte: II Manual de Rodovias Vicinais - BBD II (BNDES, 1976).





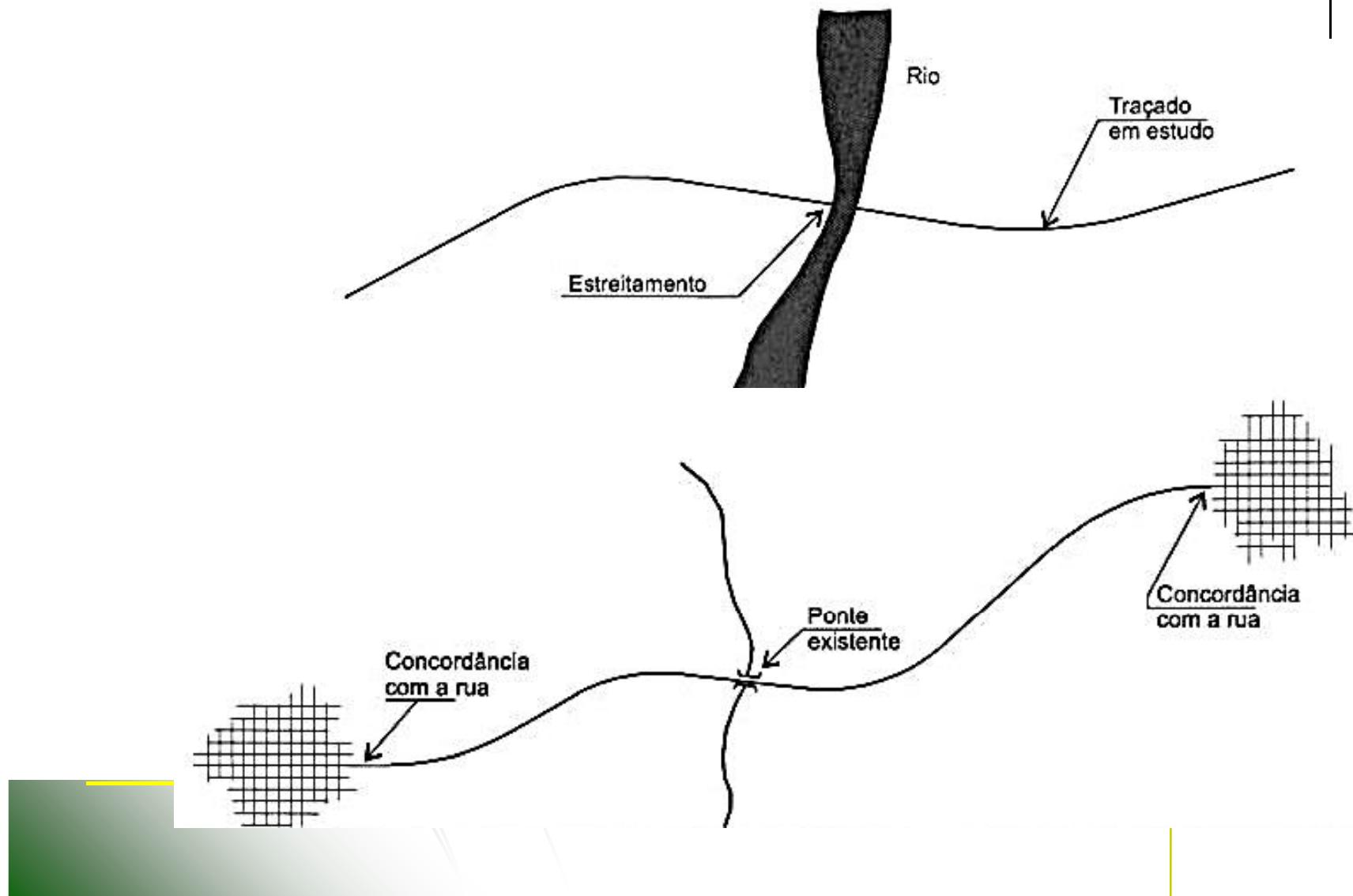


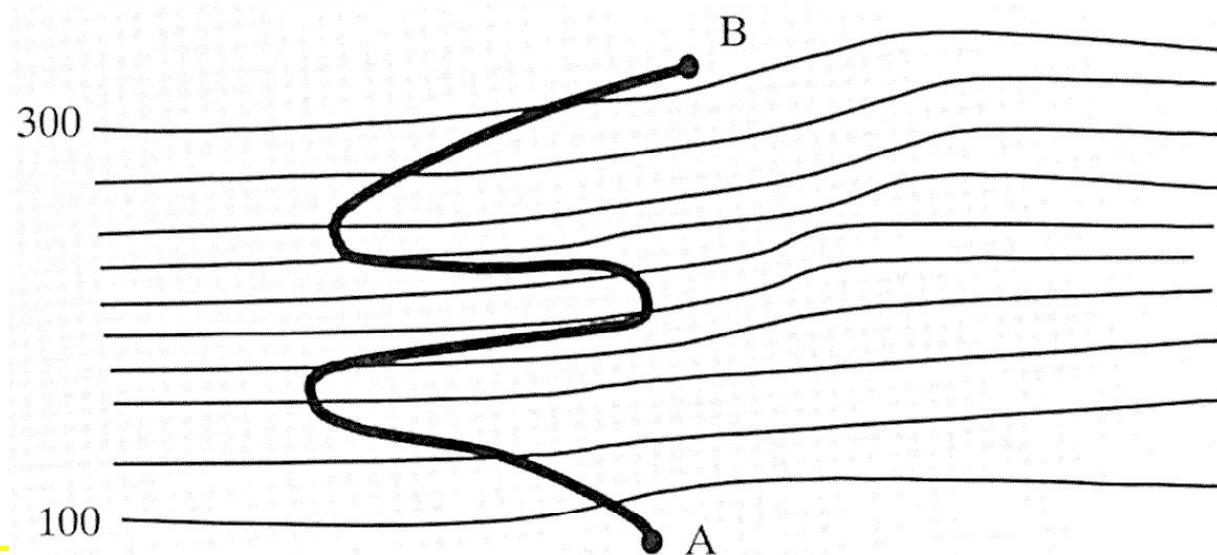
# Traçado da rodovia

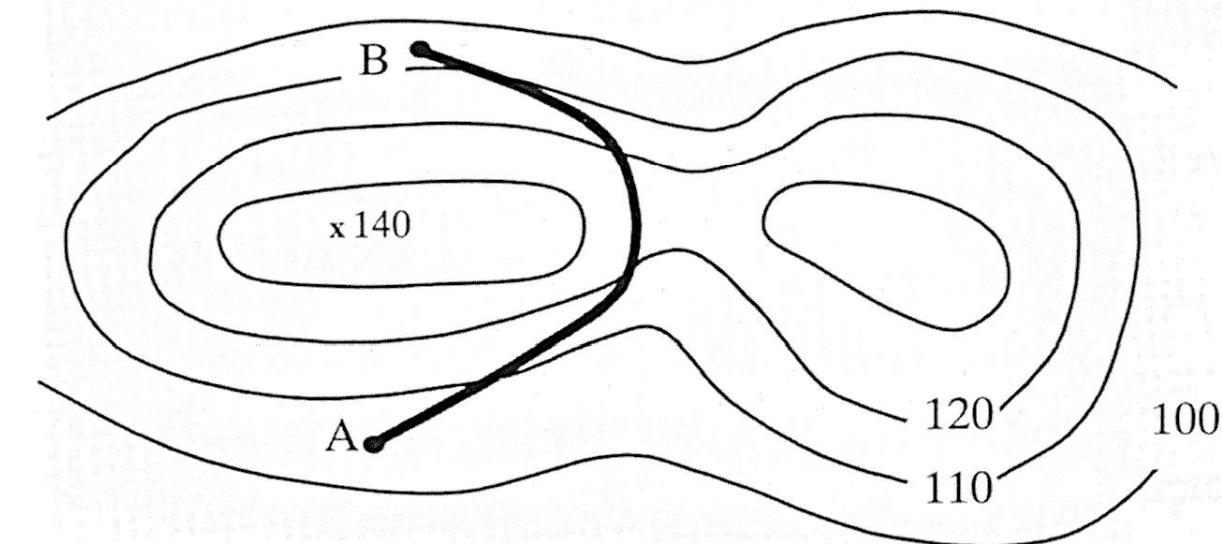
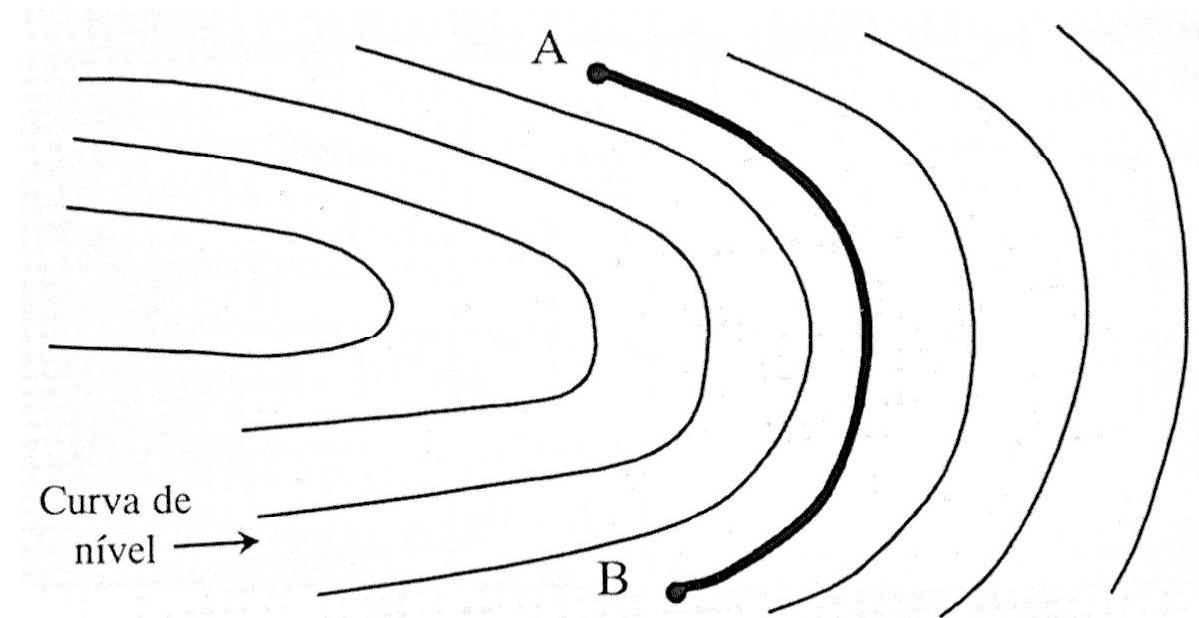




# Traçado da rodovia



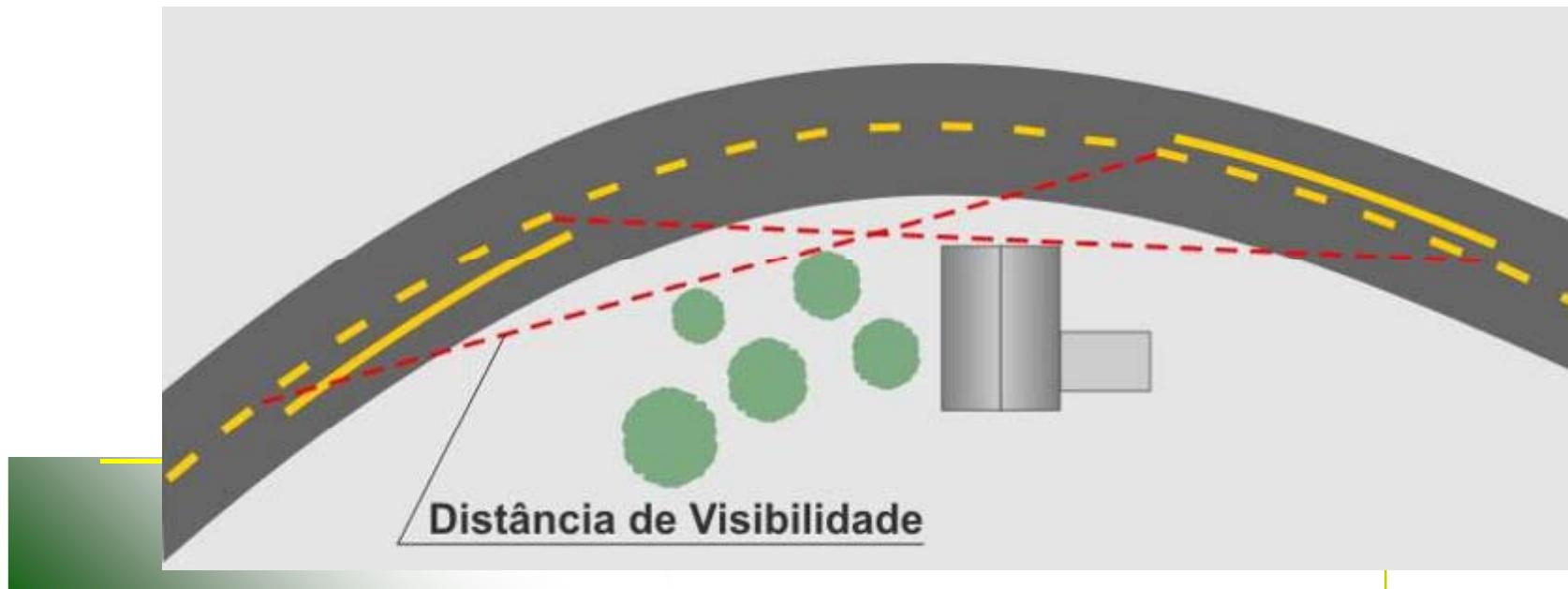




# Recomendações no traçado de rodovias



- Uso de curvas com raios bastante grandes, que propiciem distâncias de visibilidade adequadas mesmo nos trechos em curva. Curvas com raios muito grandes (maiores que 5.000 m, por exemplo) gera dificuldades para os motoristas no percurso;



# Recomendações no traçado de rodovias



- A extensão em tangente não deve ser maior que 3 km, não devendo ser maior que 2,5 vezes o comprimento médio das curvas adjacentes, nem maior que a distância percorrida por um veículo, na velocidade diretriz, durante o tempo de 1,5 minutos;
- Os traçados devem ser tão direcionais e adaptados a topografia quanto possível, devendo os ângulos de deflexão ( $I$ ) estarem situados entre  $10^\circ$  e  $35^\circ$ ;



# Recomendações no traçado de rodovias



- Nas extremidades de tangentes longas não devem ser projetadas curvas de pequeno raio;
- Raios de curvas consecutivas não devem sofrer grandes variações, devendo a passagem de zonas de raios grandes para zonas de raios pequenos ser feita de forma gradativa.



# Recomendações no traçado de rodovias



- Duas curvas horizontais de sentidos opostos devem ser concordadas, preferencialmente, com a tangente mínima necessária;
- Duas curvas horizontais de mesmo sentido não devem ser concordadas com tangente intermediária curta;

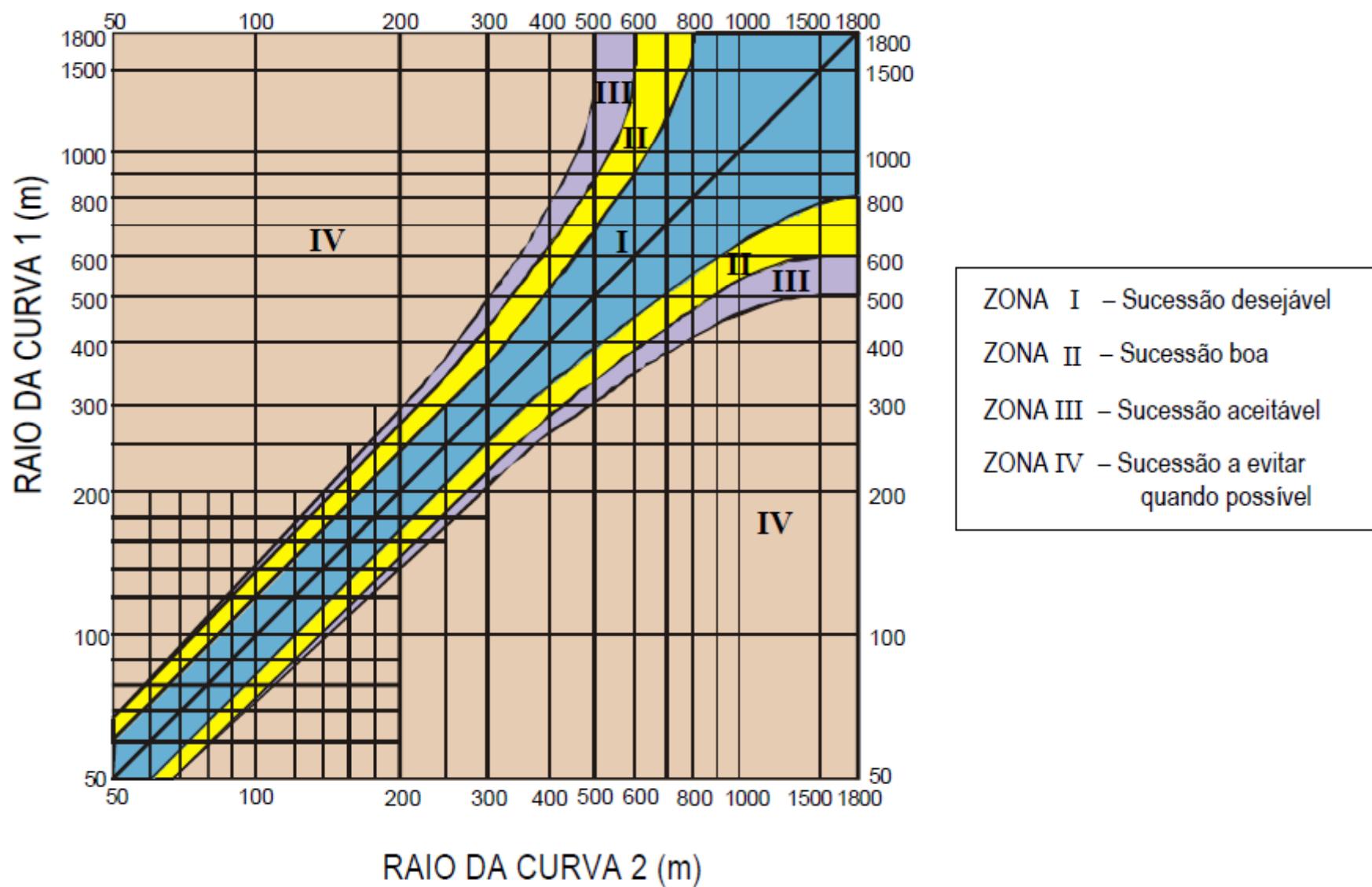


# Recomendações no traçado de rodovias

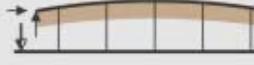
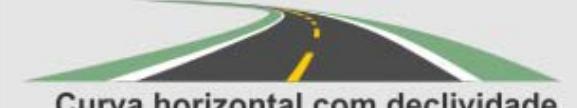


- O greide da rodovia deve resultar suave e uniforme, evitando-se as constantes quebras do alinhamento vertical e os pequenos comprimentos com rampas diferentes;
- Nos trechos em corte ou em seção mista, deve-se projetar o greide com declividade igual ou superior a 1,000 %; rampas inferiores requerem cuidados especiais quanto à drenagem; o mínimo permitido é de 0,350 %, limitado a uma extensão de 30,00 m.
- Nos trechos em corte, deve-se evitar concavidades com rampas de sinais contrários, para evitar problemas com a drenagem superficial;
- Em regiões planas, o greide deve ser preferencialmente elevado;

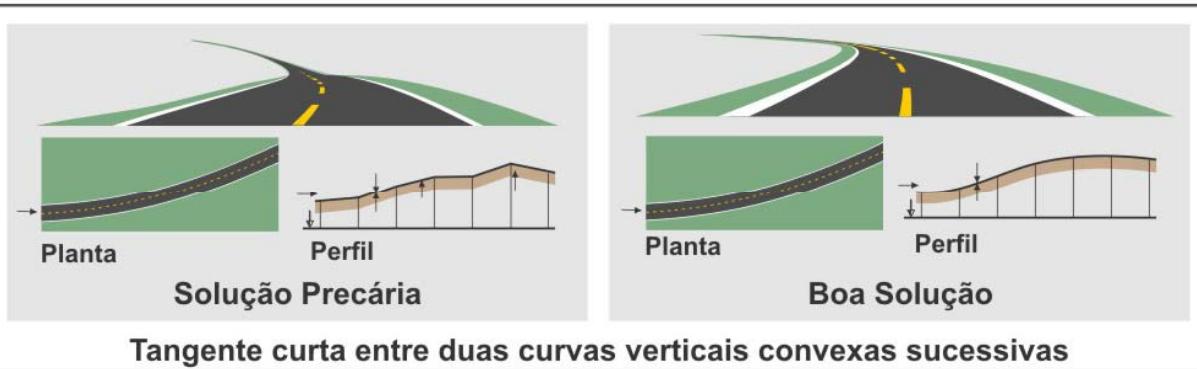
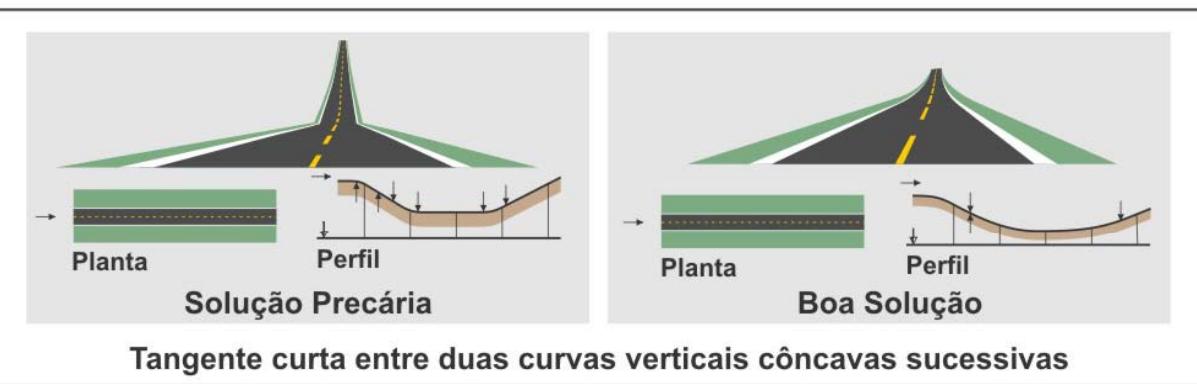
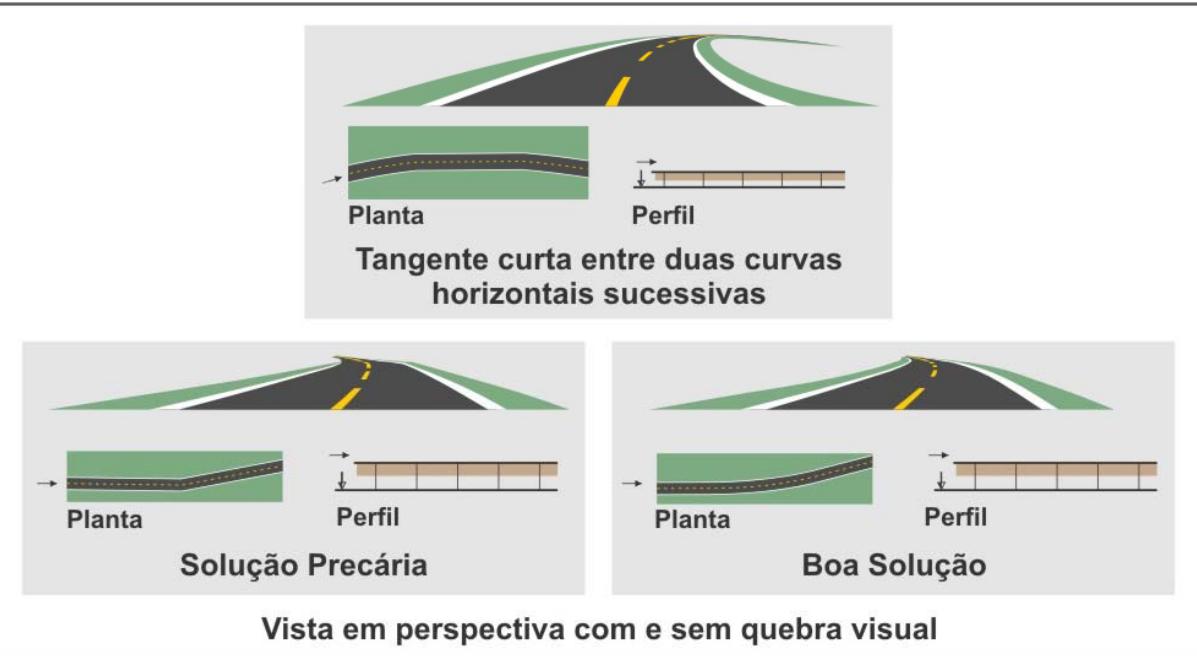
# Critérios para escolha de raios de curvas sucessivas



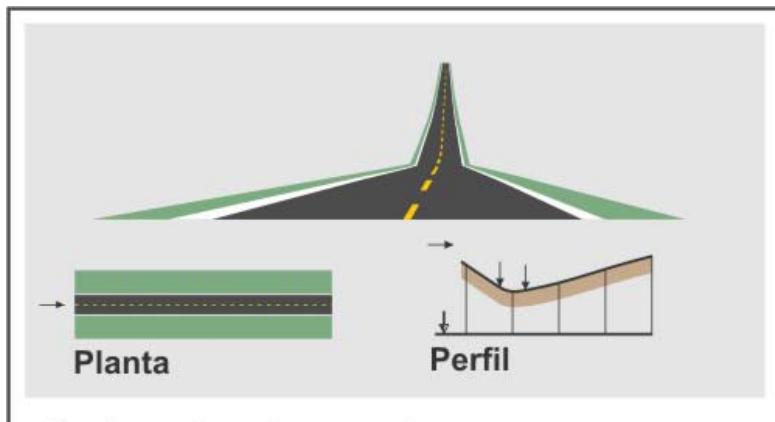
Fonte: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 66).

Elemento de Projeto em Planta	Elemento de Projeto em Perfil	Elemento de Projeto Tridimensional
		 Tangente com declividade longitudinal constante
		 Curva vertical côncava em tangente horizontal
		 Curva vertical convexa em tangente horizontal
		 Curva horizontal com declividade longitudinal constante
		 Curva vertical côncava em trecho curvo
		 Curva vertical convexa em trecho curvo

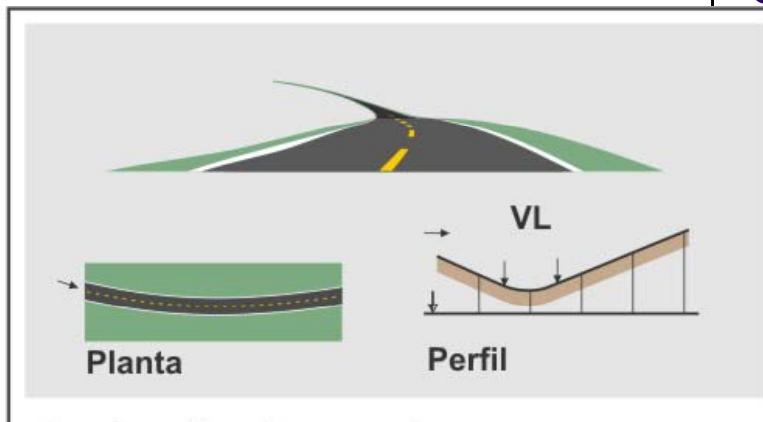
Fonte: DER, SP, 2006



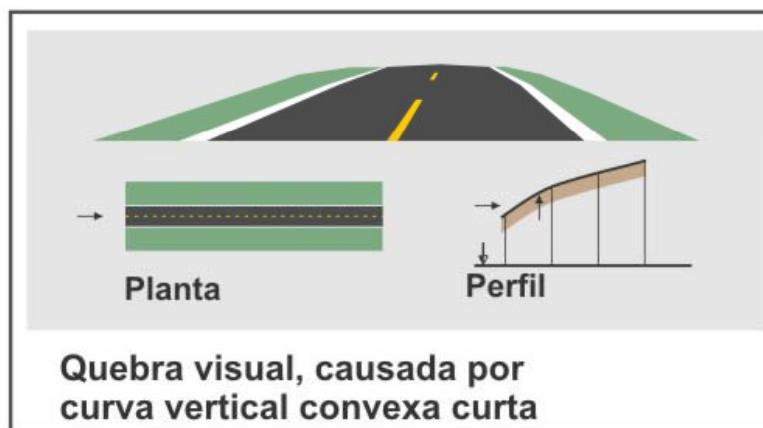
Fonte: DER, SP, 2006



Quebra visual, causada por tangente horizontal e curva vertical côncava curta

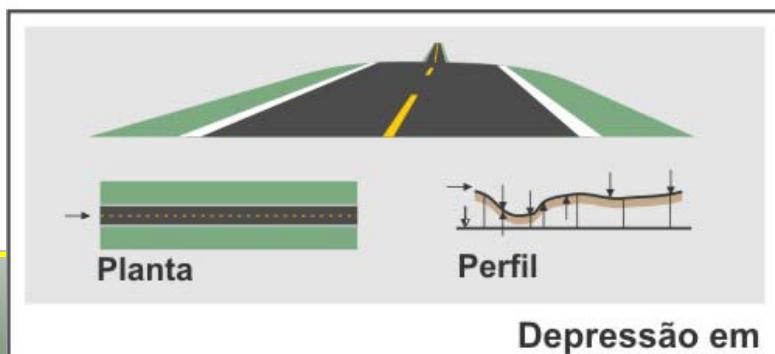


Quebra visual, causada por curva horizontal e curva vertical côncava curta

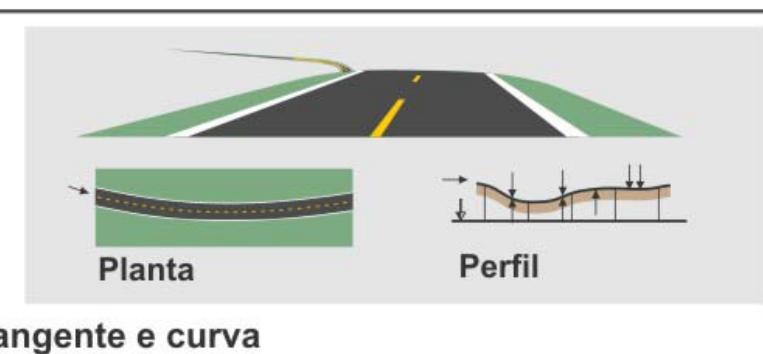


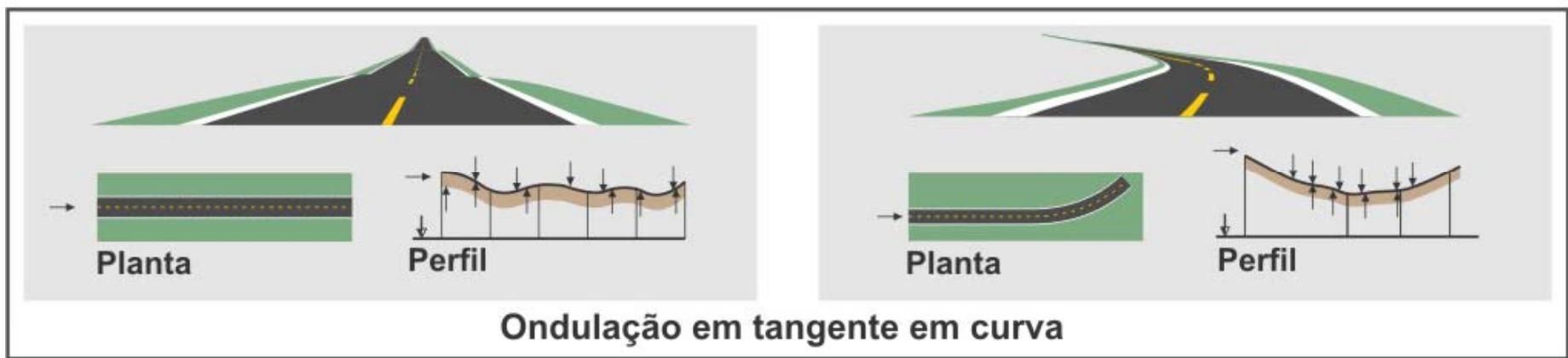
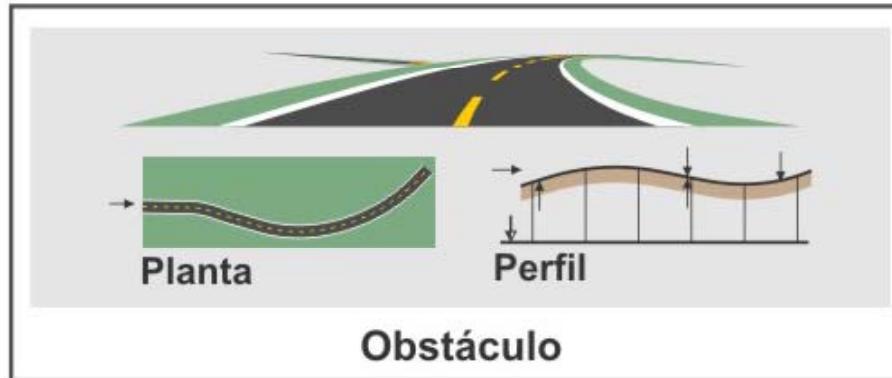
Quebra visual, causada por curva vertical convexa curta

Fonte: DER, SP, 2006



Depressão em tangente e curva





Fonte: DER, SP, 2006