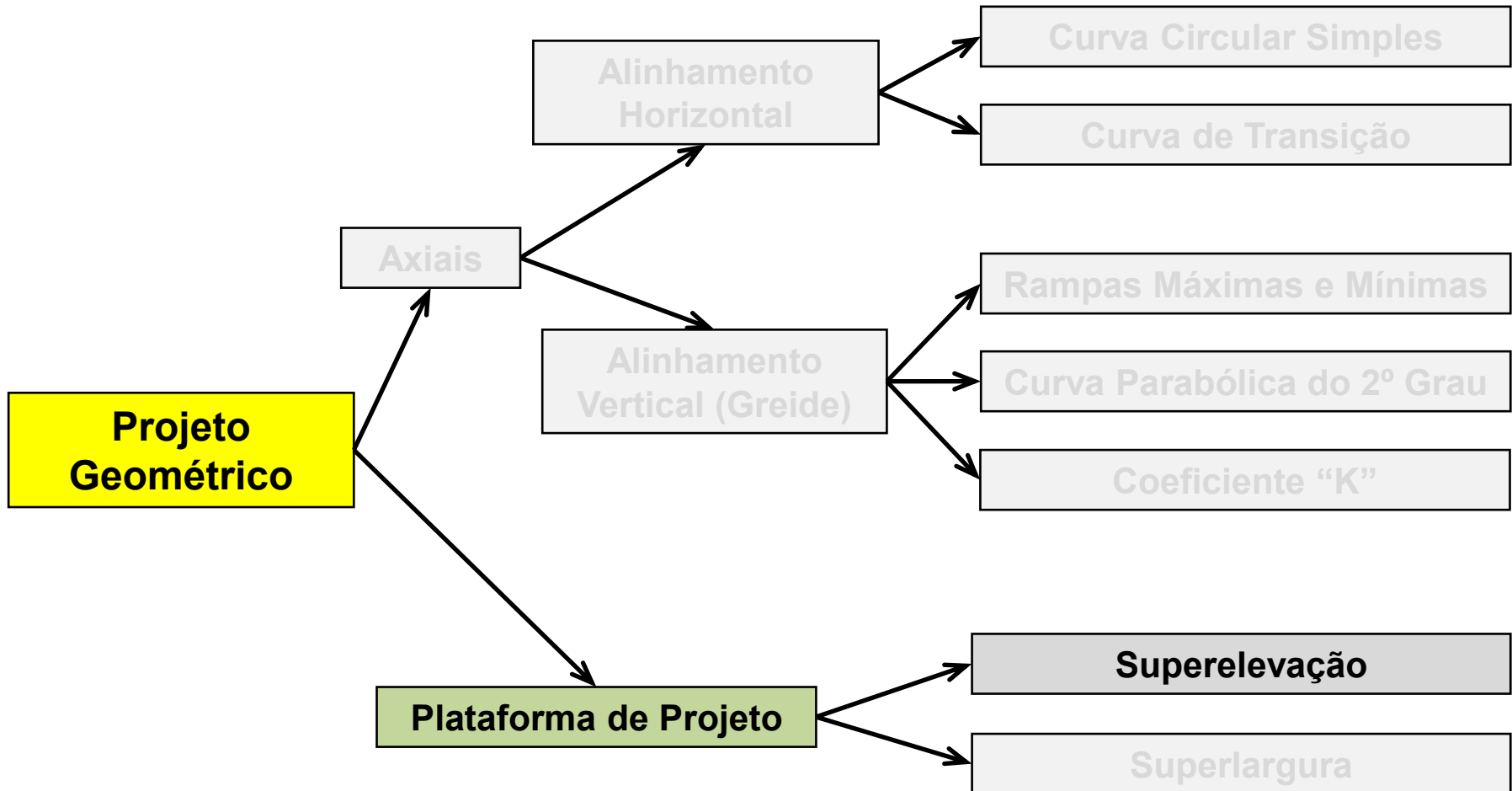


Superelevação de Rodovias

Parte Teórica



Elementos do Projeto Geométrico de uma Rodovia Rural



Ao se definir a velocidade diretriz para o projeto geométrico de uma rodovia, procura-se estabelecer, ao longo do traçado em projeto, condições tais que permitam aos usuários o desenvolvimento e a manutenção de velocidades de percurso próximas a esta velocidade de referência, em condições de conforto e segurança.

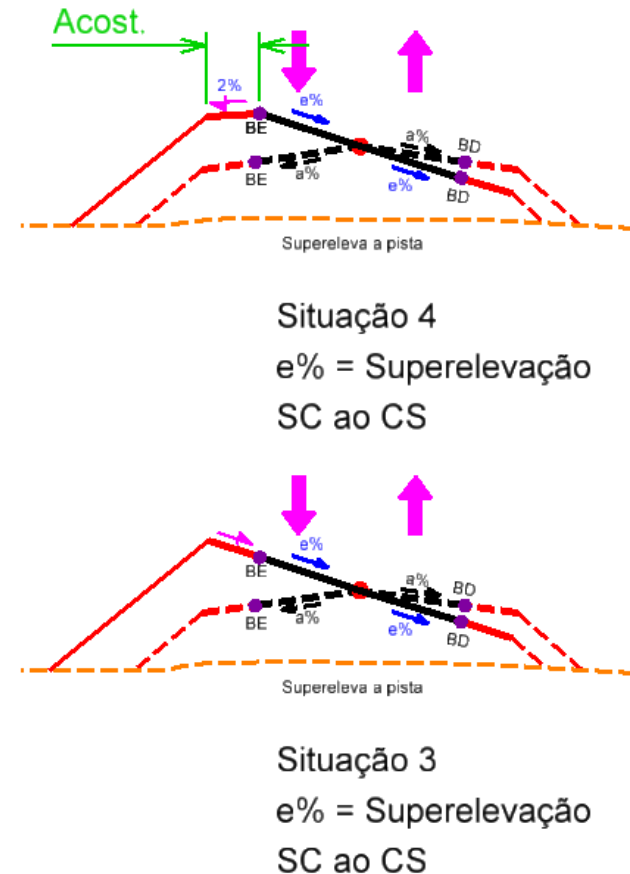
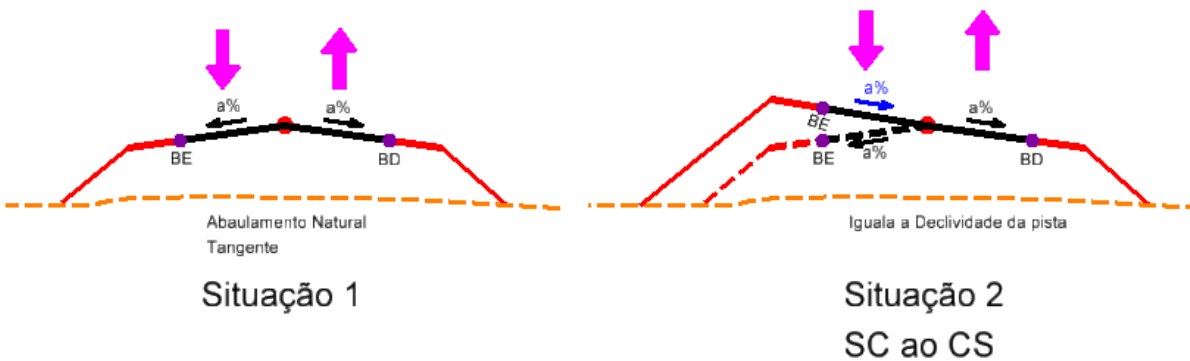
No projeto em planta, o eixo de uma rodovia é constituído por trechos em tangente e em curva, que apresentam condições de operação naturalmente diferentes.

Quando percorre um trecho em tangente (desconsiderando-se, por ora, as condições em perfil), um usuário experimenta uma certa sensação de liberdade (ou facilidade) para efetuar pequenas manobras de ajuste lateral no seu curso, não estando sujeito, em princípio, a esforços laterais devidos à geometria da rodovia.

Num trecho em curva, entretanto, as condições operacionais se alteram, devido principalmente ao surgimento de esforços laterais, que passam a atuar sobre o veículo, e devido à sensação de maior confinamento que um trecho em curva impõe ao usuário que a percorre. Estes fatores podem afetar, em seu conjunto, a disposição do usuário em manter a mesma velocidade de operação nos trechos em tangente e nos trechos em curva.

Visando minimizar o impacto negativo desses fatores inerentes aos trechos curvos, são introduzidos os conceitos de superelevação e de superlargura que, devidamente considerados nos projetos das curvas horizontais, ensejam condições de operação mais homogêneas para os usuários ao longo das rodovias.

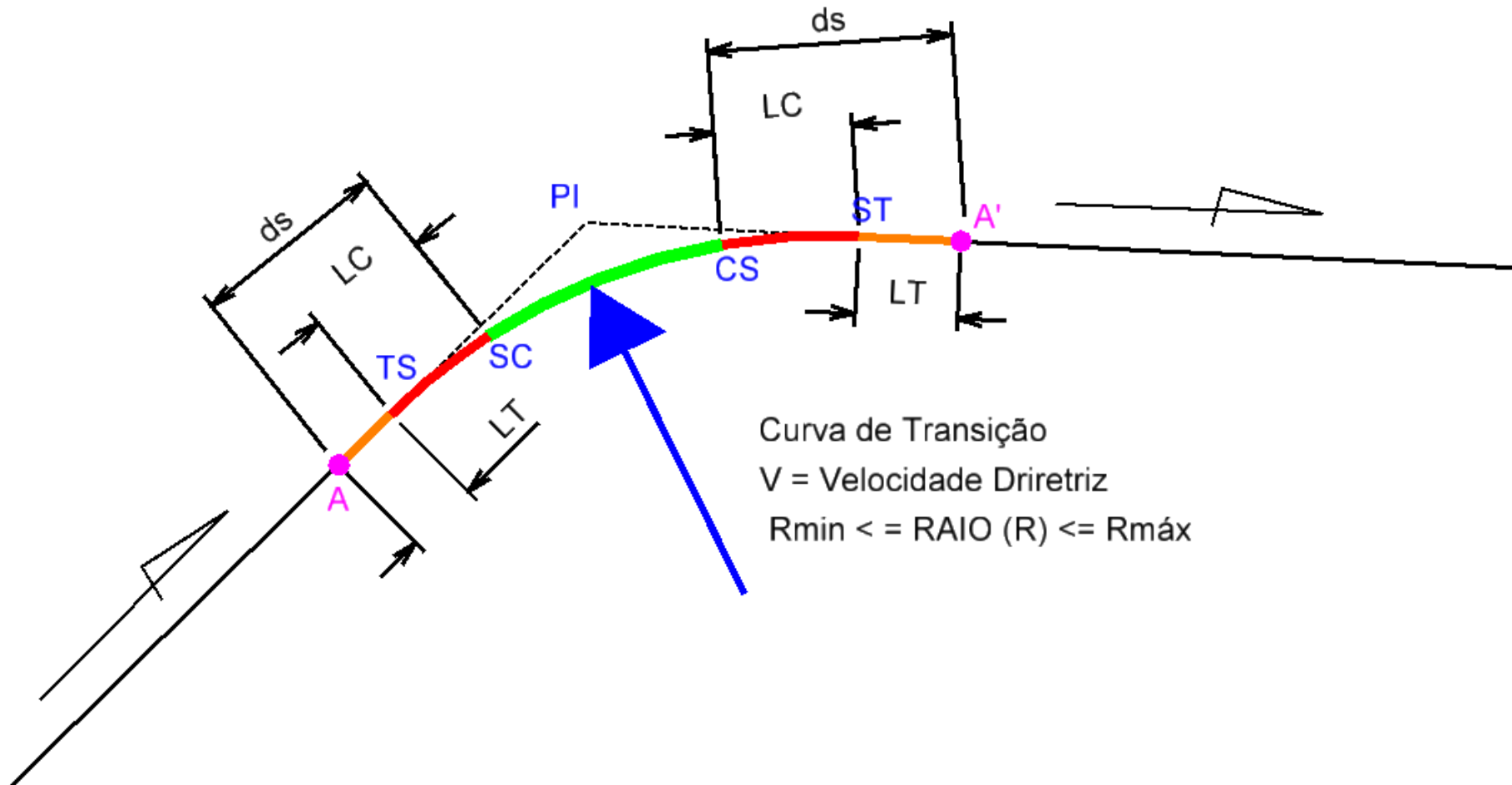
Exemplos: Pivô no Eixo da pista



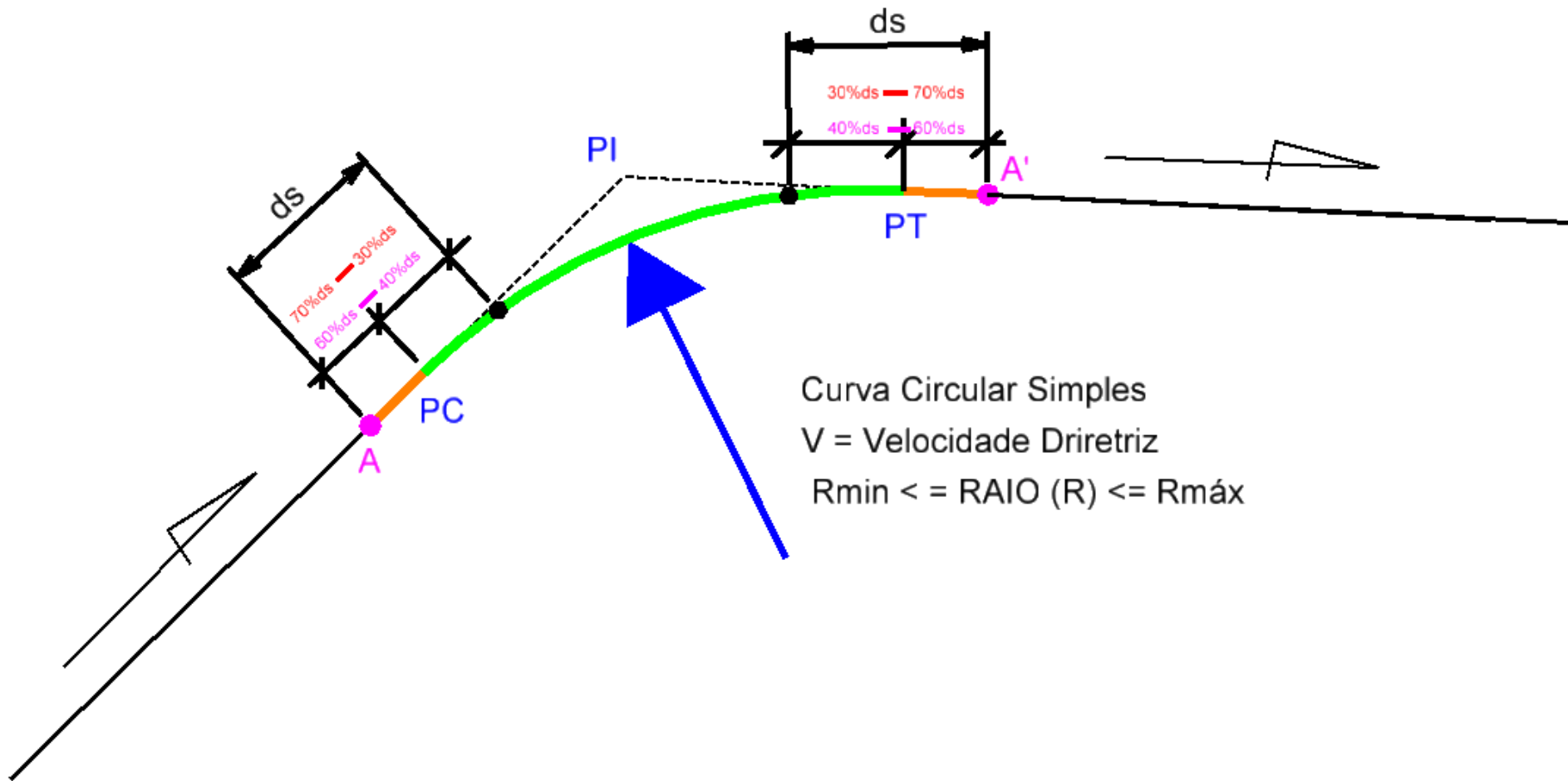
$a\%$ = Declividade Transversal da Semi-pista de rolamento

$a\%$ = 2% ; 3% ; 4%

Superelevação



Superelevação



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

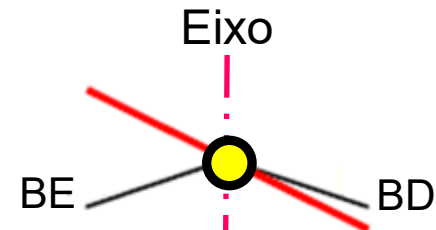


<https://www.youtube.com/watch?v=Lfq63b2UvHw>

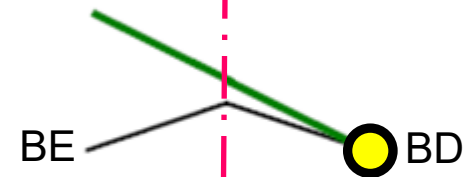
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

PROCESSOS DE VARIAÇÃO (Pista Simples):

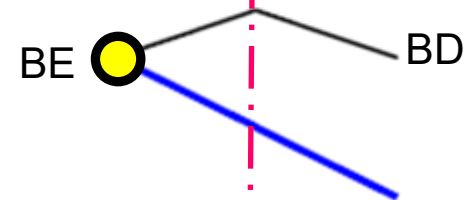
Giro em torno do eixo da pista
(Mais Usado)



Giro em torno do bordo interno



Giro em torno do bordo externo



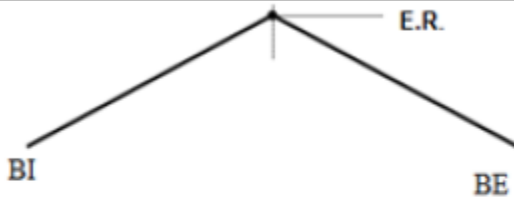
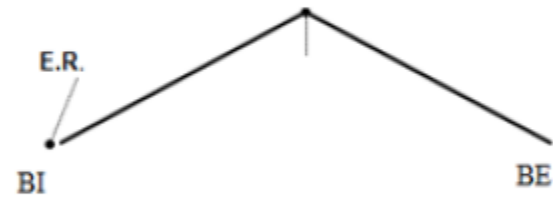
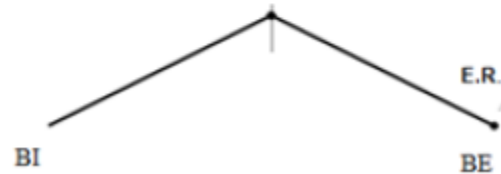
 **Pivô de Giro**

Curva para Direita (BD = Bordo Interno e o BE = Bordo Externo)

Curva para Esquerda (BD = Bordo Externo e o BE = Bordo Interno)

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Abaixo exemplo de Curva para a Esquerda

CONDIÇÃO	POSIÇÃO ATUAL	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA
Caso geral sem restrição às cotas ou abaixamento/elevação dos bordos. Distribuição simétrica das variações altimétricas	Um eixo de rotação coincidente com o eixo da pista	 Diagrama de uma curva de superelevação para a esquerda. O eixo de rotação (E.R.) é central, coincidente com o eixo da pista. As linhas de perfil (BI e BE) são simétricas em relação ao eixo central.
Evitar problemas de drenagem no lado interno das curvas. Realçar curva após longa tangente em nível. Uso do solo condicionante	Um eixo de rotação coincidente com o bordo da pista do lado interno da curva	 Diagrama de uma curva de superelevação para a esquerda. O eixo de rotação (E.R.) é deslocado para o lado interno da curva (lado esquerdo). A linha de perfil (BI) é mais baixa que a (BE).
Favorecer a aparência e a estética. Uso do solo condicionante	Idem, coincidente com o bordo da pista do lado externo da pista.	 Diagrama de uma curva de superelevação para a esquerda. O eixo de rotação (E.R.) é deslocado para o lado externo da curva (lado direito). A linha de perfil (BE) é mais baixa que a (BI).

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

5.4.5.3 Necessidade de superelevação

Para cada Velocidade Diretriz considerada existe um valor de raio para o qual a aceleração centrífuga é tão pequena que pode ser desprezada, tratando-se o trecho como se fosse em tangente, seja porque o valor teoricamente já seria muito pequeno, seja por questões de aparência, ou por condições relativas à mudança no sentido de declividade transversal da pista. Para fins práticos é apresentado o Quadro 5.4.5.1.

Quadro 5.4.5.1 - Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

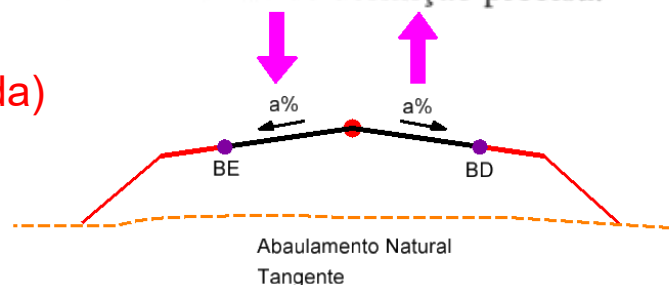
Convém salientar que os valores apresentados devem ser encarados essencialmente como indicadores de ordem de grandeza, não se justificando tentativas de definição precisa.

EX: V=70km/h (Classe 2 – Região Ondulada)

Raio = 2500m

e%=Não Precisa

Abaulamento Natural



Situação 1

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

3ª Hipótese - para raios crescentes a partir do raio mínimo reduzir gradual e simultaneamente a taxa de superelevação e a força de atrito até atingir a taxa mínima de superelevação admissível. Esta 3ª Hipótese revelou-se como a mais adequada do ponto de vista da segurança e conforto dos motoristas e para sua aplicação prática adotou-se a curva de variação expressa pela equação:

$$e = e_{\max} \left(\frac{2R_{\min}}{R} - \frac{R_{\min}^2}{R^2} \right)$$

Onde:

e = taxa de superelevação a adotar (m/m)

$e_{\max}$ = taxa máxima de superelevação adotada (m/m)

R = raio da curva (m)

$R_{\min}$ = raio mínimo para a taxa máxima de superelevação adotada para a velocidade diretriz em questão (m)

Superelevação

Tabela 1 - Resumo Classificação das Estradas de Rodagem – Página 241

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE 0			CLASSE I			CLASSE II		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	120	100	80	100	80	60	100	70	50
Distância de visibilid. de parada: – mínimo desejável	m	310	210	140	210	140	85	210	110	65
	m	205	155	110	155	110	75	155	90	60
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	–	–	–	680 ^(IB)	560 ^(IB)	420 ^(IB)	680	490	350
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	540	345	210	345	210	115 ⁽¹⁾	375	170	80
Taxa de superelevação máxima	%	10	10	10	10	10	10 ⁽²⁾	8	8	8
Rampa máxima	%	3	4	5	3	4½	6	3	5	7
Valor K para curvas convexas: – mínimo desejável	m/%	233	107	48	107	48	18	107	29	10
	m/%	102	58	29	58	29	14	58	20	9
Valor K para curvas côncavas: – mínimo desejável	m/%	80	52	32	52	32	17	52	24	12
	m/%	50	36	24	36	24	15	36	19	11
Largura da faixa de trânsito	m	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,50	3,30
Largura do acostamento externo: – mínimo desejável	m	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	m	3,50	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00
Largura do acostamento interno: – pistas de 2 faixas	m	0,60-1,20	0,60-1,00	0,50-0,60	Somente para a classe IA. Aplicam-se os mesmos valores indicados para a classe 0.			–	–	–
	m	2,50-3,00	2,00-2,50	2,00-2,50				–	–	–
	m	3,00	2,50-3,00	2,50-3,00				–	–	–
Gabarito vertical (altura livre): – mínimo desejável	m	–	–	–	–	–	–	5,50	5,50	5,50
	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	4,50	4,50	4,50
Afast. mín. borda do acost.: – obstáculos contínuos	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Largura do canteiro central: – largura desejável	m	10 – 18	10 – 18	10 – 18	10 – 12	10 – 12	10 – 12	–	–	–
	m	6 – 7	6 – 7	6 – 7	≥ 6	≥ 6	≥ 6	–	–	–
	m	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7	3 – 7	–	–	–

Observações: ⁽¹⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 125 m. ⁽²⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 8%.

⁽³⁾ Preferivelmente 3,50 m quando for previsto volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 vph (DNER, 1999, p. 144).

Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 161-166).

Tabela 1 - Resumo Classificação das Estradas de Rodagem – Página 241

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE III			CLASSE IV A			CLASSE IV B		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Distância de visibilidade de parada: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m	140	85	45	85	45	30	85	45	30
	m	110	75	45	75	45	30	75	45	30
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	560	420	270	420	270	180	420	270	180
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	230	125	50	125	50	25	125	50	25
Taxa de superelevação máxima	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rampa máxima	%	4	6	8	4	6	8	6	8	10 ⁽¹⁾
Valor K para curvas convexas: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m/%	48	18	5	18	5	2	18	5	2
	m/%	29	14	5	14	5	2	14	5	2
Valor K para curvas côncavas: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m/%	32	17	7	17	7	4	17	7	4
	m/%	24	15	7	15	7	4	15	7	4
Largura da faixa de trânsito	m	3,50	3,30	3,30	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50
Largura do acostamento externo	m	2,50	2,00	1,50	1,30	1,30	0,80	1,00	1,00	0,50
Gabarito vertical (altura livre): – mínimo desejável – mínimo absoluto	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
	m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Afastam. mín. borda do acost.: – obstáculos contínuos – obstáculos isolados	m	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Observação: ⁽¹⁾ Em extensão limitada a 300 m contínuos.

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

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)



$$e = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$

R= Raio da Curva

μ = Coeficiente de atrito

$e_{\text{máx}}$ = Superelevação máxima

e = Superelevação

$R_{\text{mín}}$ = Raio mínimo circular (m)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal f_{max}	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Superelevação

Numa rodovia de Classe I, temos: $e_{\text{máx}}=10\%$, $V=90\text{km/h}$. Se uma curva nesta rodovia tem raio de 900m, calcular a superelevação a ser adotada.

$$V := 90 \text{ km/h} \quad e_{\text{máx}} := 10 \% \quad R := 900 \text{ m} \quad \mu := 0.14$$

$$R_{\text{mín}} := \frac{V^2}{127 \cdot \left(\frac{e_{\text{máx}}}{100} + \mu \right)} \quad R_{\text{mín}} = 265.748 \text{ m}$$

$$e\% := \frac{e_{\text{máx}}}{100} \cdot \left(\frac{2 \cdot R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right) \cdot 100 \quad e\% = 5.034 \%$$

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

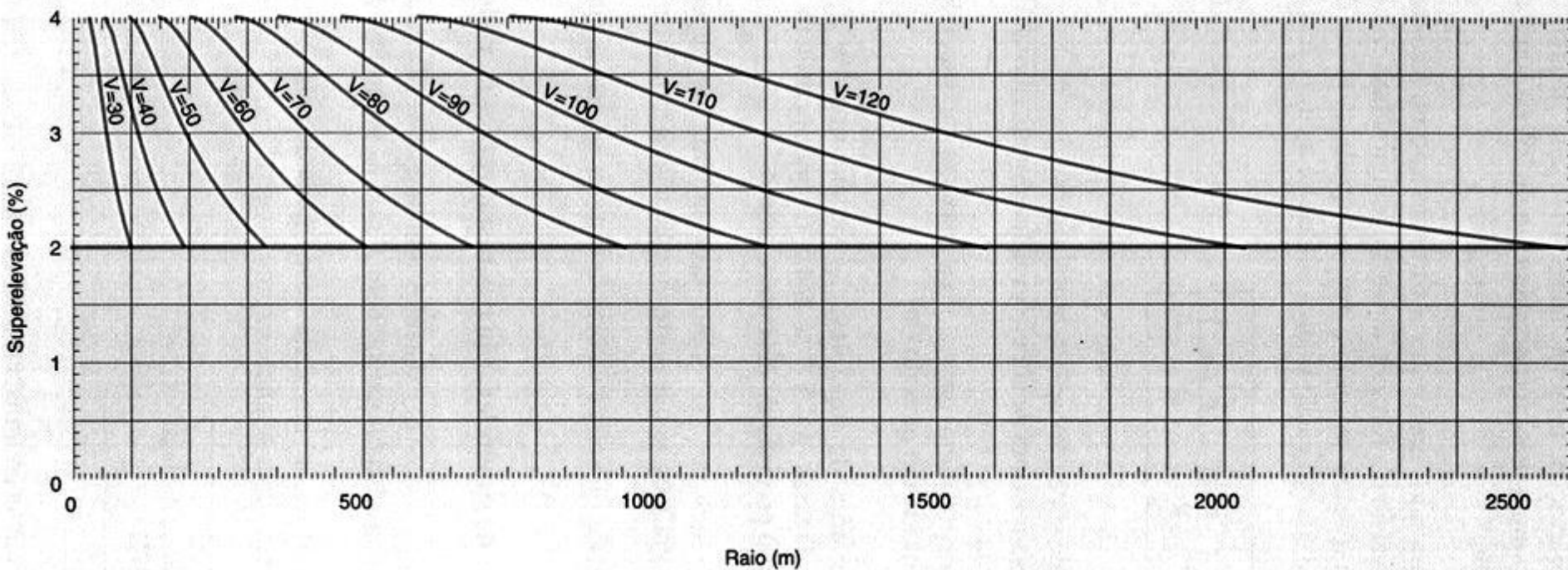
$$e_{\text{máx}} = 4\%$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

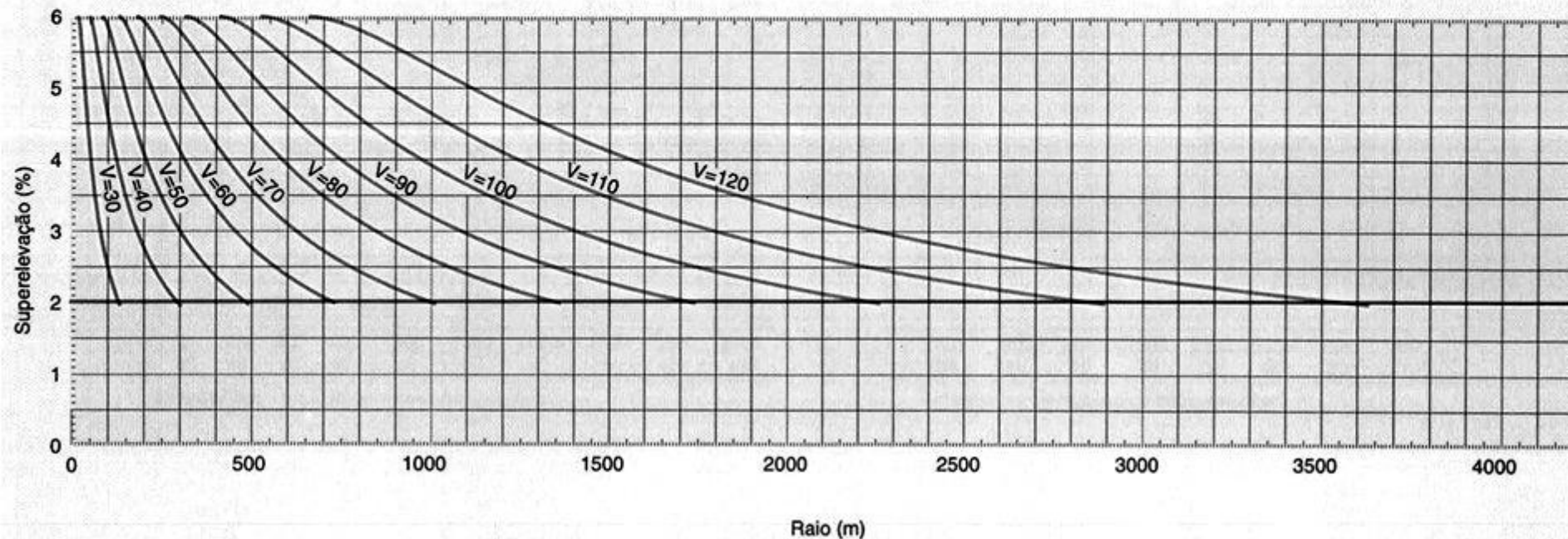
$$e_{\text{máx}} = 6\%$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

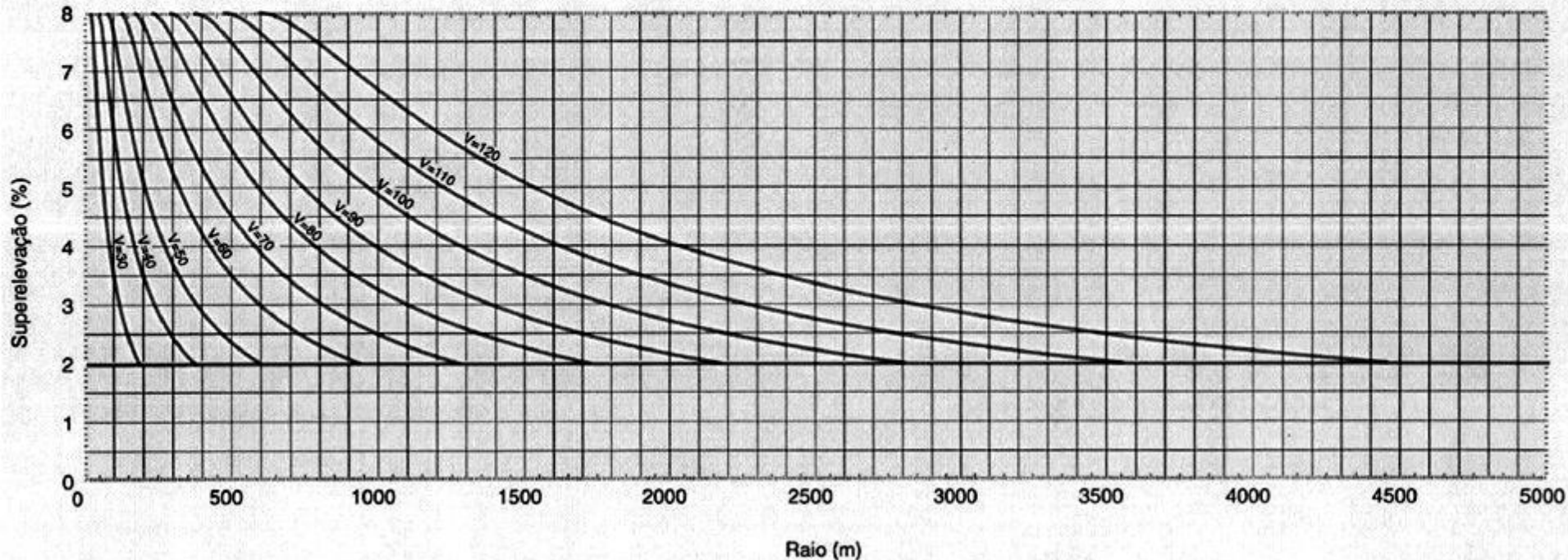
$$e_{\text{máx}} = 8\%$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação) – EX: Classe 2 – Região Ondulada

Tabela 1

V=70km/h

R=370m

e%=?

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

$$e_{\text{máx}} = 8\%$$

$e_{\text{máx}}$	8%
R (m)	370
$R_{\text{mín}}$ (m)	170
e (%)	5.66

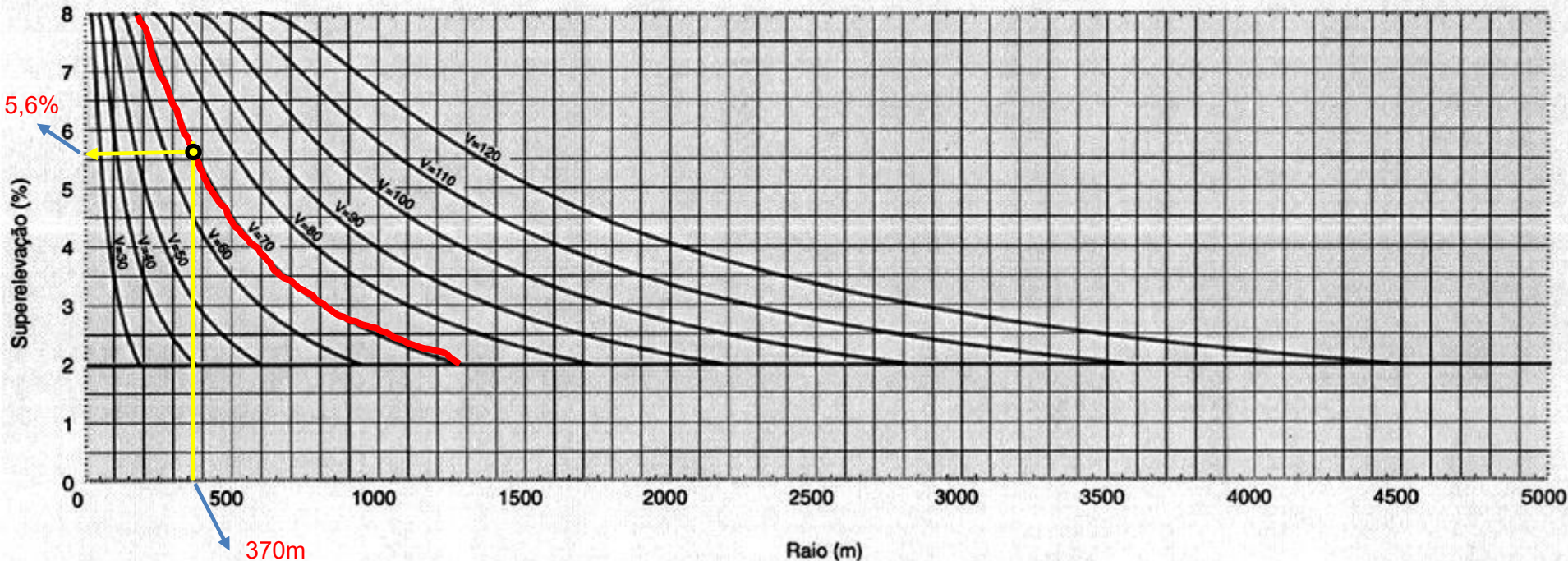
$$e = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

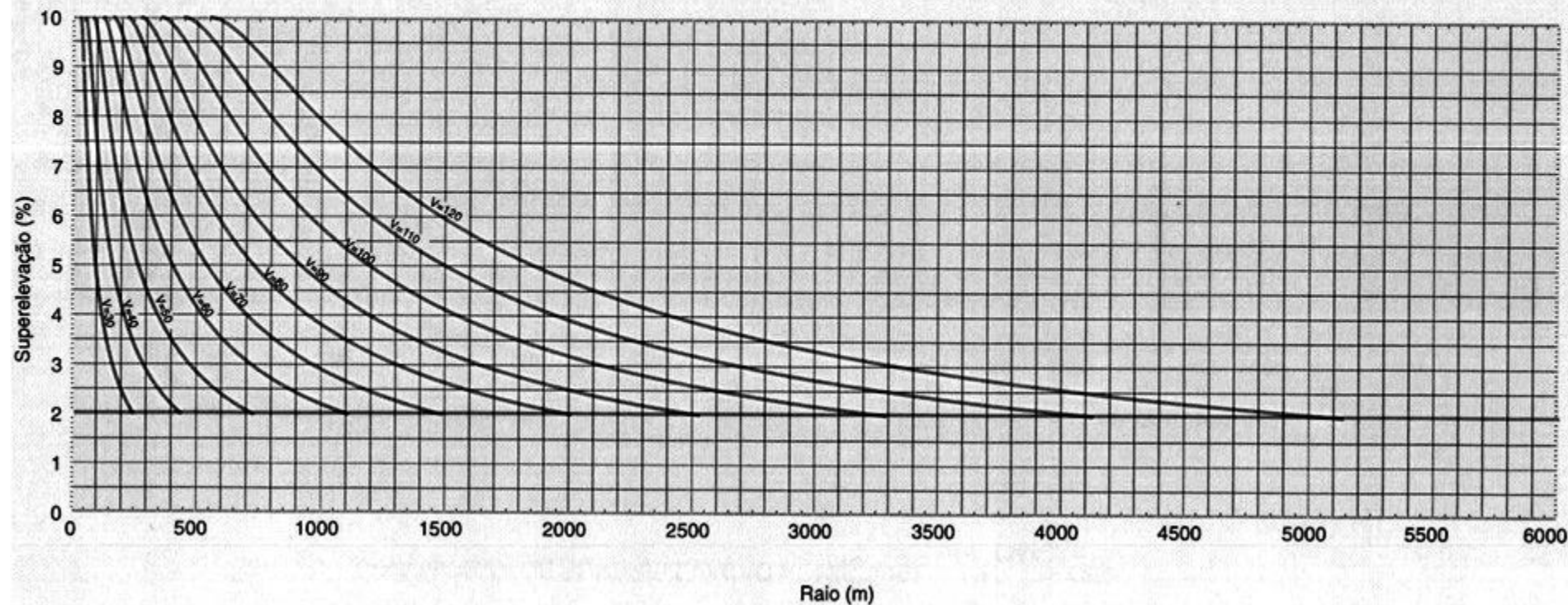
$$e_{\text{máx}} = 10\%$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

TAXA MÁXIMA DE SUPERELEVAÇÃO ADMISSÍVEL

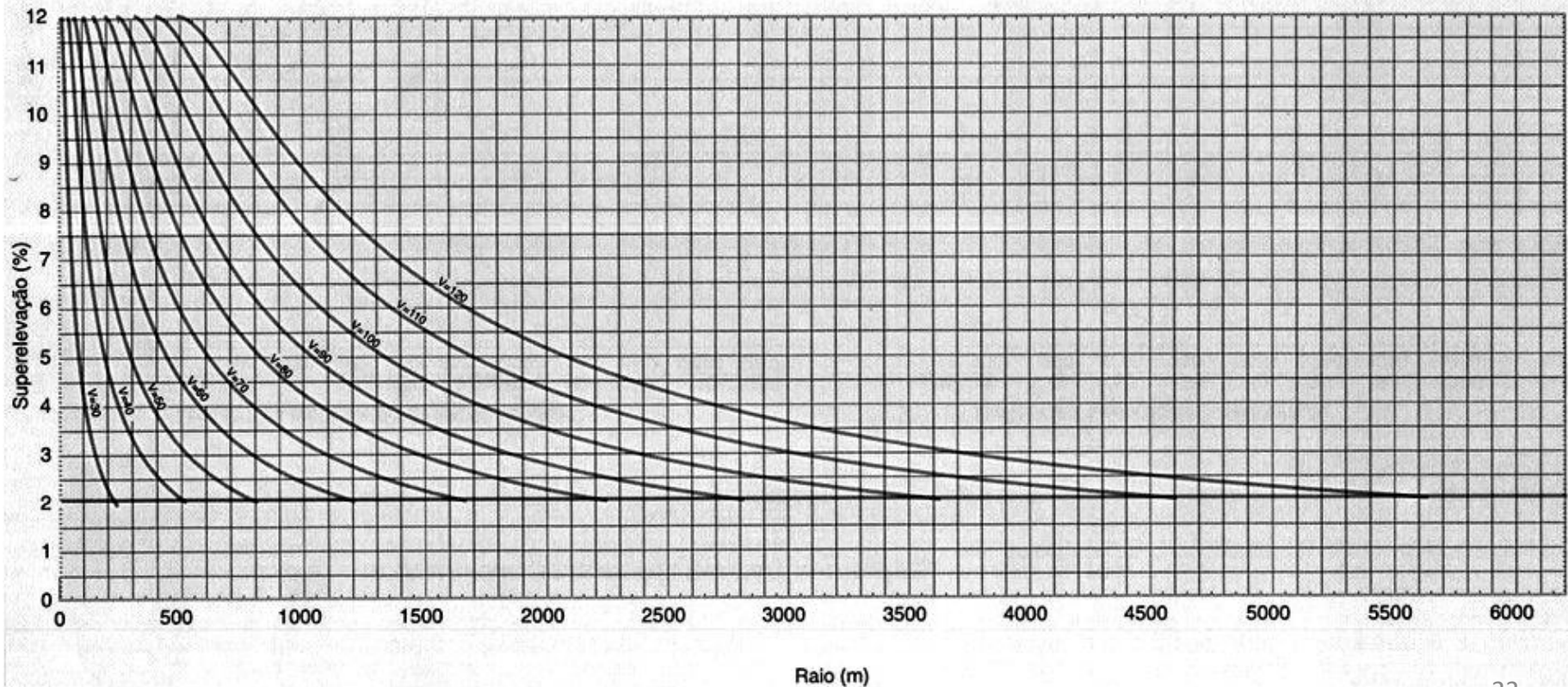
$$e_{\text{máx}} = 12\%$$

Limites para a adoção de curvas de transição

V	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Limites para a adoção de superelevação

V	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Valor mínimo de superelevação admissível

Para facilitar a drenagem das águas pluviais a seção transversal dos trechos em tangente apresenta declividade mínima transversal de 2%, considerada adequada para as condições brasileiras em geral. Pela mesma razão se adota esse valor para superelevação mínima, que não deve ser reduzido, a não ser em casos especiais, devidamente justificados. Evidentemente, por considerações de coerência, a declividade mínima de uma pista superelevada será igual à declividade transversal fixada para seção normal em tangente.

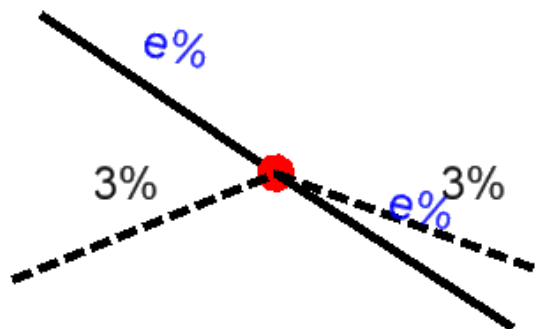
Valores máximos de superelevação admissíveis

O valor máximo admissível para a superelevação é condicionado por diversos fatores, tais como:

- Grande possibilidade do fluxo de tráfego operar a velocidades bem abaixo da velocidade diretriz, devido à frequência de veículos comerciais, condições de rampa, interseções em nível e congestionamento;
- A velocidade diretriz e a classe de projeto;
- Comprimento de transição da superelevação com viabilidade prática, principalmente nos casos de curvas reversas e pistas com muitas faixas;
- Razões econômica, visando, por exemplo, poupar estruturas existentes e reduzir os custos de construção e manutenção.

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

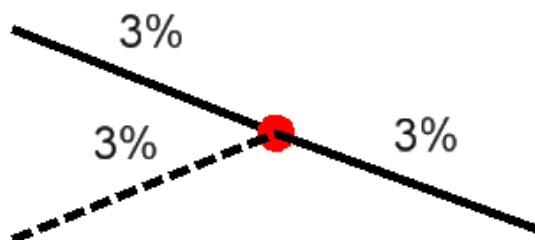
$e\% > 3,0\%$



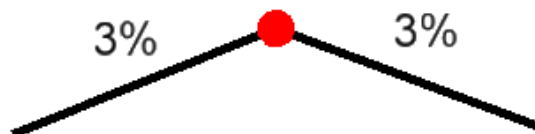
Curva - Situação 2

$$e = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$

$e\% < 3,0\%$ ou $e\% = 3,0\%$



Curva - Situação 1

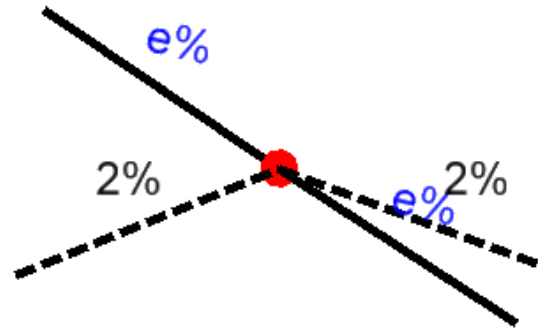


Tangente - Abaulamento Natural

Superelevação

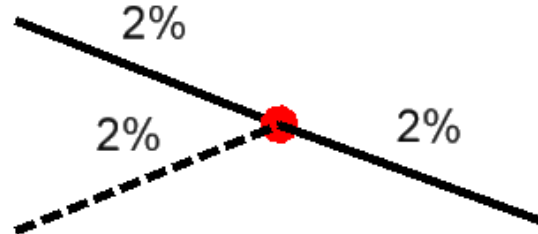
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

$e\% > 2,0\%$

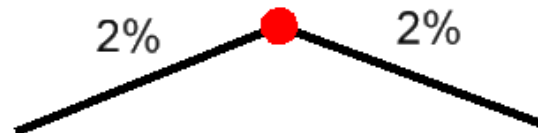


Curva - Situação 2

$$e = e_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{2R_{\text{mín}}}{R} - \frac{R_{\text{mín}}^2}{R^2} \right)$$



Curva - Situação 1



Tangente - Abaulamento Natural

$e\% < 2,0\%$ ou $e\% = 2,0\%$

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

A consideração conjunta das condicionantes acima referidas conduz aos valores práticos recomendados para a taxa máxima admissível de superelevação, mencionados a seguir:

$e_{\max}=12\%$ - A taxa máxima prática admissível para a superelevação de projetos rodoviários é de 12%. Seu emprego deve ser limitado aos casos de melhorias e correção de situações perigosas existentes sem alteração dos raios em planta (por economia ou impossibilidade). Deverá ser verificada a incidência de veículos lentos, já que para esses, o aumento da superelevação será contra-indicada. No caso de projetos novos deve-se procurar aumentar os raios e não a superelevação. Para duplicação com aproveitamento de pista existente sem alterações, cada sentido pode ser atendido separadamente, se necessário.

$e_{\max}=10\%$ - Próprio para rodovias de padrão elevado, onde as condições topográficas, geométricas e de atrito lateral e os volumes de tráfego favoreçam elevadas velocidades e fluxo ininterrupto. Adotar para rodovias de Classe 0 em geral e Classe I em regiões planas e onduladas.

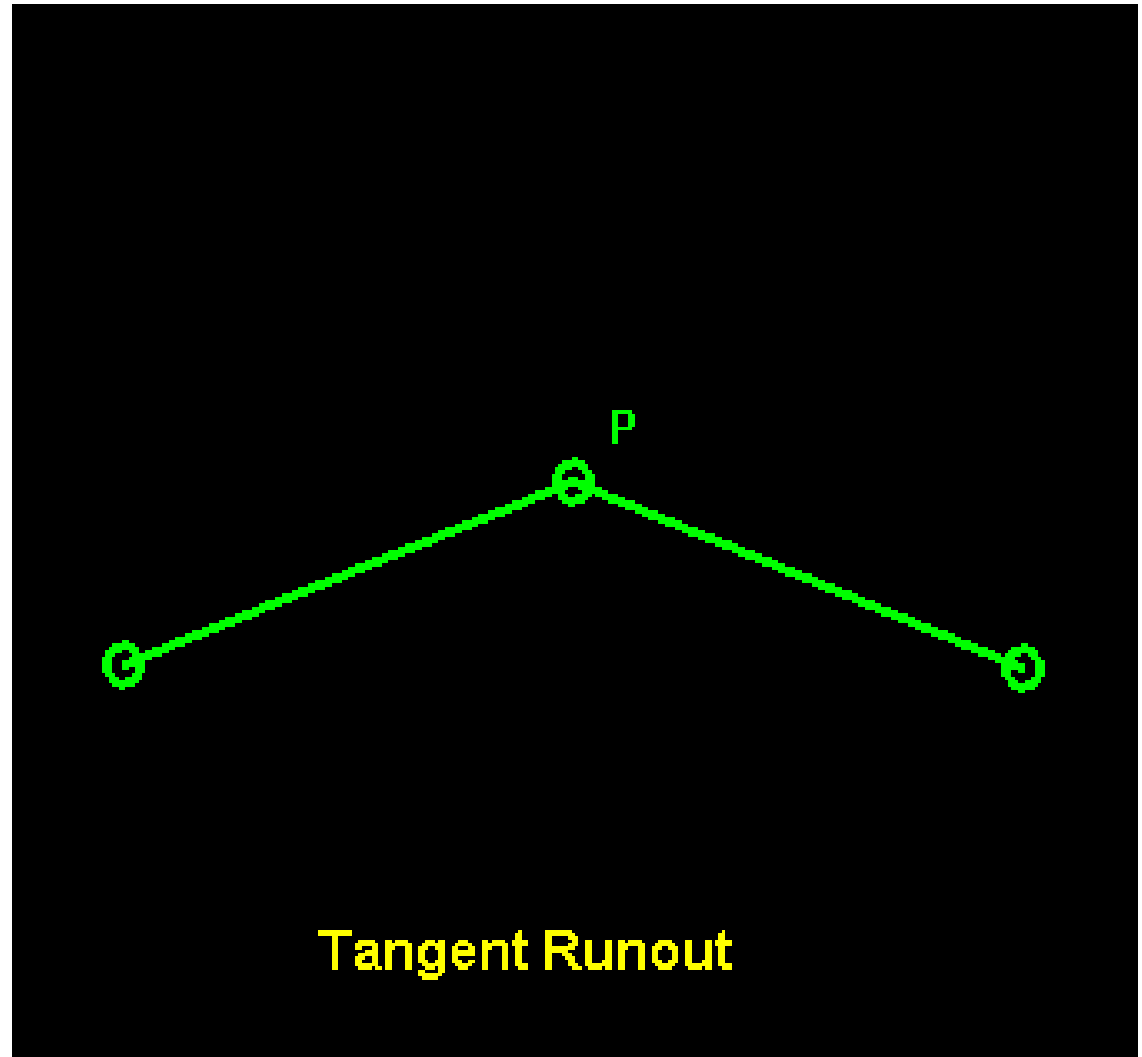
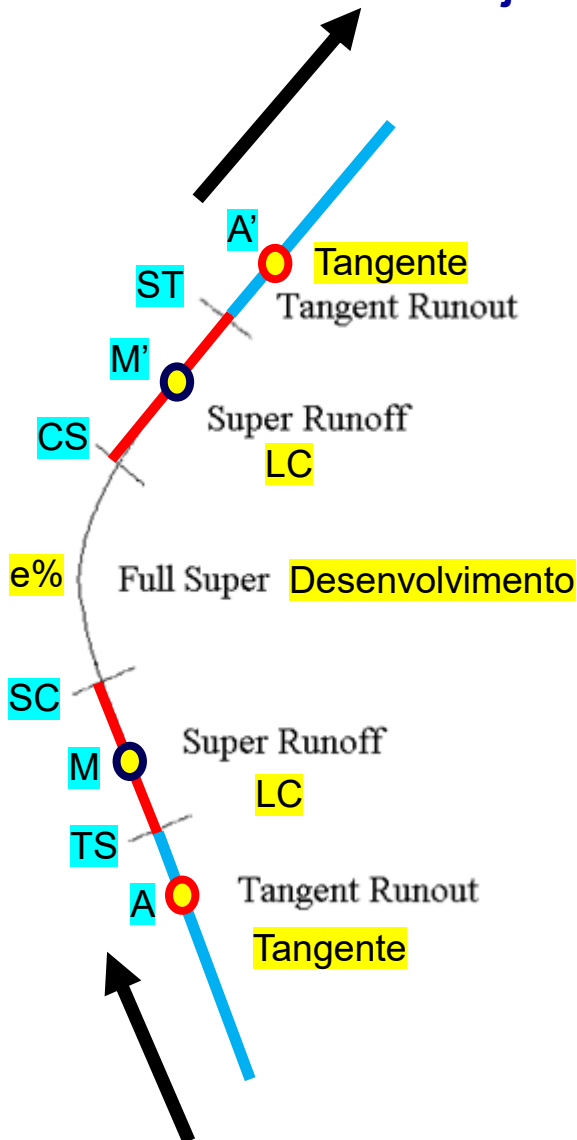
$e_{\max}=8\%$ - Em projetos de rodovias de padrão intermediário ou de rodovias de elevado padrão sujeitas a fatores (geralmente topográficos) que reduzam a velocidade média. Adotar para Classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto em geral.

$e_{\max}=6\%$ - Em projetos condicionados por urbanização adjacente e freqüentes interseções, que provocam redução da velocidade média.

$e_{\max}=4\%$ - Em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente e reduzida flexibilidade para variar as declividades transversais da pista, sem vias marginais.

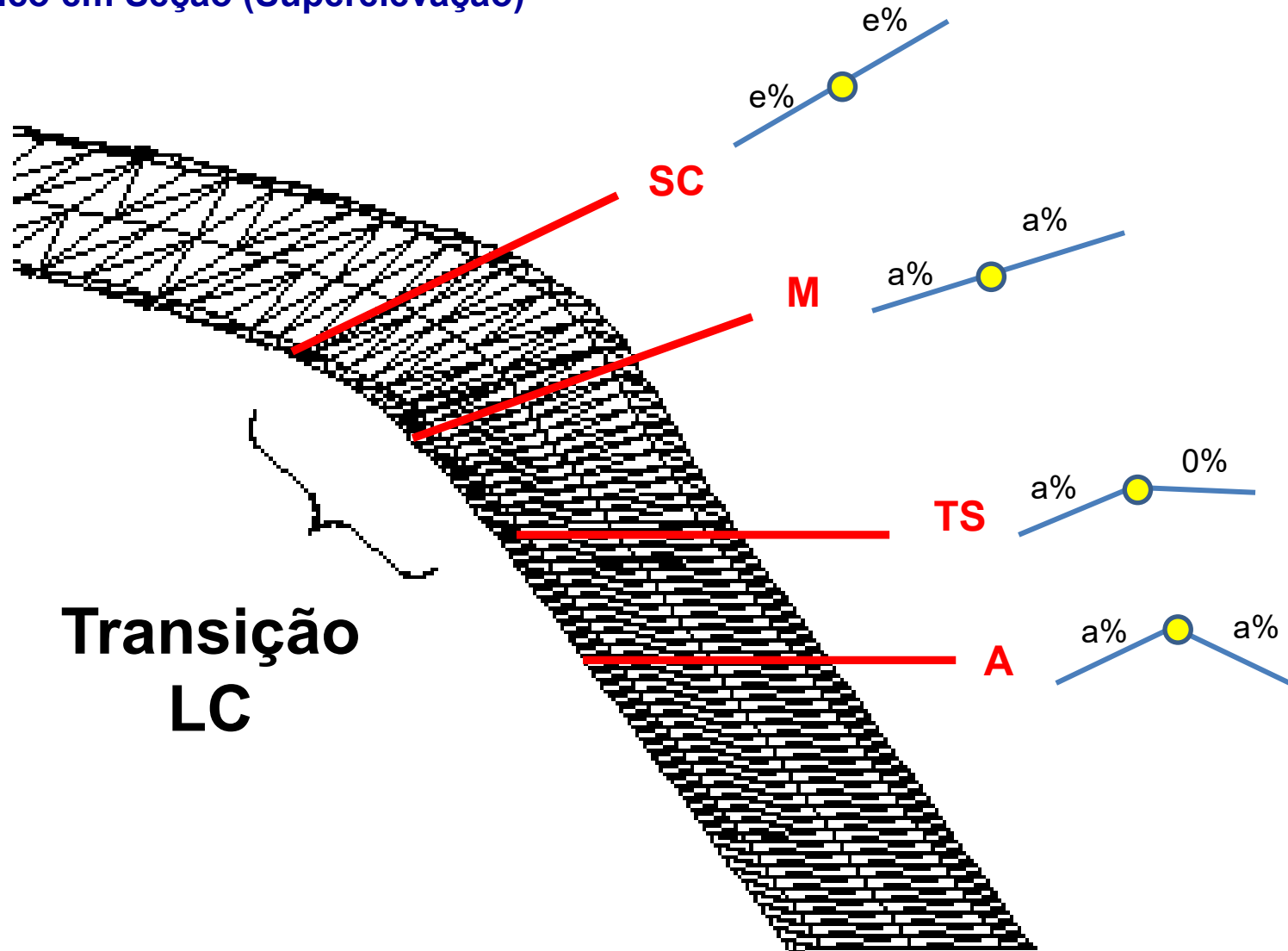
Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)



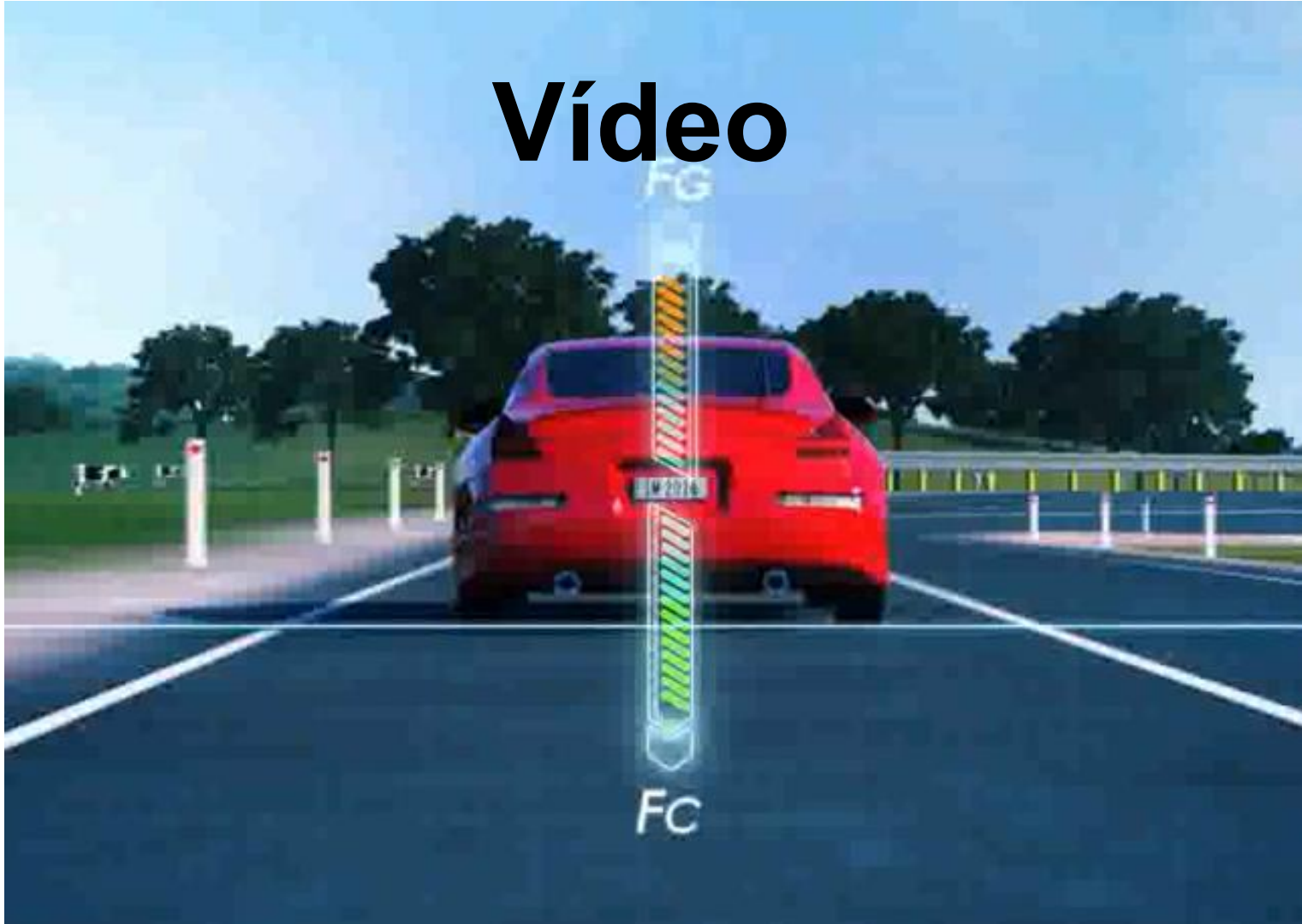
Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

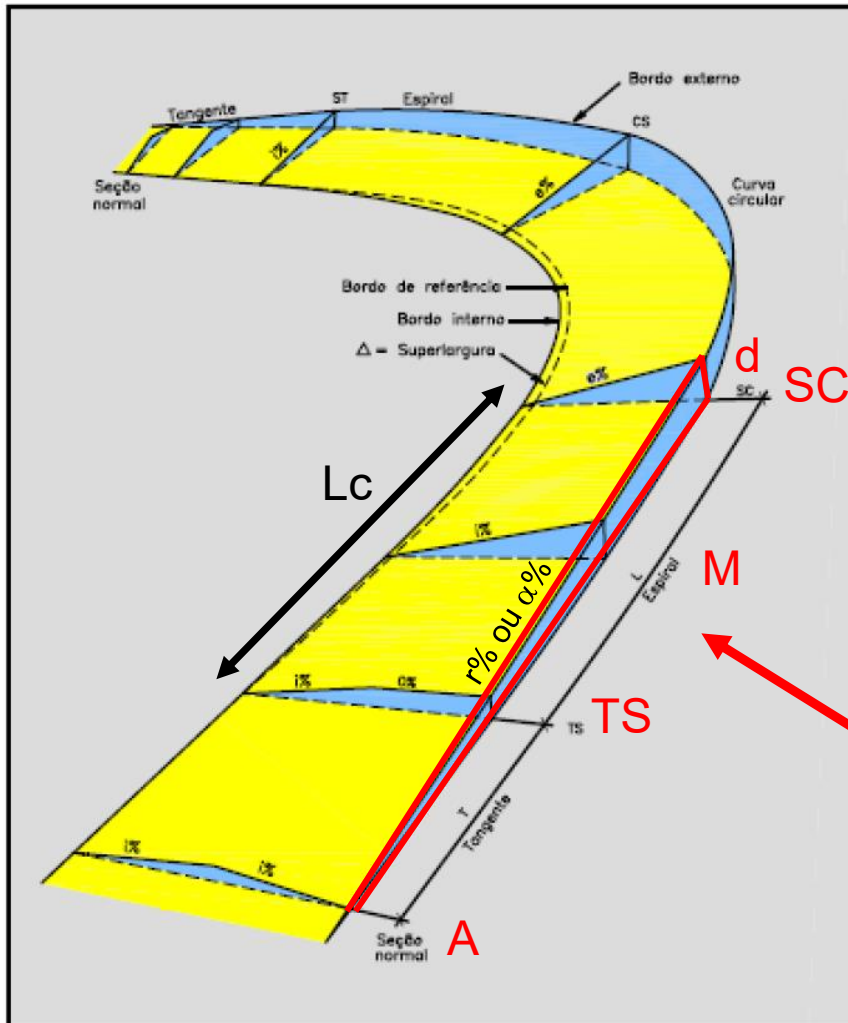
Vídeo



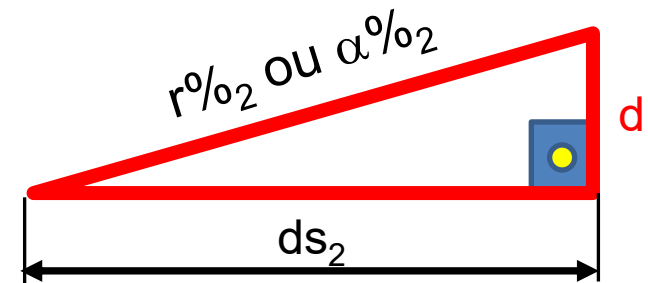
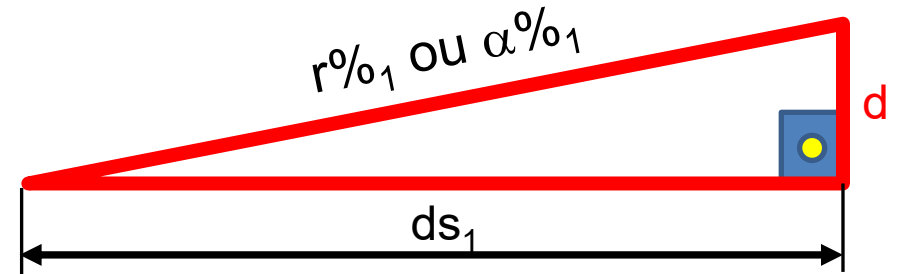
Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Variação da seção da pista na implantação da superelevação


$$e\% = \text{Taxa de Superelevação} / \text{Superelevação}$$

r% = Rampa Superelevação



$$r^0_{o_1} < r^0_{o_2}$$

$$ds_1 < ds_2$$

$$V_1 > V_2$$

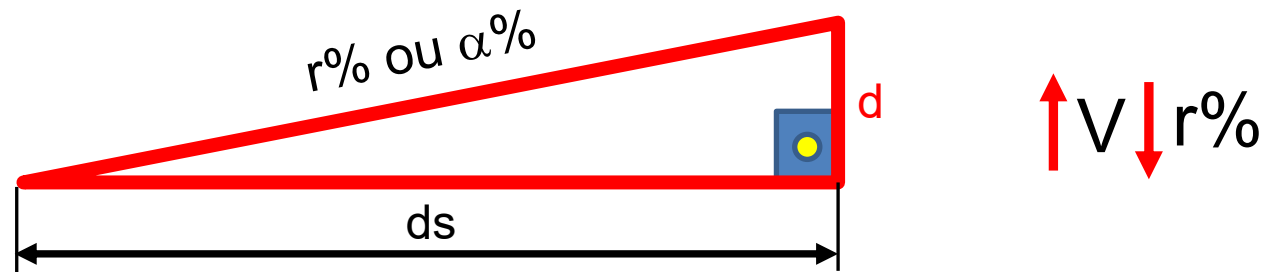
↑ v ↓ r%

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Quadro 5.4.5.4 - Rampas de superelevação admissíveis para pistas de 2 faixas com eixo de rotação no centro

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	≥100
$\alpha(\%)$ ou $r\%$	0,73 (1:137)	0,65 (1:154)	0,59 (1:169)	0,54 (1:185)	0,50 (1:200)	0,47 (1:213)	0,43 (1:233)

$r\%$ = Rampa Superelevação

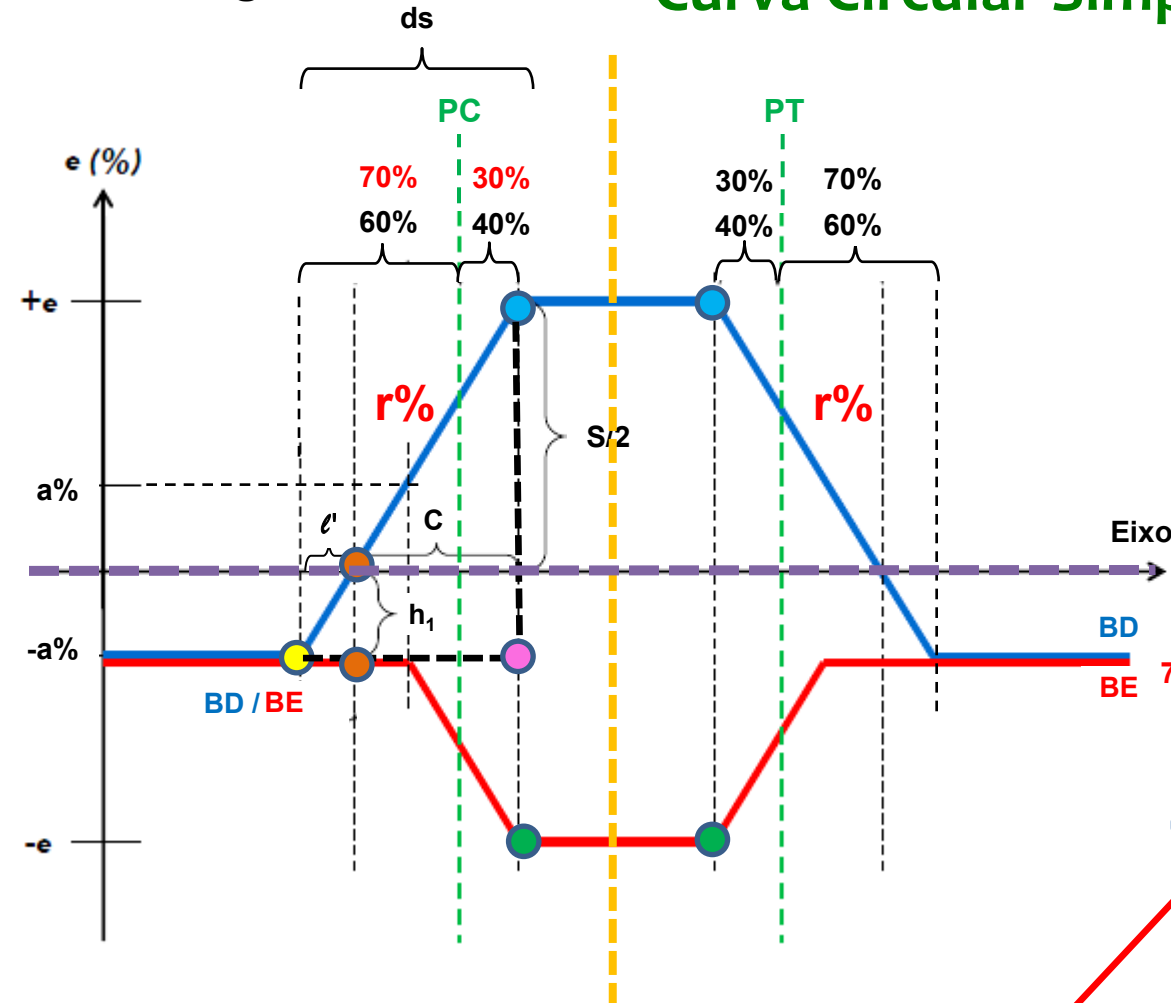


Superelevação

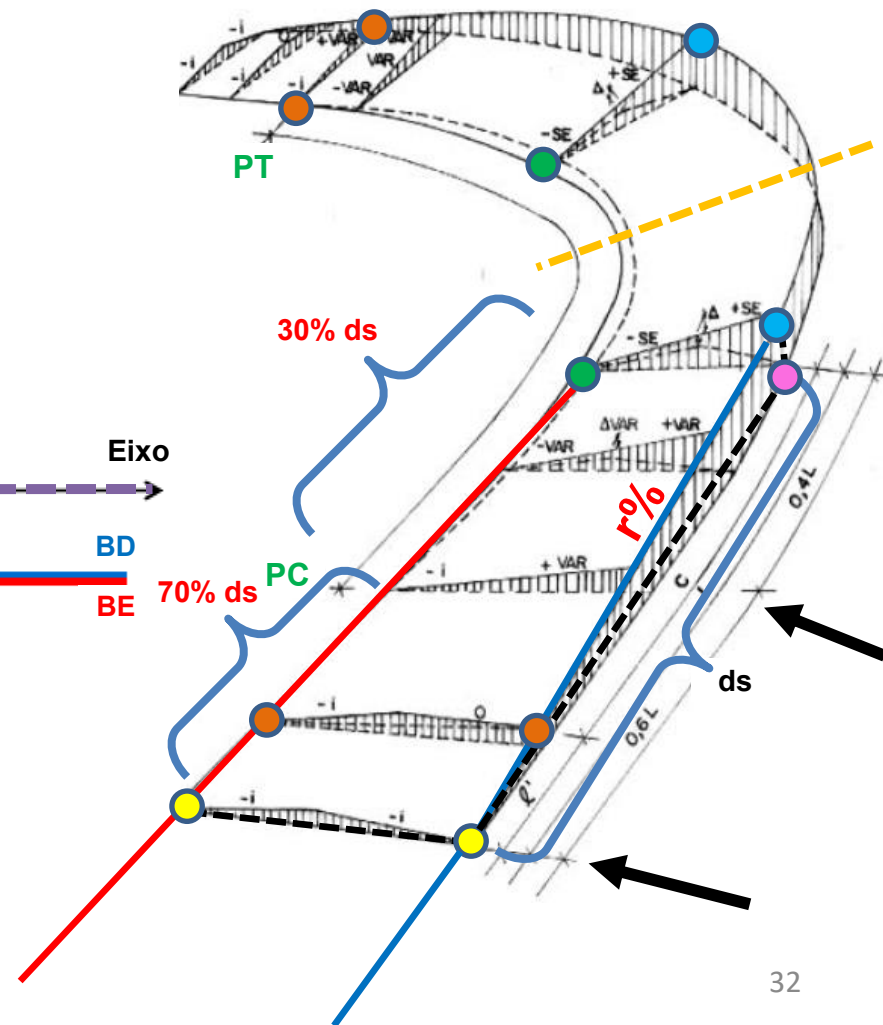
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação) – Diagrama de Superelevação

Pivô de giro no EIXO

Curva Circular Simples



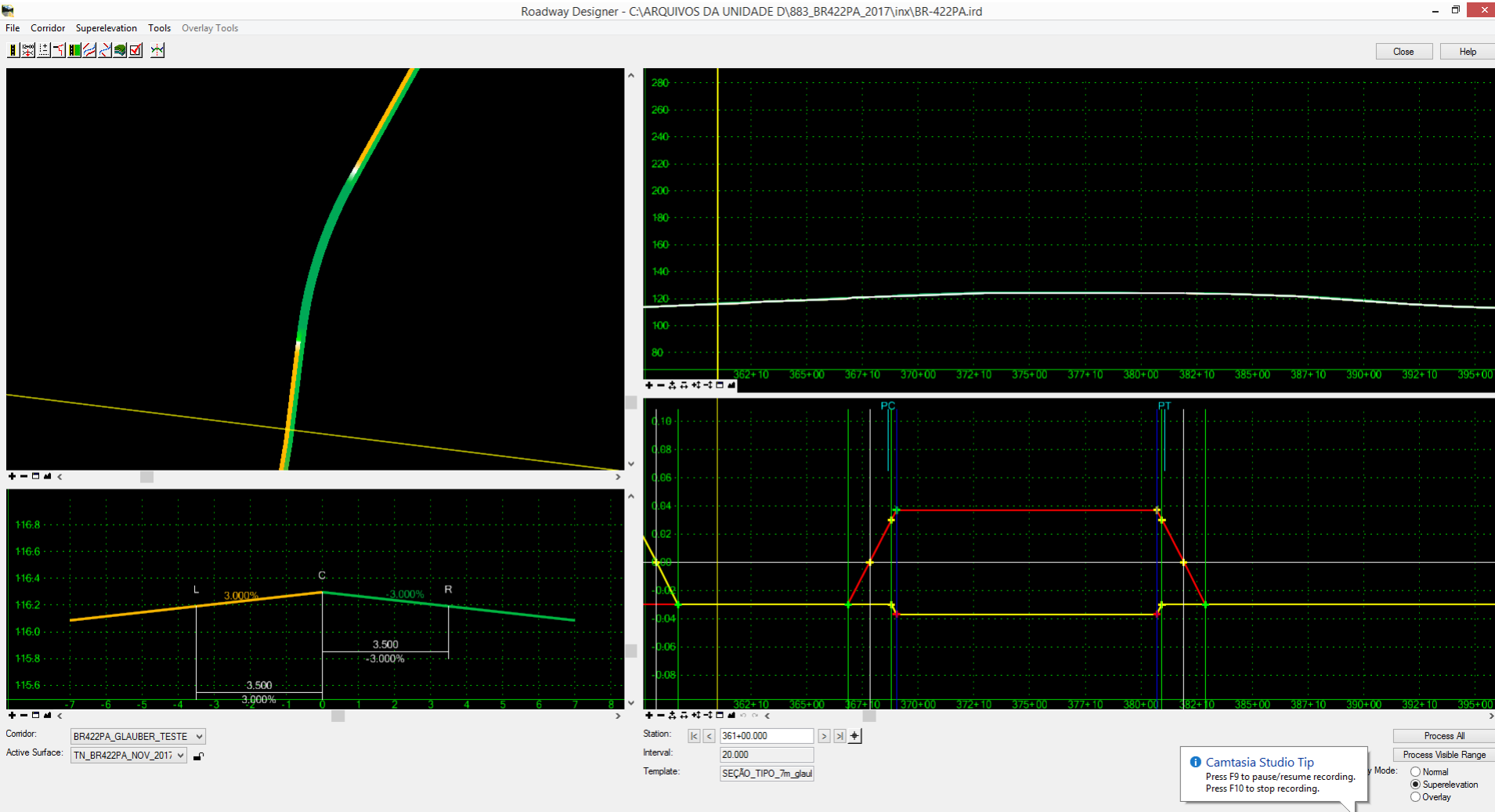
$r\%$ = Rampa de Superelevação



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

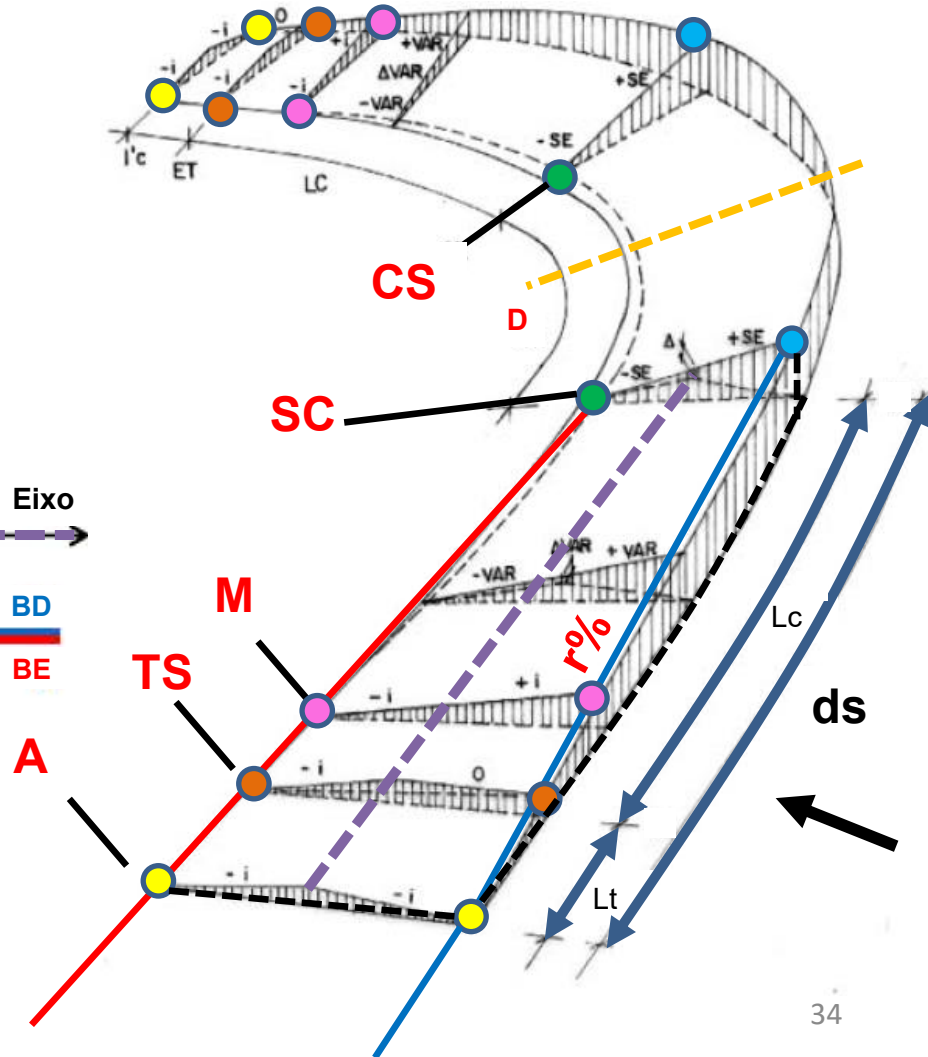
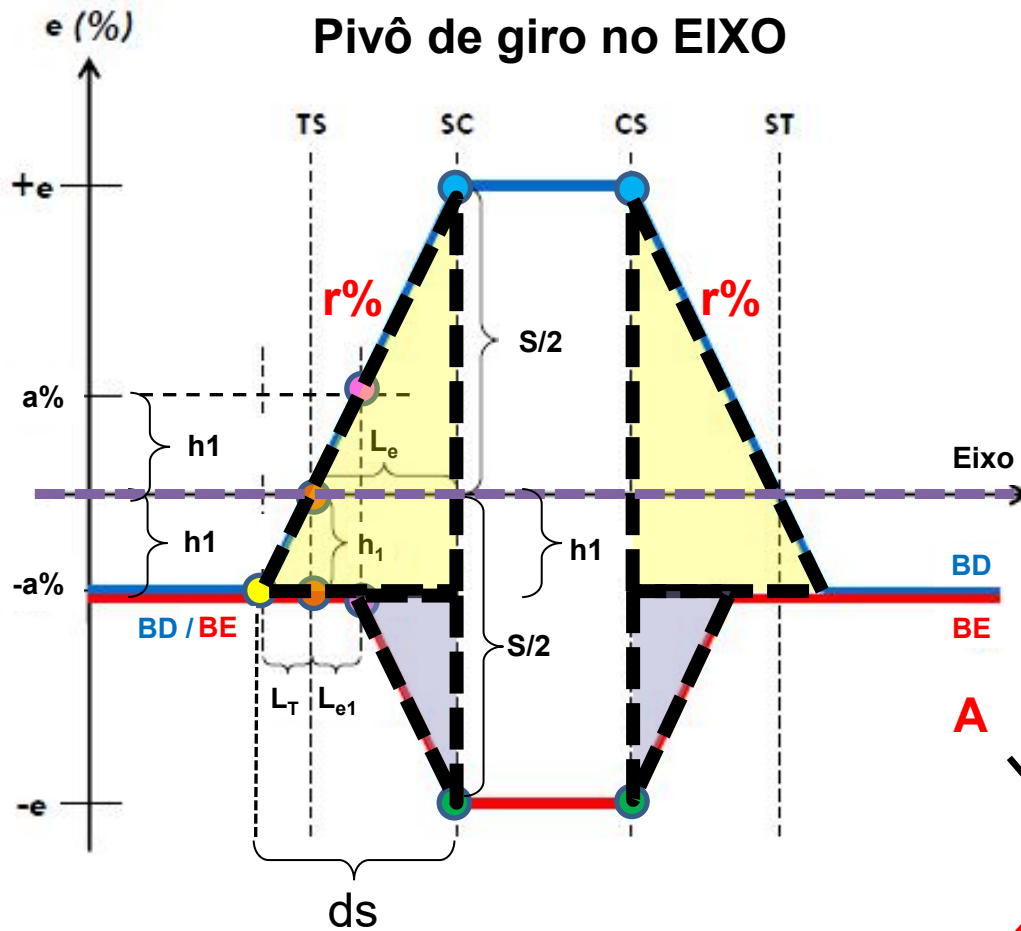
Curva Circular Simples



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação) – Diagrama de Superelevação

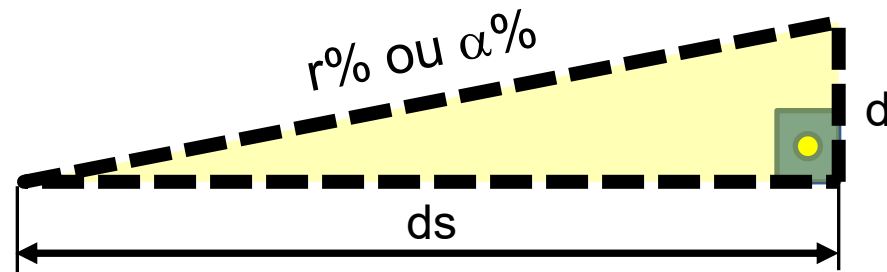
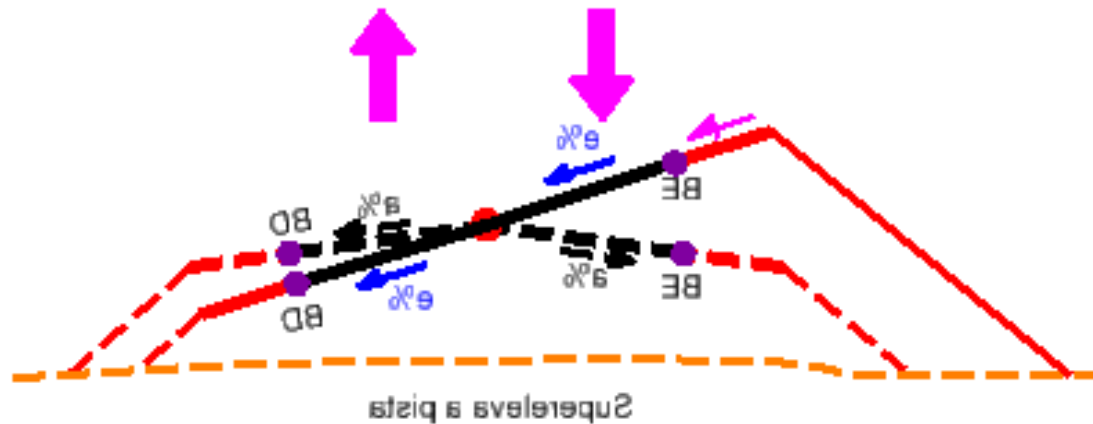
Curva de Transição



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação) – Diagrama de Superelevação

Curva de Transição



$$d = (S/2 + h_1)$$

$$ds = ?$$

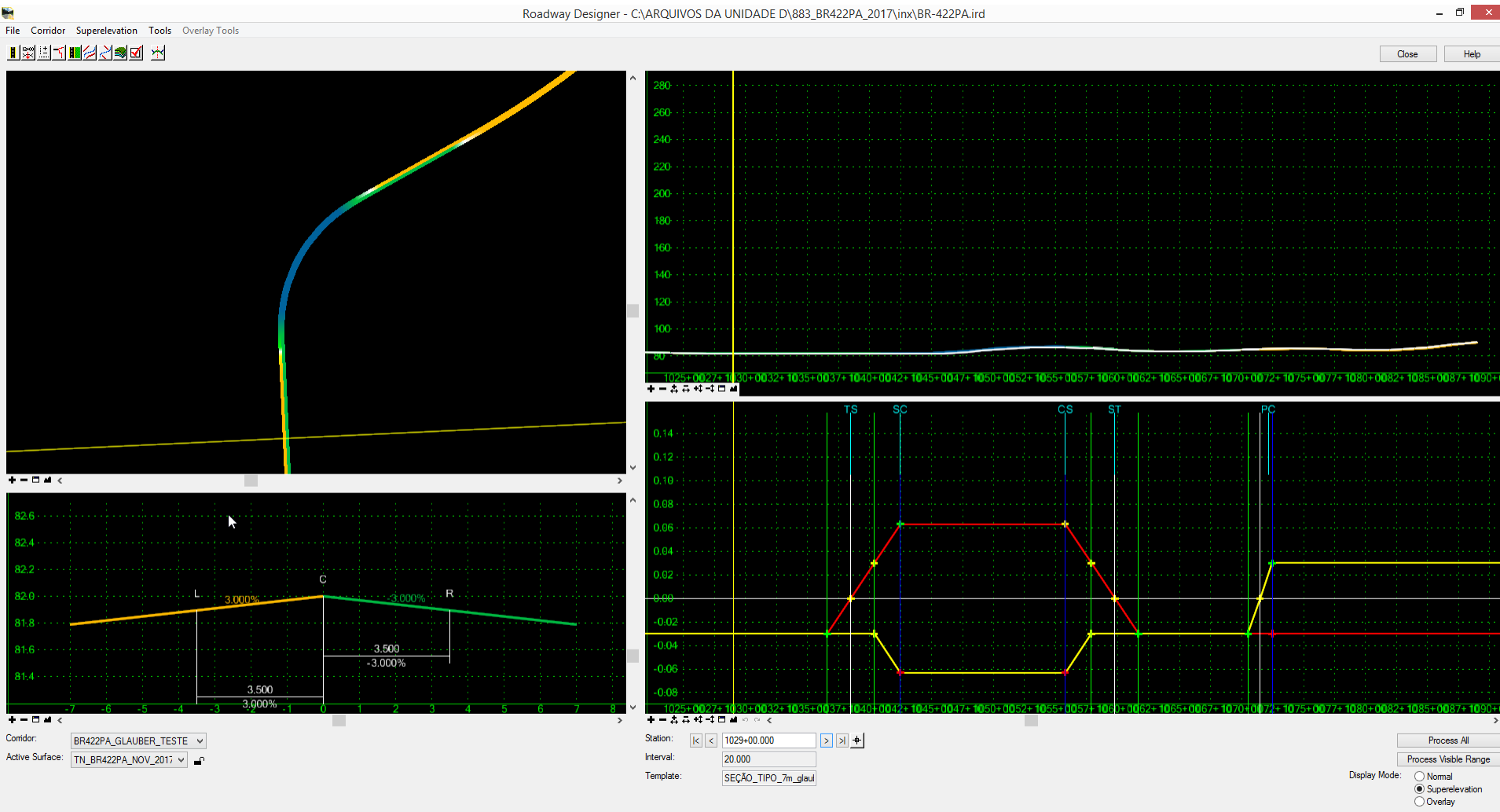
$$d = r\% \times ds \Rightarrow ds = d / r\%$$

$$ds = (S/2 + h_1) / r\%$$

Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curva de Transição



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

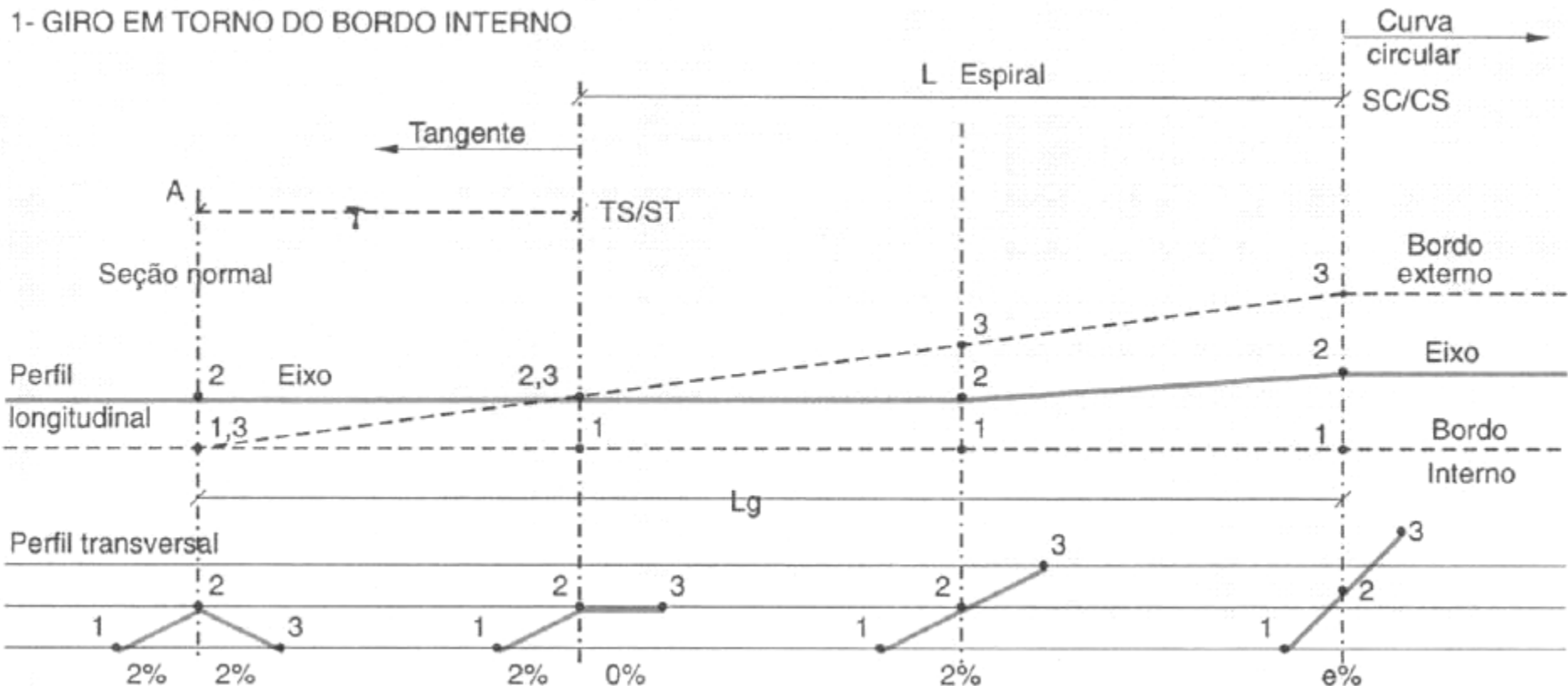
Quadro 5.4.5.4 - Rampas de superelevação admissíveis para pistas de 2 faixas com eixo de rotação no centro

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	≥100
$\alpha(\%)$ ou r%	0,73 (1:137)	0,65 (1:154)	0,59 (1:169)	0,54 (1:185)	0,50 (1:200)	0,47 (1:213)	0,43 (1:233)

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

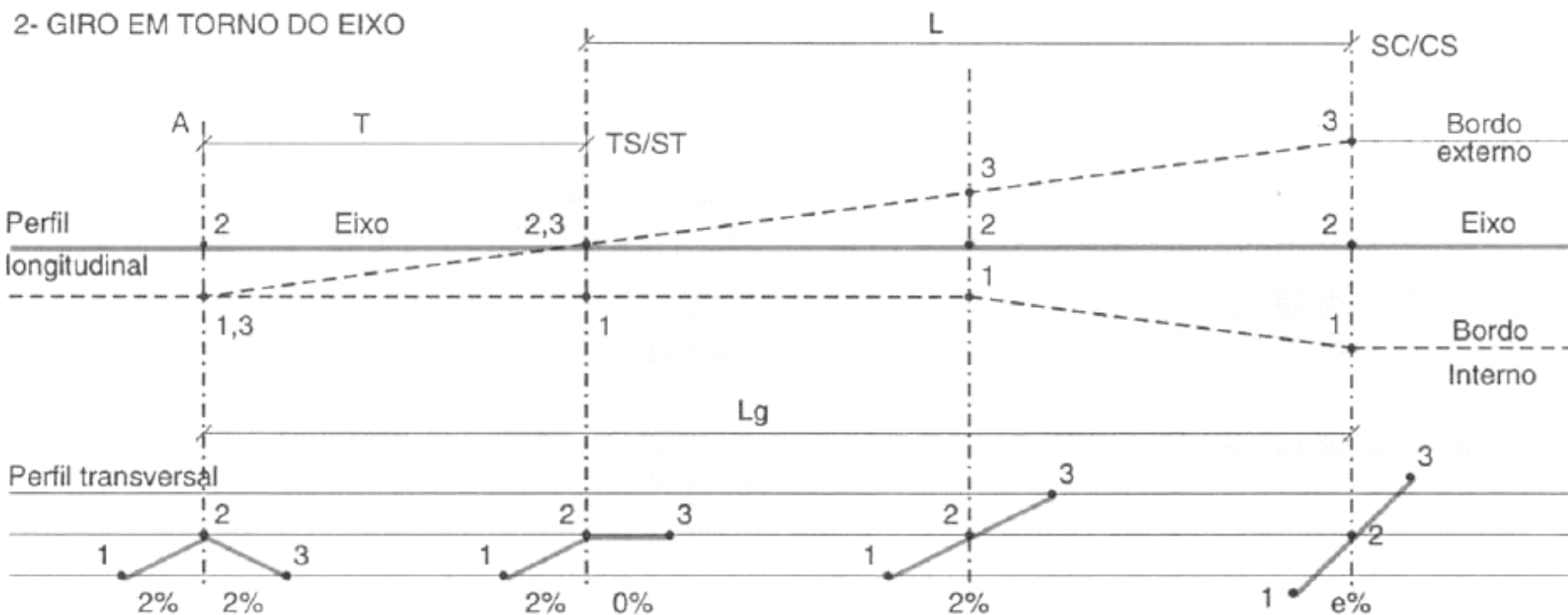
Curva de Transição – Giro em Torno do Bordo Interno

1- GIRO EM TORNO DO BORDO INTERNO



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curva de Transição – Giro em Torno do Eixo

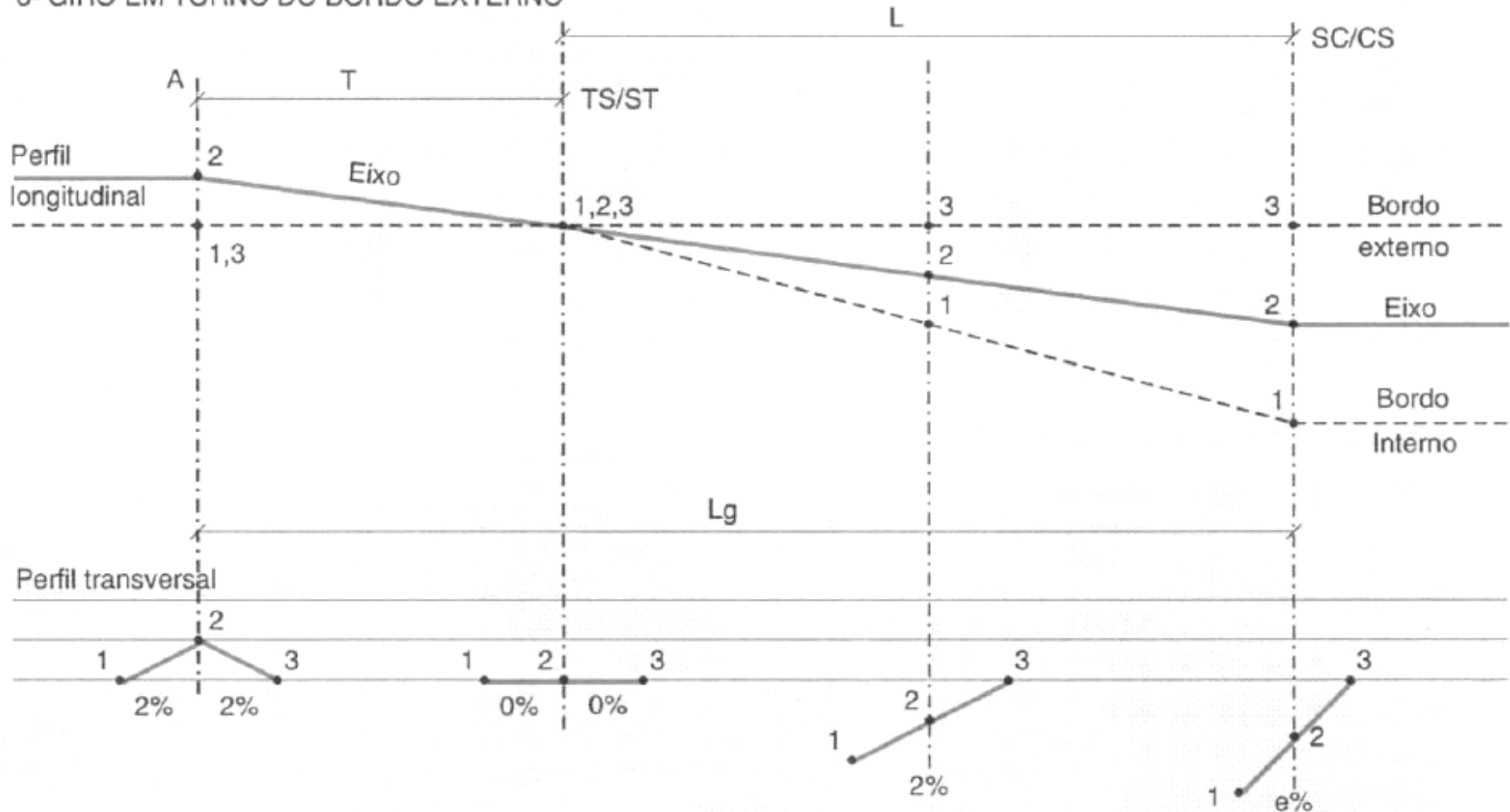


Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curva de Transição – Giro em Torno do Bordo Externo

3- GIRO EM TORNO DO BORDO EXTERNO



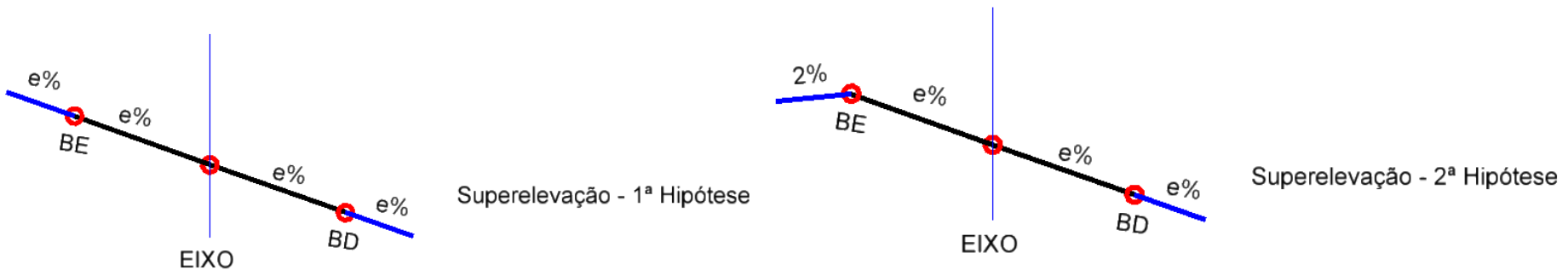
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Acostamento do lado externo das curvas

São possíveis duas hipóteses para a declividade transversal dos acostamentos situados do lado externo das curvas.

A primeira hipótese prevê que o acostamento terá a mesma declividade transversal, em valor e sentido, que a pista.

A segunda hipótese prevê que a declividade transversal do acostamento será orientada para o lado externo da curva.

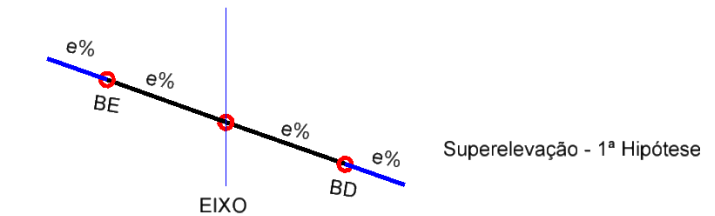


Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

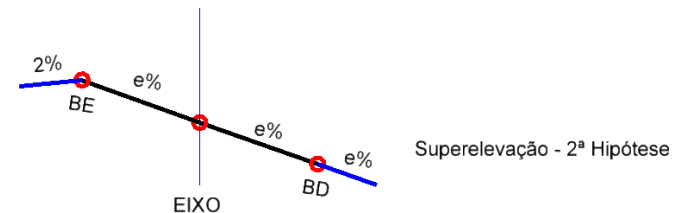
A primeira hipótese apresenta como vantagens:

- a redução de restrições à operação, tendo em vista a continuidade física e visual dos elementos superficiais que se estendem além do bordo da pista;
- uma maior simplicidade construtiva.



A segunda hipótese apresenta como vantagens:

- a condução para fora da pista das águas pluviais e dos detritos que inevitavelmente atingem a superfície do acostamento e tendem a alcançar a pista principal; idem, quanto a detritos, óleo, etc. provenientes de reparos de veículos. Reduz a infiltração no contato pista-acostamento.
- o afastamento da pista, física e psicologicamente, dos veículos parados no acostamento;
- a redução das rampas de superelevação e da sinuosidade do perfil do bordo do acostamento, minimizando a interferência com o escoamento longitudinal das águas pluviais.

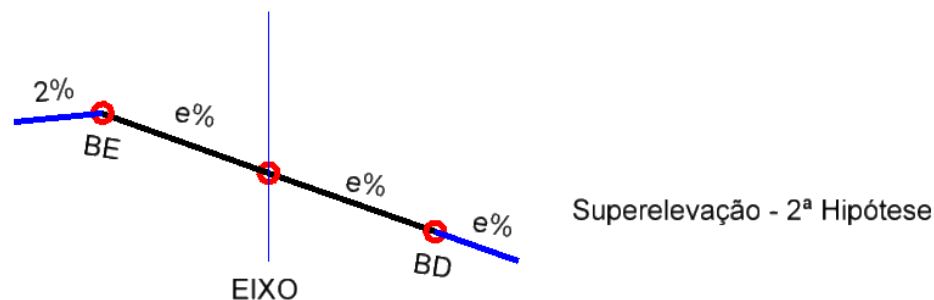
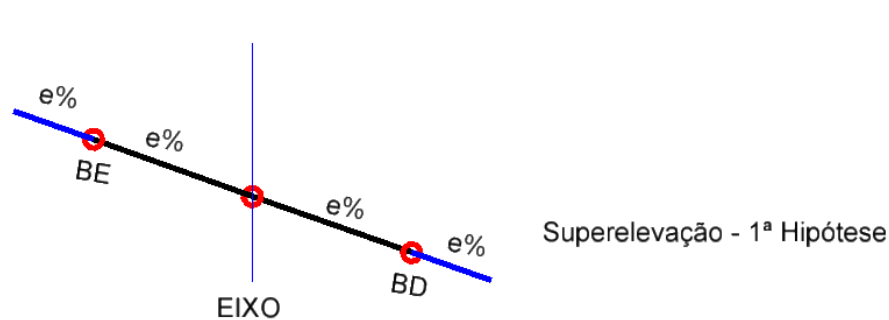


Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

A primeira hipótese é recomendada para faixas de segurança ou acostamentos estreitos (largura $\leq 1,20\text{m}$)

A segunda hipótese é recomendada para os casos gerais, de acostamento largos (largura $> 1,20\text{m}$) tendo em vista que as restrições à operação são consideradas aceitáveis quando a diferença algébrica entre as declividades da pista e do acostamento no bordo da pista for limitada a 7% ou for introduzida uma curva de concordância entre pista e acostamento (desejável mesmo para diferenças algébricas de declividades inferiores a 7%). Também a maior dificuldade construtiva associada a esta hipótese pode ser solucionada detalhando cuidadosa a adequadamente o projeto de engenharia.

Decorrem então os seguintes casos, referidos à segunda hipótese:



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

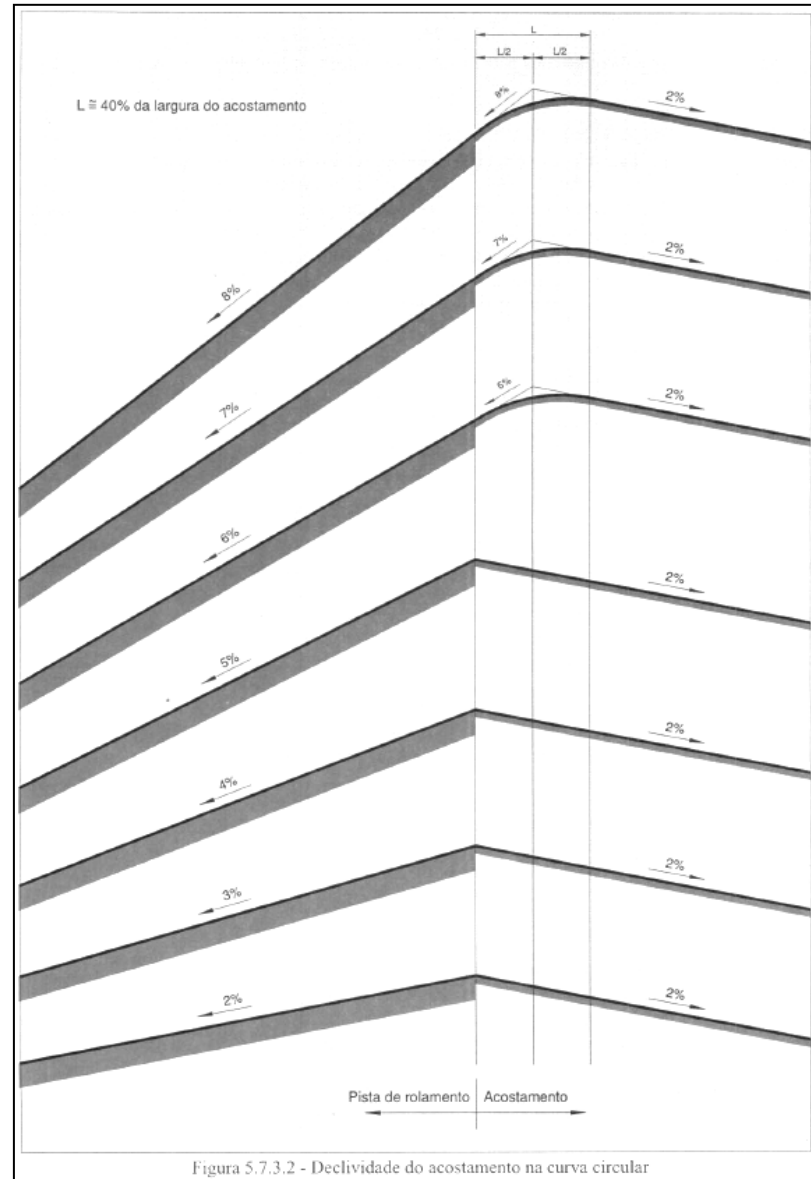


Figura 5.7.3.2 - Declividade do acostamento na curva circular

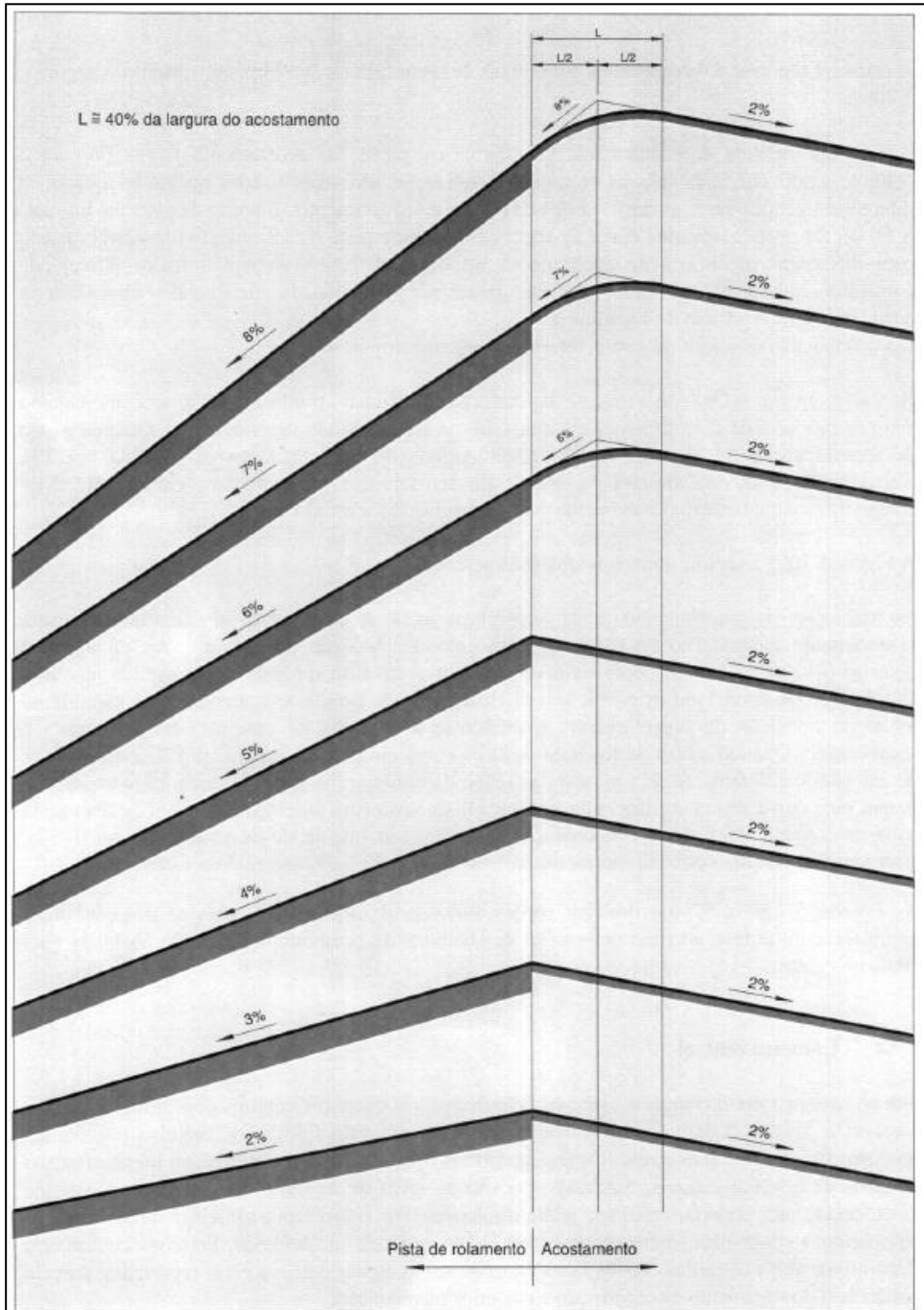
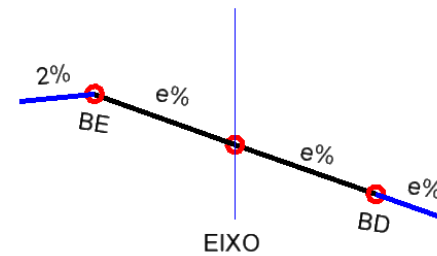


Figura 5.7.3.2 - Declividade do acostamento na curva circular

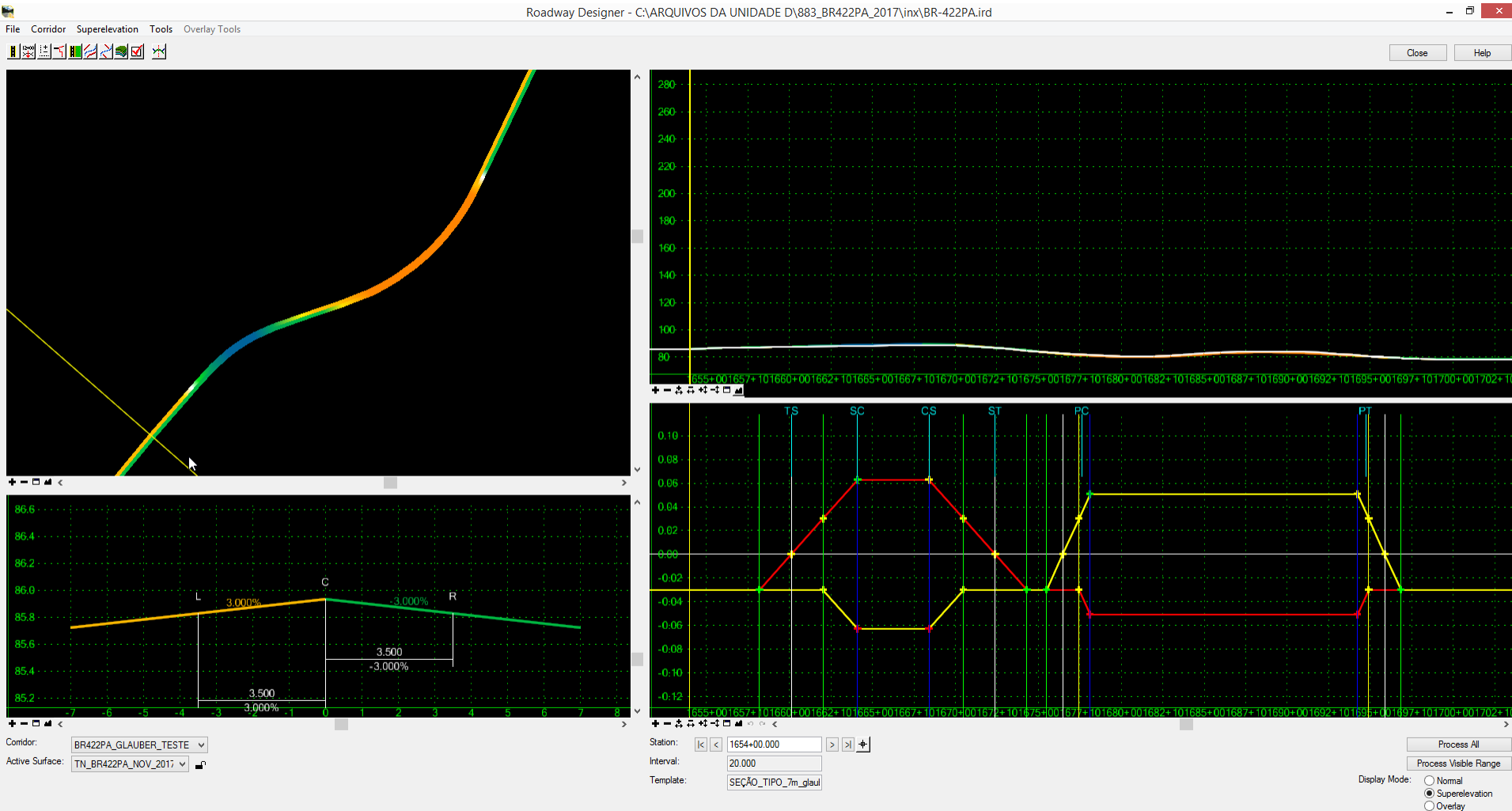


Superelevação - 2ª Hipótese

Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas Situação 1



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas

Se a distância entre os pontos de abaulamento (PA) consecutivos (posterior da primeira curva e anterior da segunda) for menor do que a distância dada pela expressão abaixo, deve-se fazer a distribuição em forma de X.

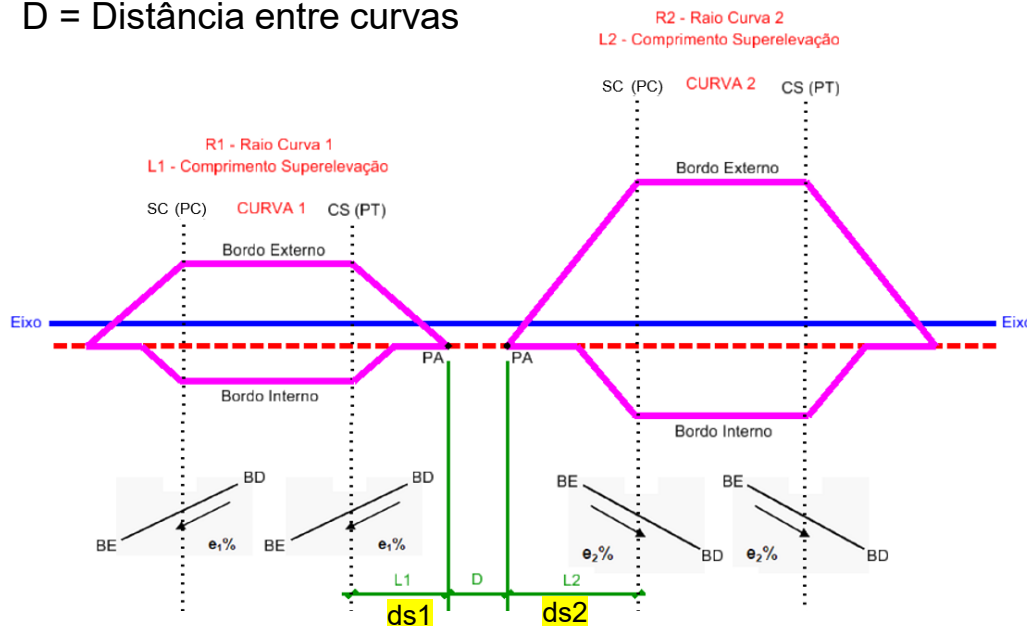
$$D < 0,1 \cdot (\sqrt{R_1 L_1 + R_2 L_2})$$

$$L1 = ds1$$

$$L2 = ds2$$

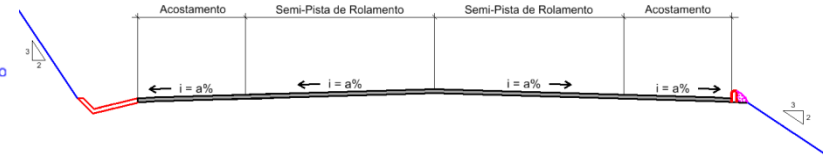
Onde: R_1 e R_2 = raios das curvas;
 L_1 e L_2 = comprimentos da superelevação das curvas.

D = Distância entre curvas



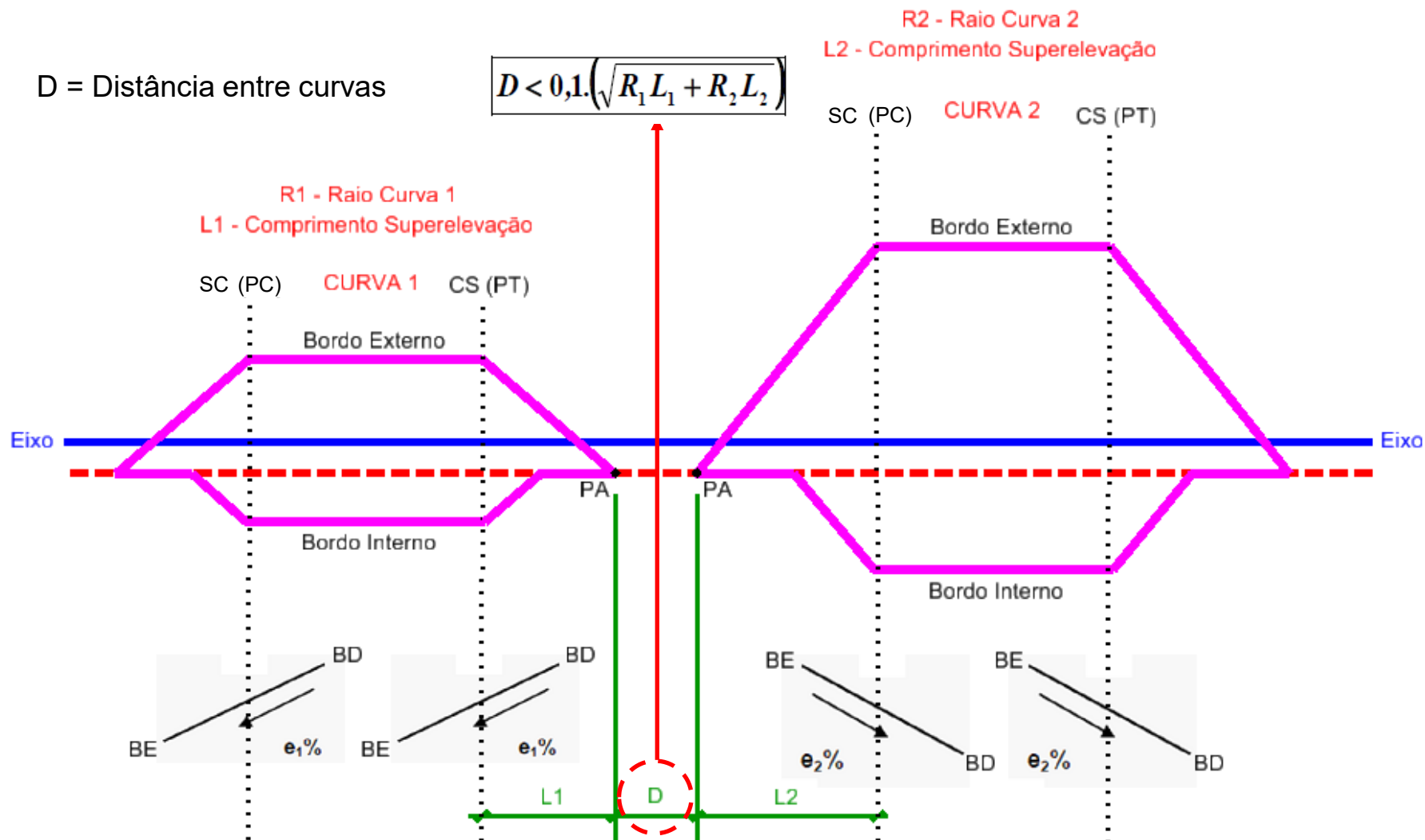
PA = Ponto de Abaulamento

Seção em Tangente



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

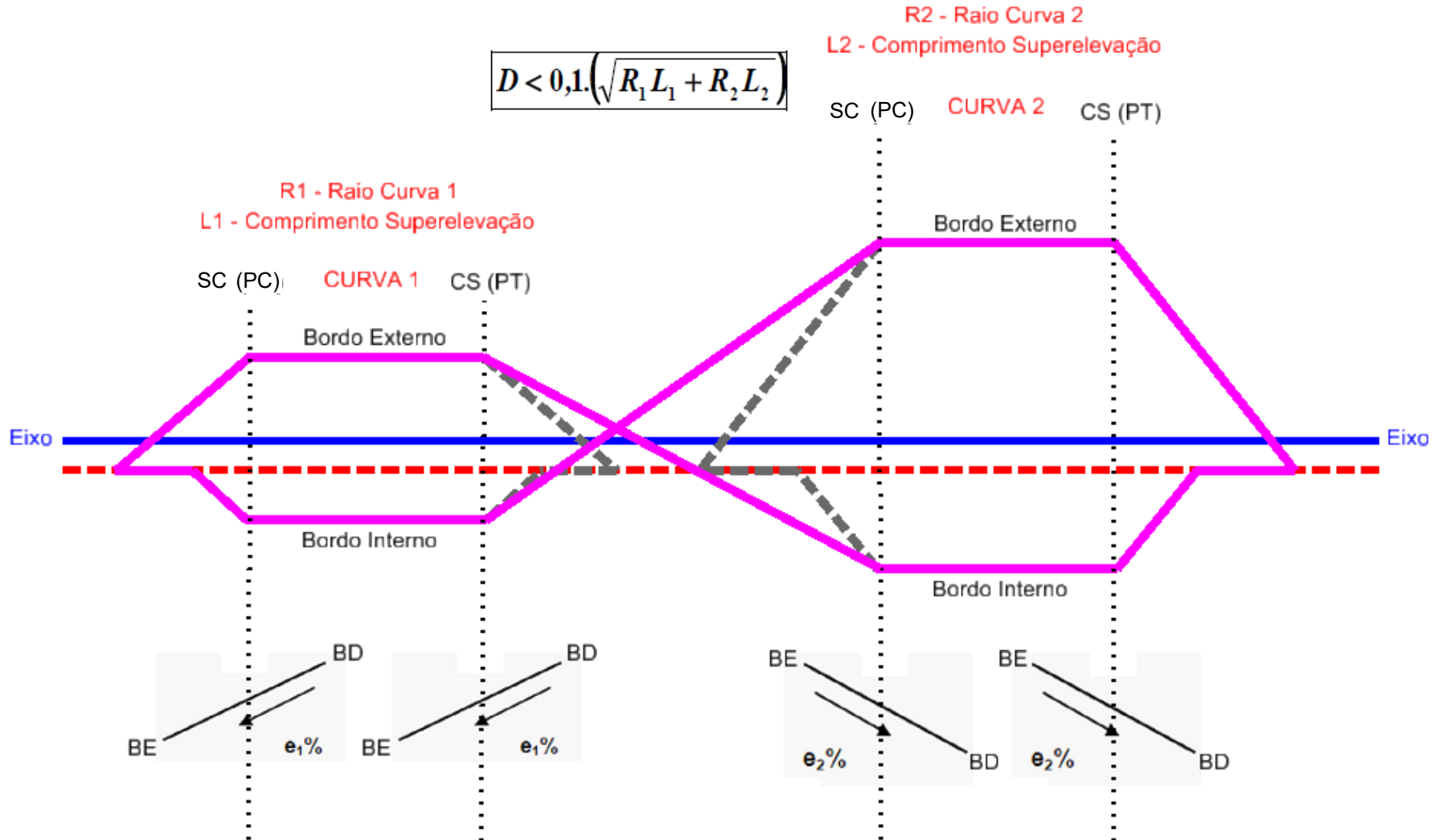
Curvas Sucessivas Reversas



Superelevação

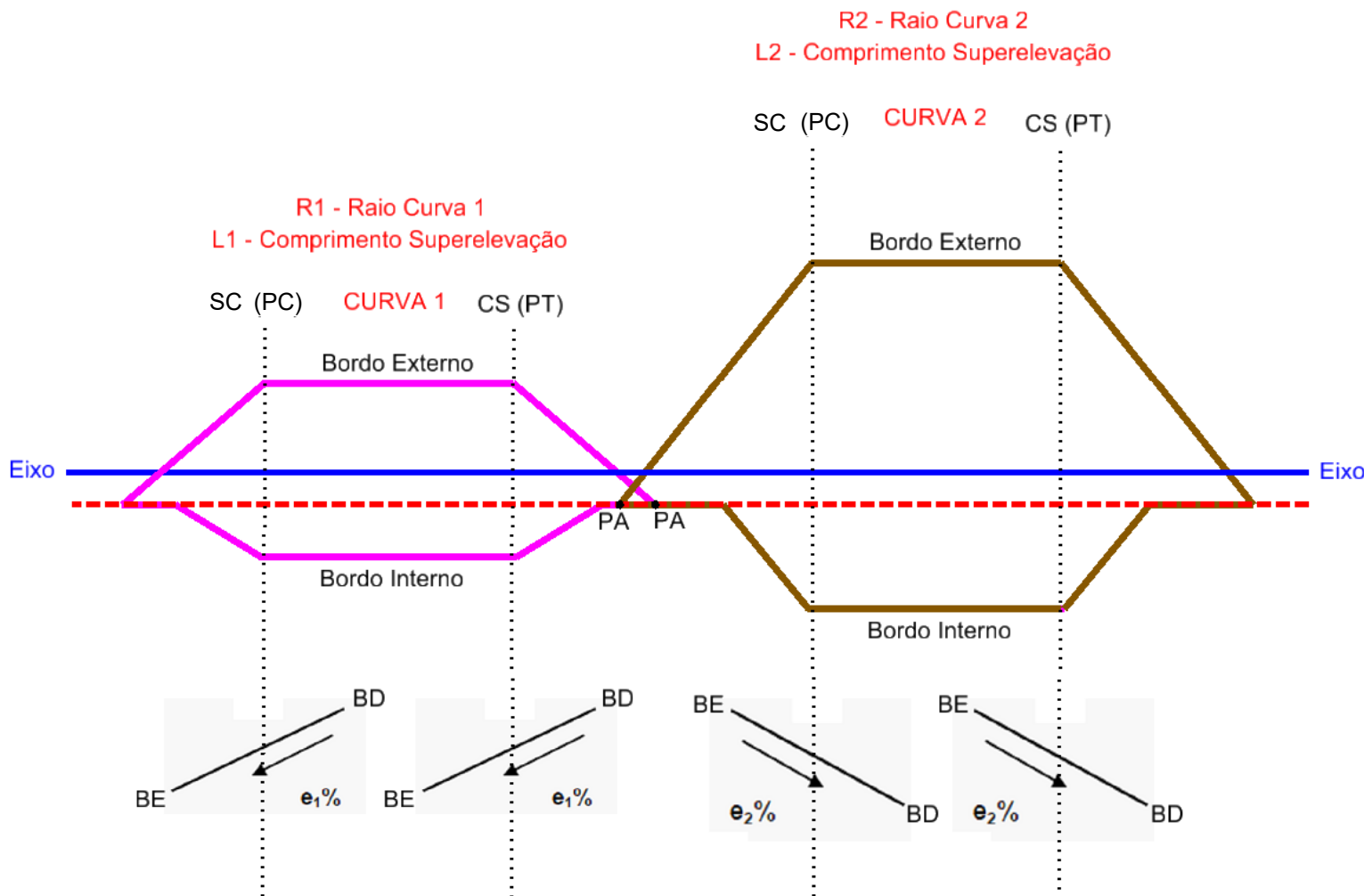
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas – Sobreposição de PA



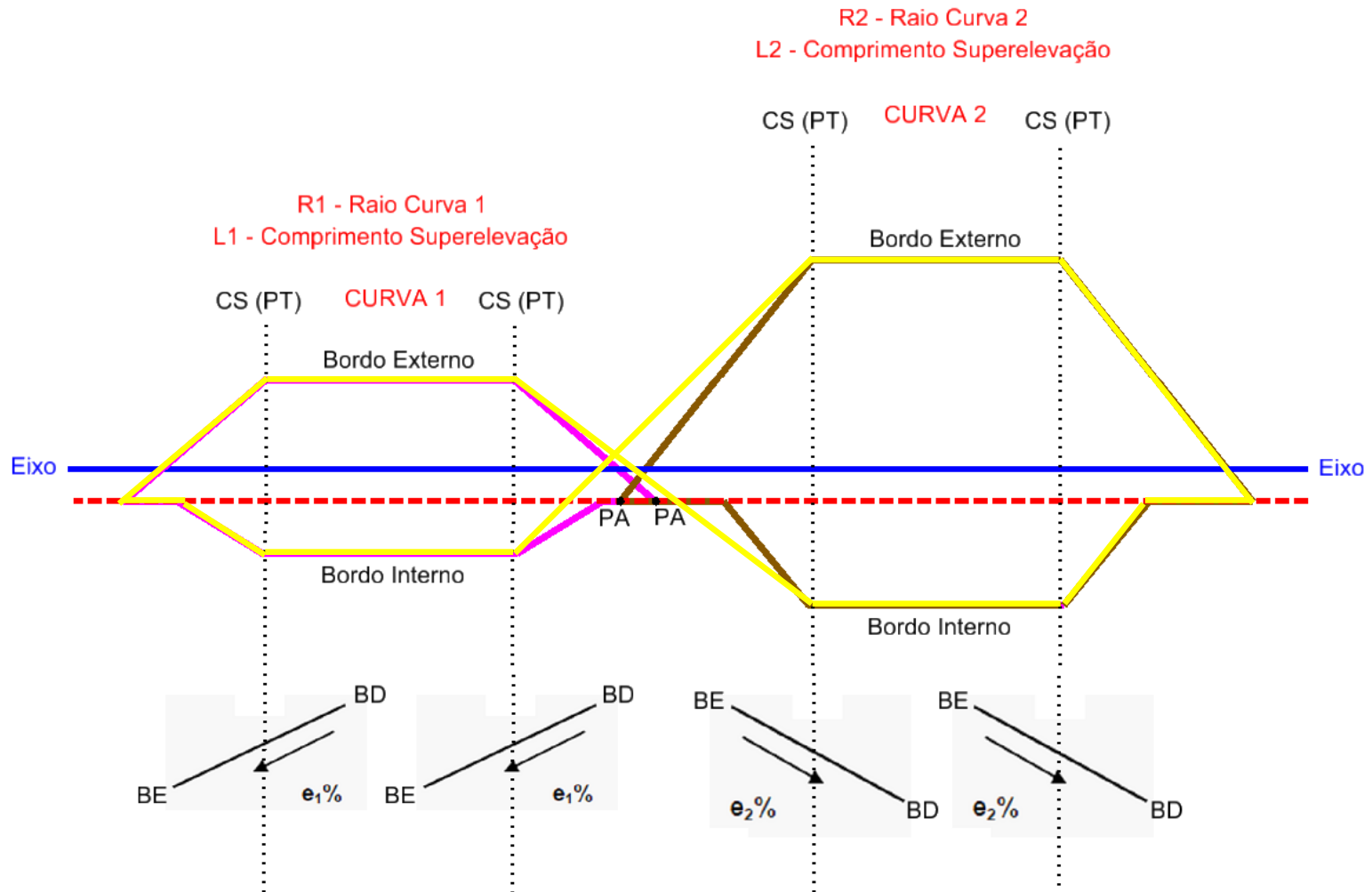
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas – Sobreposição de PA



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

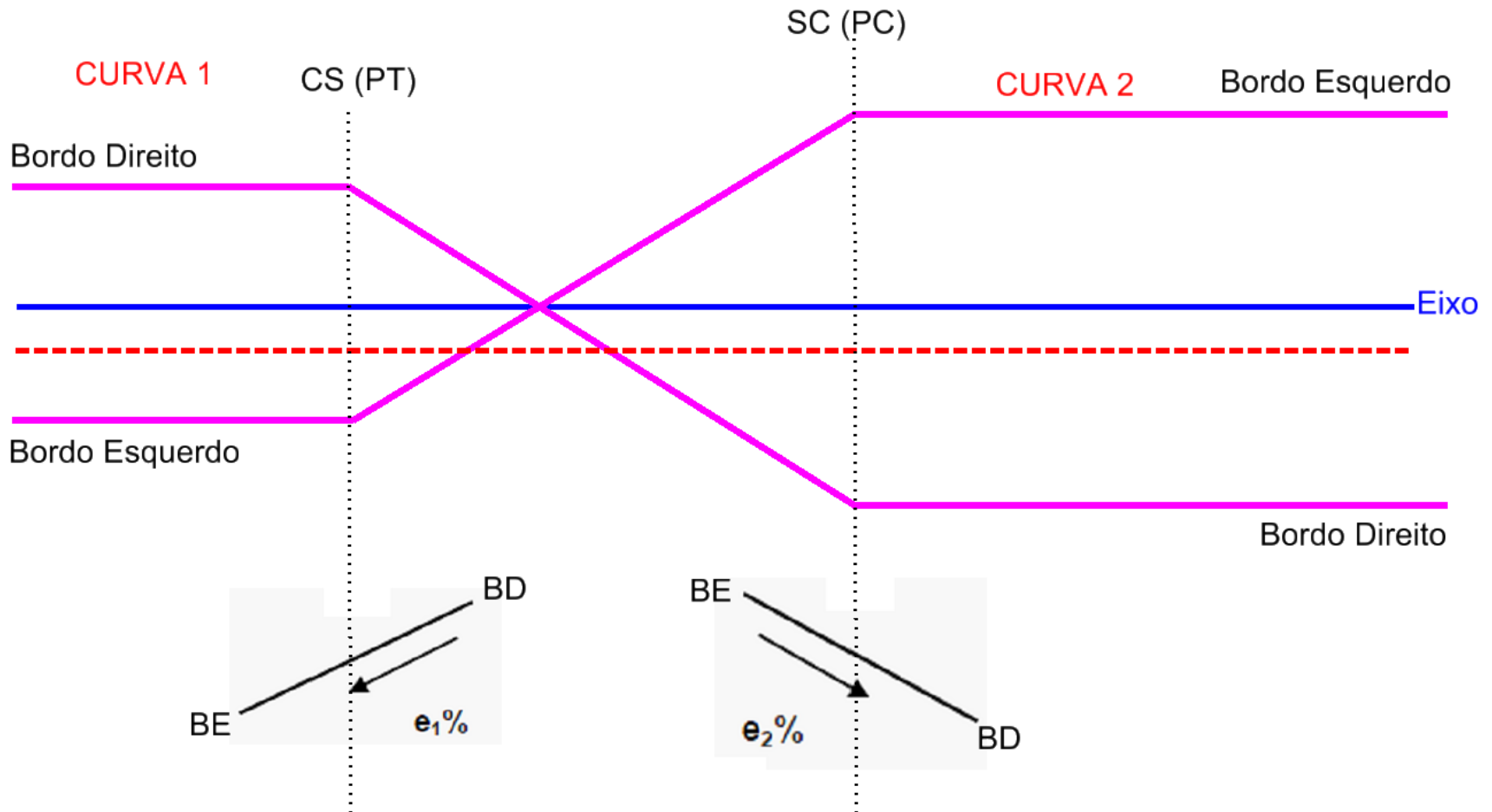
Curvas Sucessivas Reversas



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas



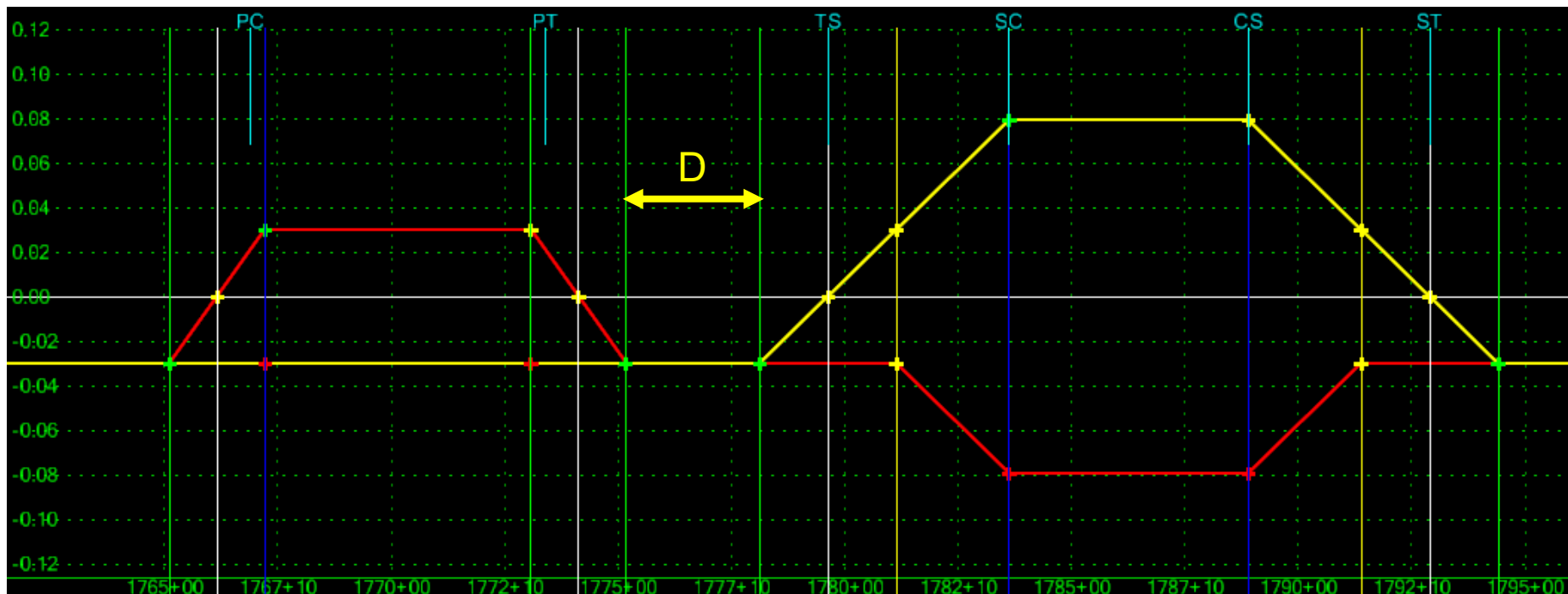
Curvas Sucessivas Reversas

The graph displays the normalized vertical displacement of the top of the column (w_{top}) as a function of normalized time (t). The yellow line represents the displacement profile, with key points marked by colored dots and labeled above the graph: PC (red), PT (blue), TS (green), SC (red), CS (blue), and ST (green). The displacement starts at -0.03, increases to 0.03 at PC, remains constant until PT, then decreases to 0.00. It then increases to 0.08 at SC, remains constant until CS, and finally decreases to -0.03 at ST.

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas

Sem sobreposição de Abaulamento Natural entre curvas Sucessivas Reversas

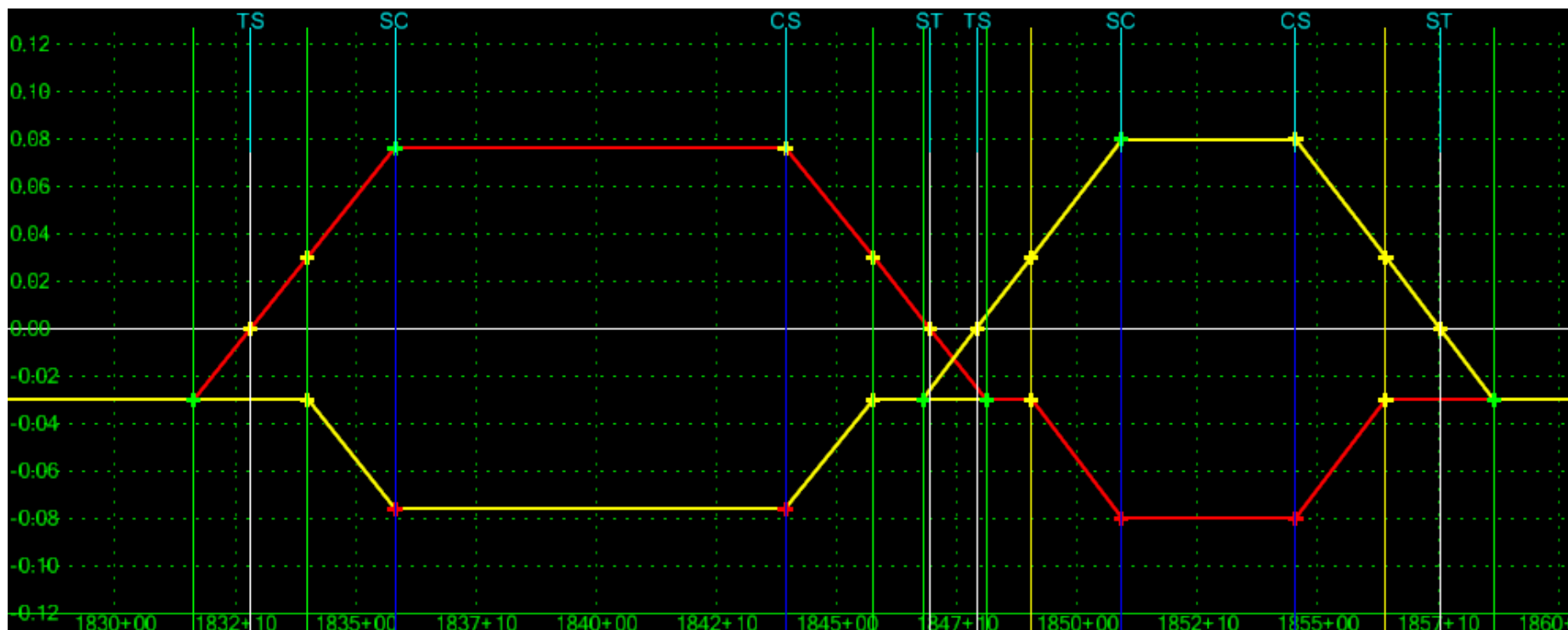


D = Distância entre curvas

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas

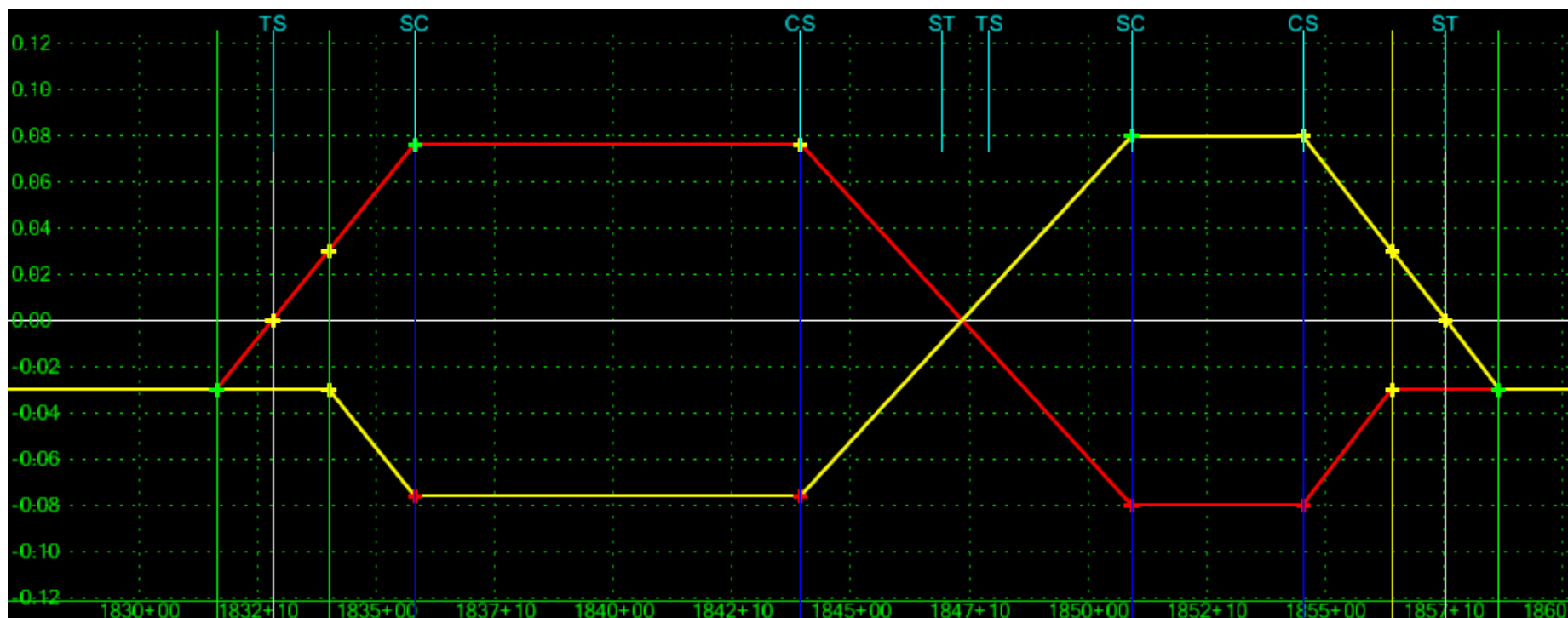
Com sobreposição de Abaulamento Natural entre curvas Sucessivas Reversas



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas Reversas

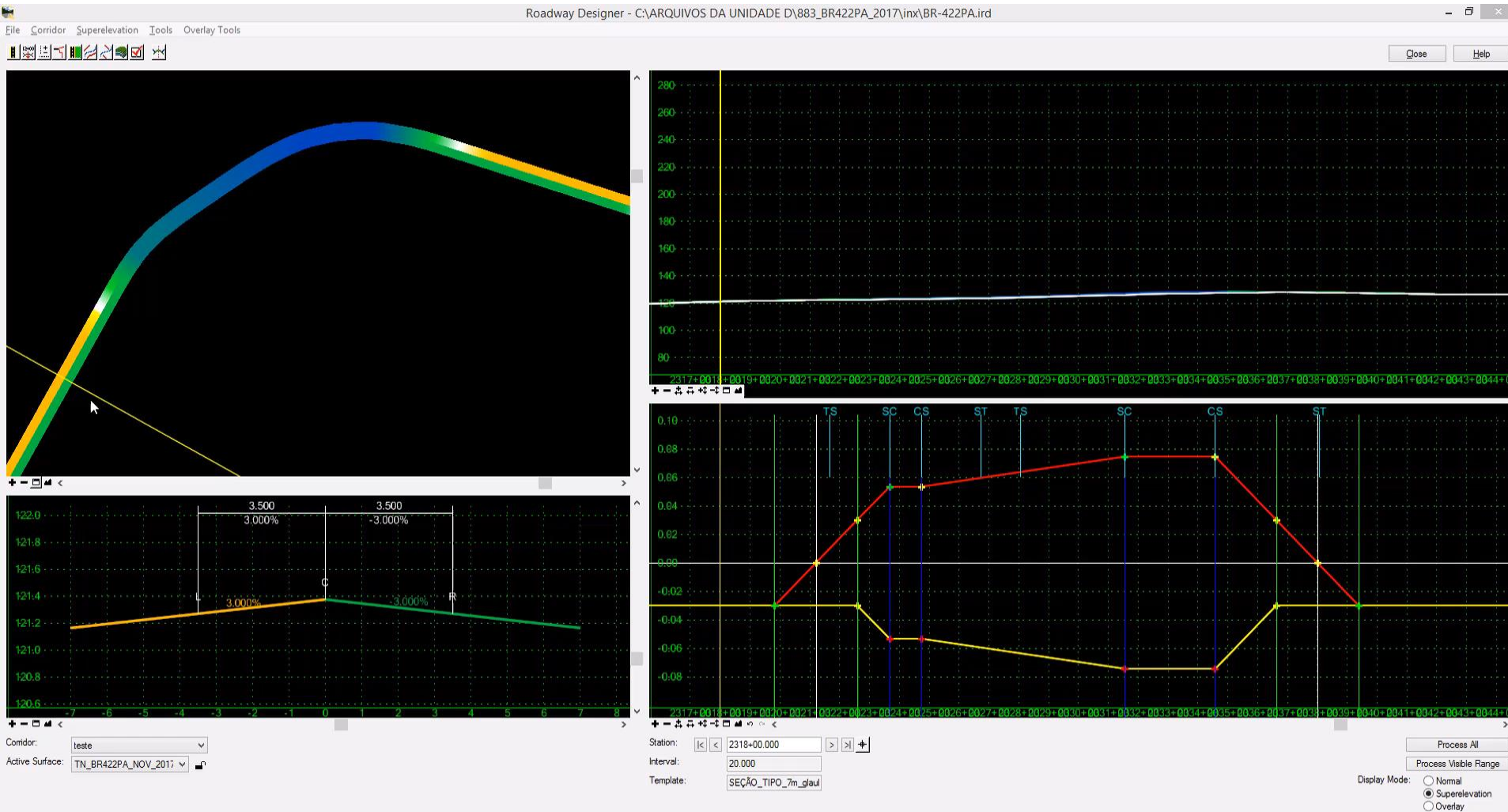
Sem o Abaulamento Natural entre as curvas Sucessivas Reversas



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

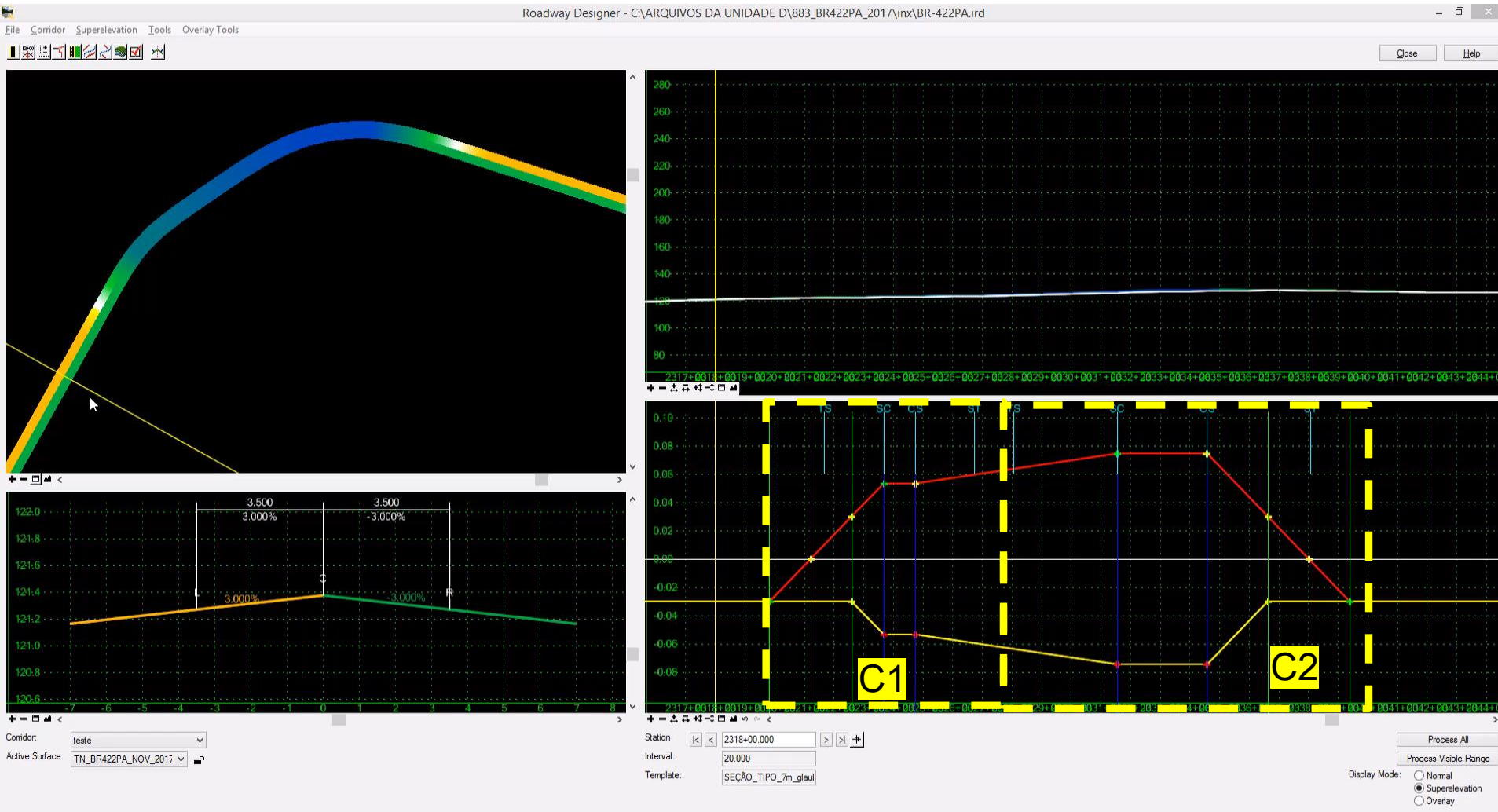
Curvas Sucessivas de Mesmo Sentido - Situação 2



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas de Mesmo Sentido - Situação 2



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas Sucessivas de mesmo Sentido

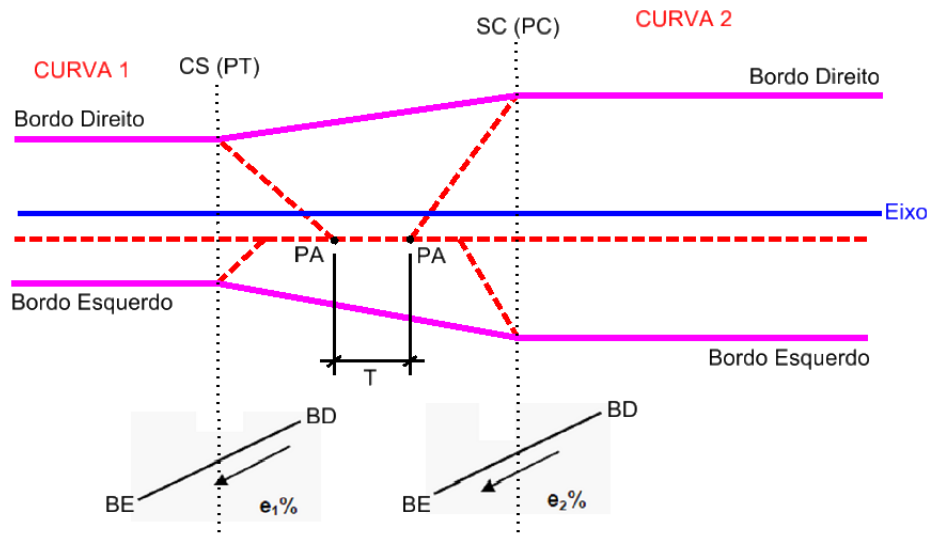
- Curvas sucessivas no mesmo sentido

Se a utilização dos critérios gerais para determinação dos comprimentos de transição resultar em um trecho em tangente com o abaulamento normal inferior à distância percorrida em 2 segundos com a velocidade diretriz V , a saber:

$$T \leq 0,5 V$$

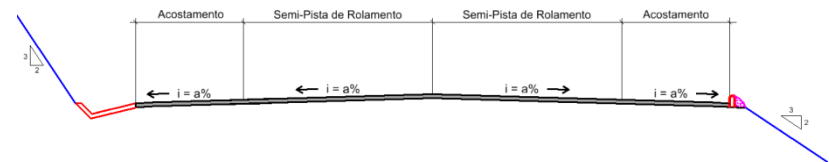
(T em m; V em km/h)

não será reconstituído o abaulamento normal, ou seja, será procedido diretamente à transição da seção transversal superelevada correspondente à primeira curva para a seção transversal superelevada correspondente à segunda curva.



PA = Ponto de Abaulamento

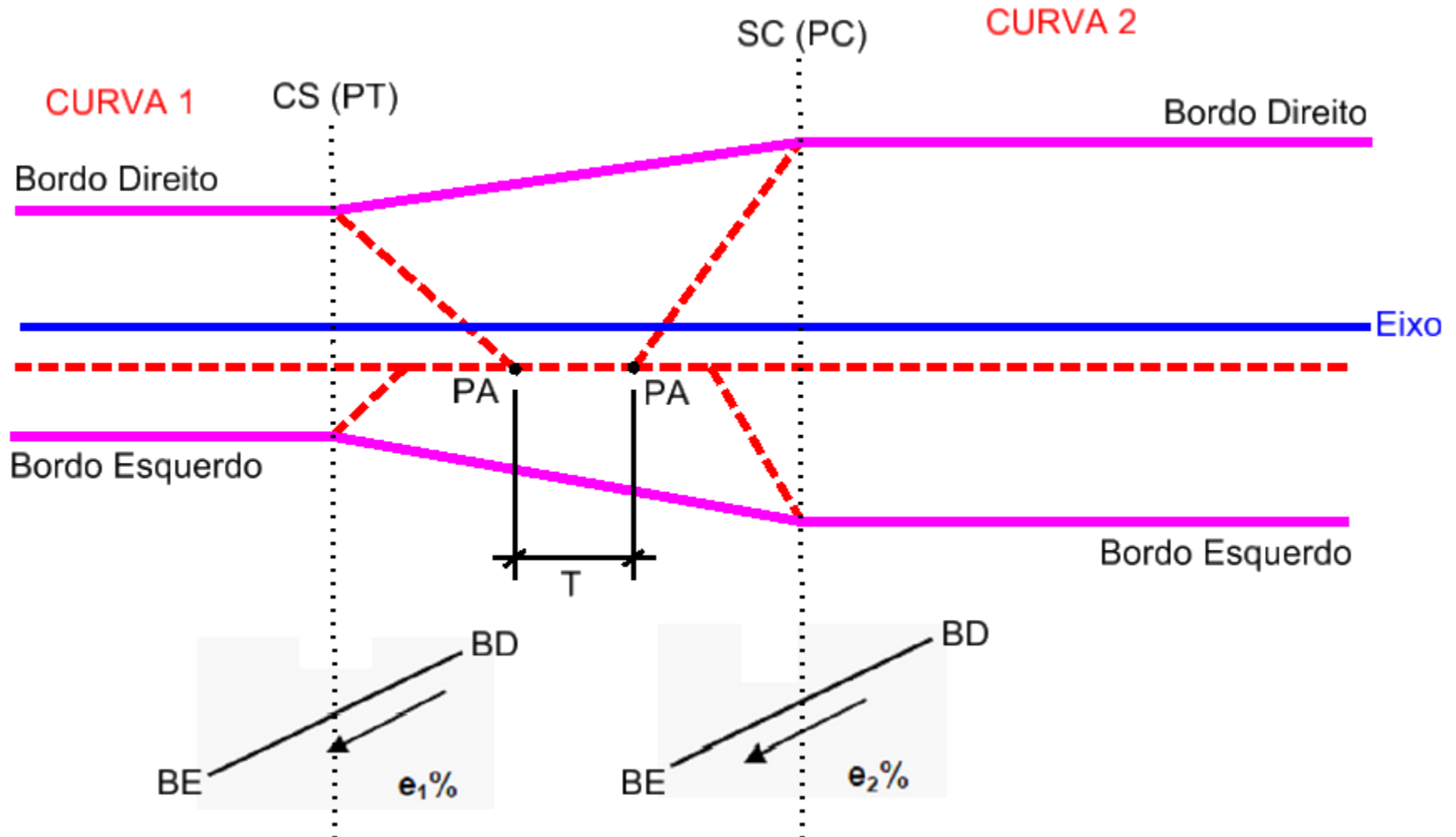
Seção em Tangente



Superelevação

Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

Curvas de mesmo Sentido

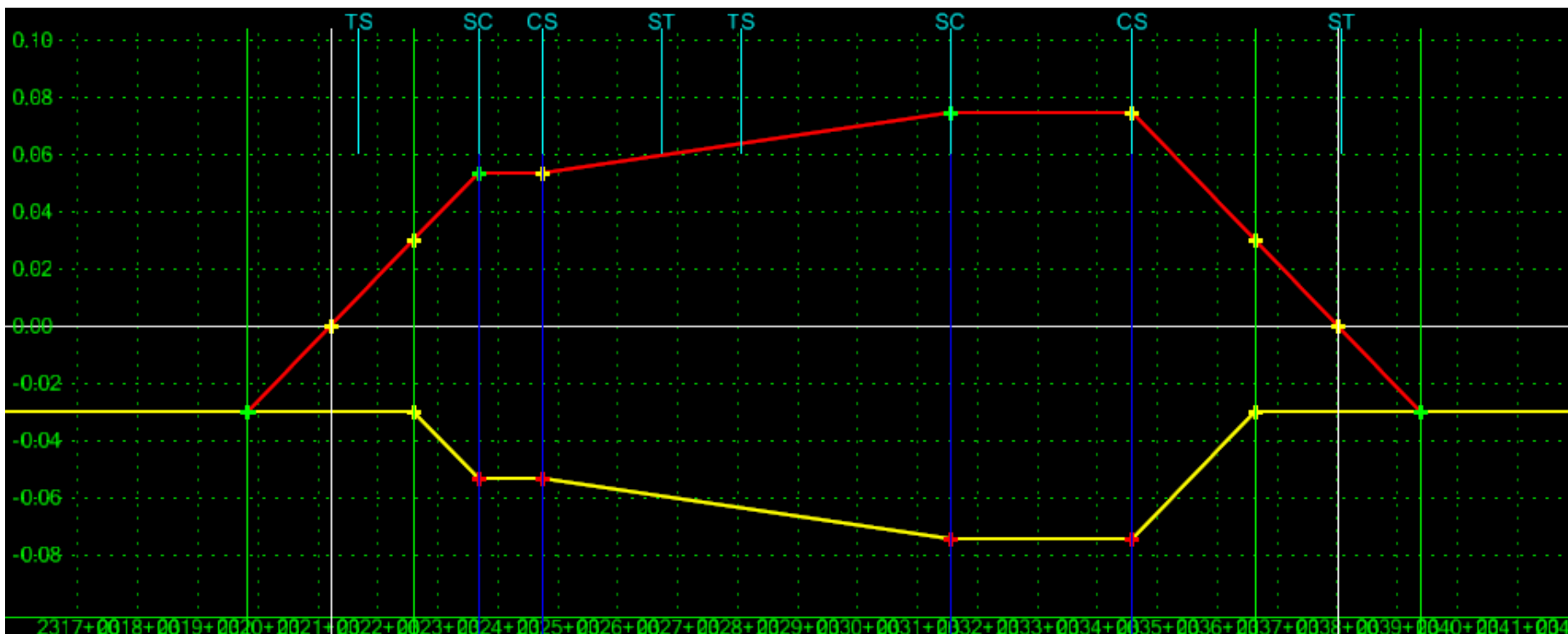


Curvas de mesmo Sentido



Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

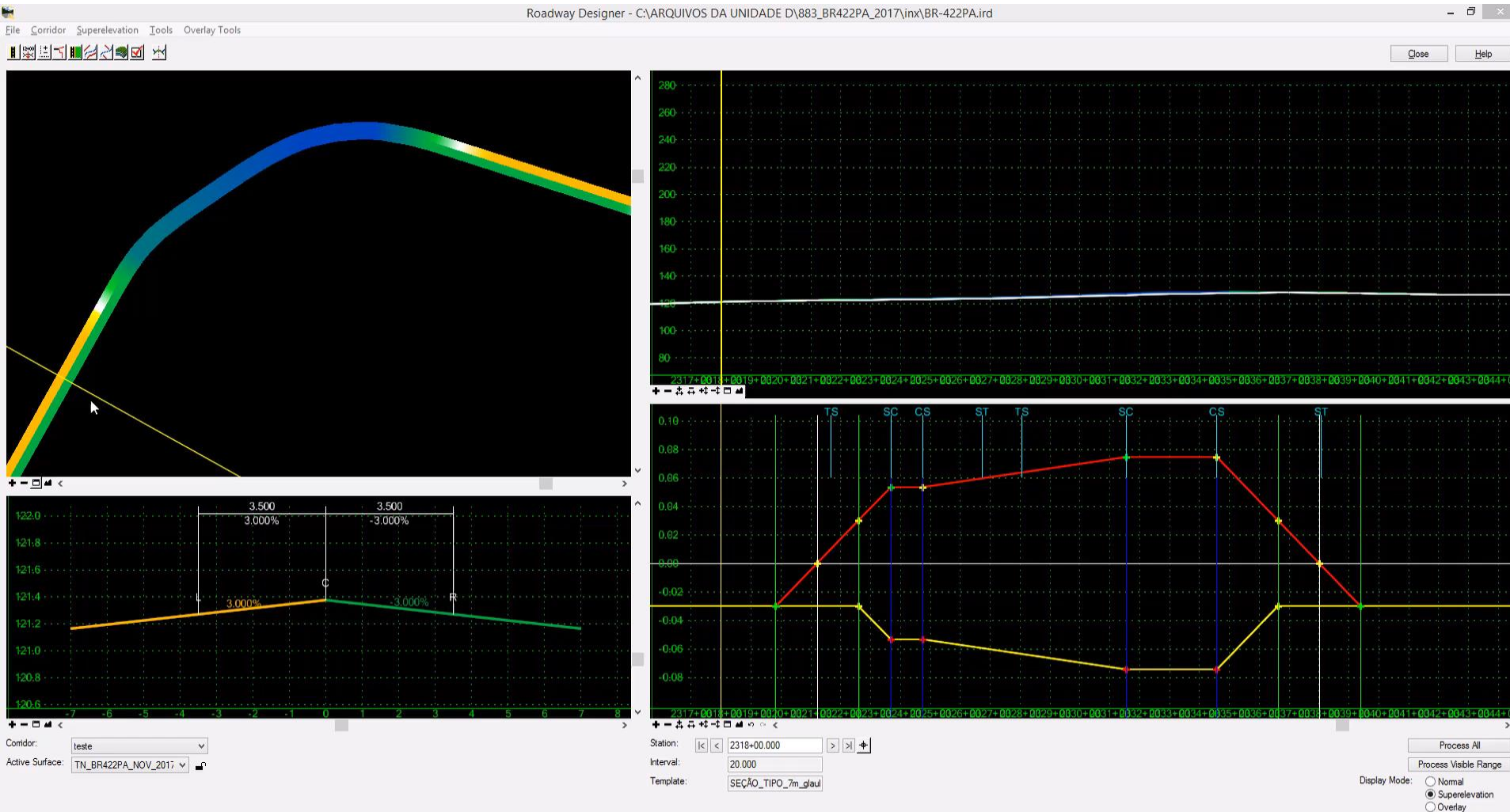
Curvas de mesmo Sentido



Superelevação

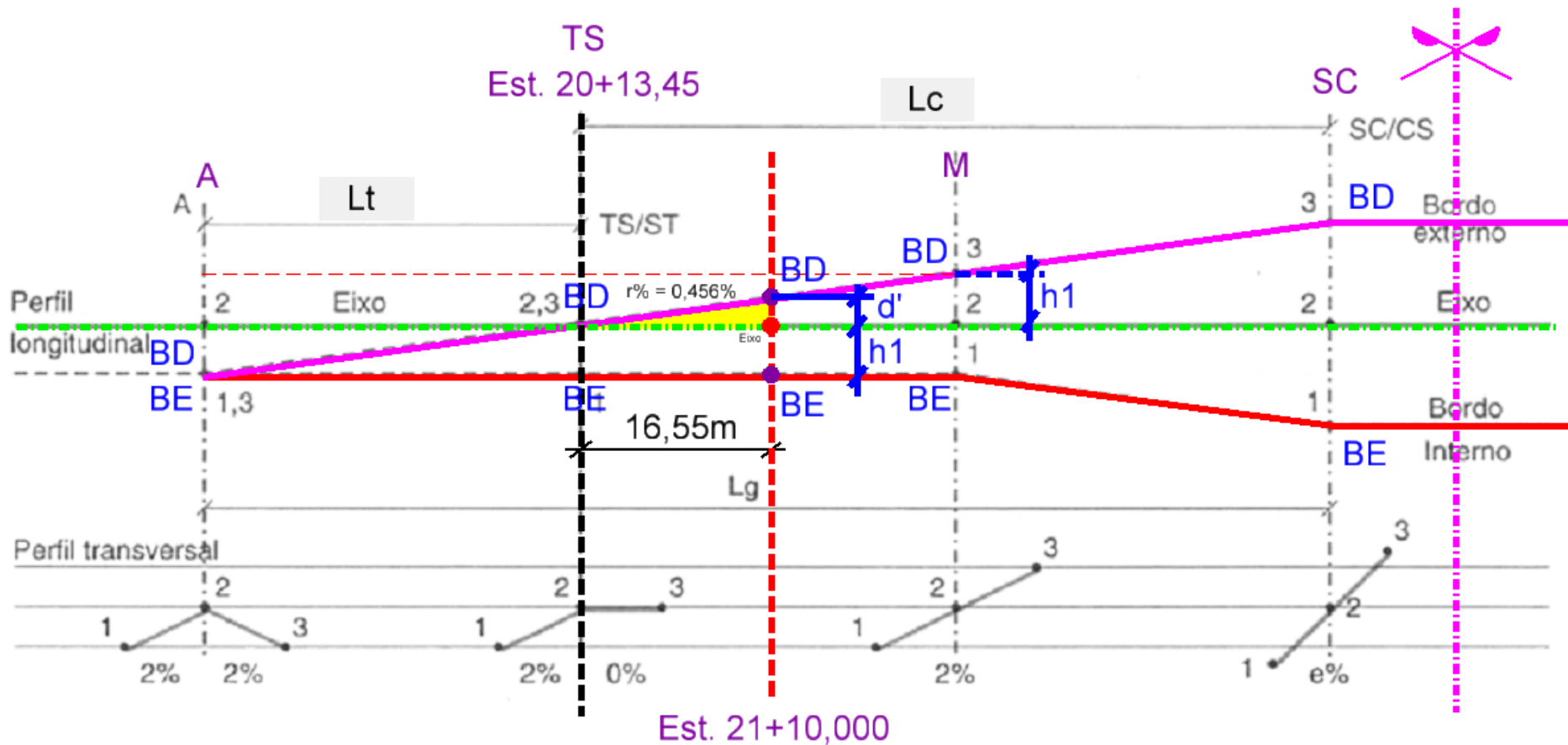
Projeto Geométrico em Seção (Superelevação)

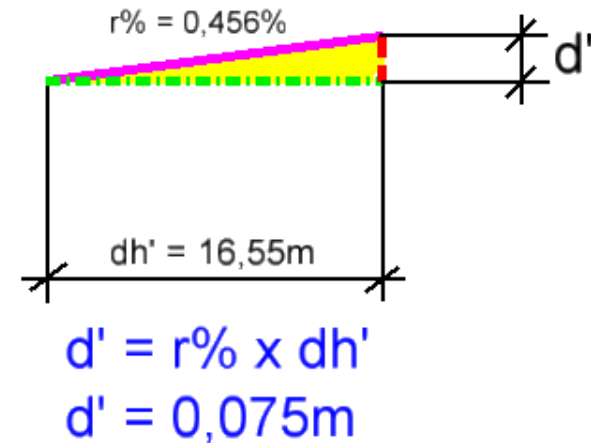
Curvas no mesmo Sentido



Superelevação

Cálculo da conta do ponto do bordo em qualquer ponto da curva





Softwares para Concepção de Projeto Geométrico

