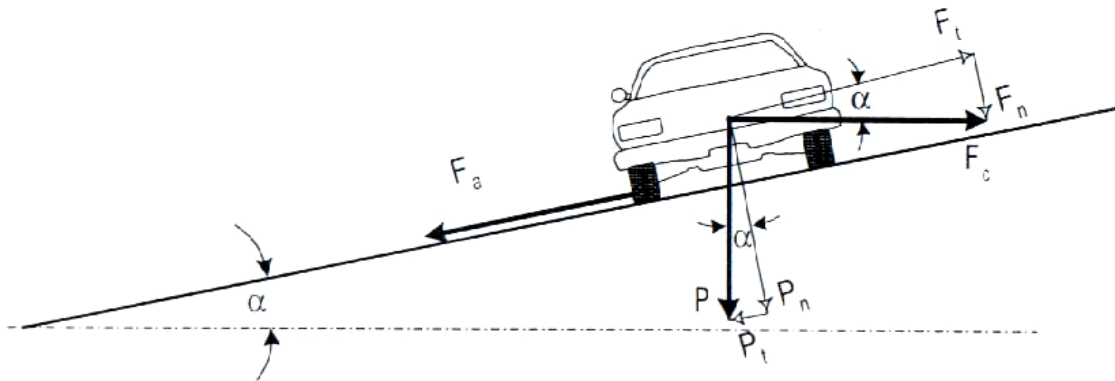


Superelevação e Superlargura

▪ Superelevação



1. Conceito e valores:

"É a inclinação transversal que se dá às pistas (e às plataformas de terraplenagem), nos trechos em curva, a fim de fazer frente a ação da F_c que atua sobre o veículo que executa a trajetória curvilínea"

Considerando dois eixos, um paralelo a superfície de rolamento (eixo x) e outro perpendicular (eixo y), temos então:

No eixo x:

$$F_a + P \operatorname{sen} \alpha = F_c \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

No eixo y:

$$P \cos \alpha + F_c \operatorname{sen} \alpha = N \quad (2)$$

Conhecendo os valores da força centrípeta, força de atrito:

$$F_c = \frac{m.V^2}{R} \quad (3)$$

$$F_a = f.N \quad (4)$$

Substituindo a equação 2 na equação 1, temos:

$$f.(P \cos \alpha + F_c \sin \alpha) + P \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \cos \alpha \quad (5)$$

Sendo:

$$P = m g$$

E $\sin \alpha \cong \text{tg } \alpha$ e $\cos \alpha \cong 1$ por se tratar de valores muito pequenos para o ângulo α , reescrevemos a equação 5 da seguinte forma:

$$\frac{v^2}{R} = g.\text{tg } \alpha + f.g + f \frac{v^2}{R}.\text{tg } \alpha \quad (6)$$

Trabalhando-se a expressão e considerando que $\text{tg } \alpha$ é a SE, temos:

$$\frac{v^2}{gR}.(1 - f.SE) = SE + f \quad (7)$$

Em casos normais de rodovias rurais, o coeficiente de atrito (f) e a superelevação (SE) são pequenos, de modo que o produto

entre eles aproxima-se de zero (0). Isolando a SE na equação (7):

$$SE = \frac{v^2}{g.R} - f \quad (8)$$

A Equação 8 considera as unidades do Sistema internacional. Convertendo para os valores usuais temos a fórmula da Superelevação:

$$SE = \frac{V^2}{127R} - f \quad (9)$$

Onde:

SE → Superelevação (m/m)

V → Velocidade Diretriz (Km/h)

R → Raio da Curvatura (m)

f → coeficiente de atrito transversal entre pneu e pavimento

A Tabela 1 nos dá os máximos valores de Superelevação.

Tabela 1 – SE máxima

$e_{máx}$	CASOS DE EMPREGO
12%	Máximo absoluto em circunstâncias específicas.
10 %	Máximo normal. Adequado para fluxo ininterrupto. Adotar para rodovias Classe 0 e Classe I em regiões planas e onduladas.
8%	Valor superior normal. Adotar para rodovias Classe I em regiões montanhosas e rodovias das demais classes de projeto.
6%	Valor inferior normal. Adotar para projetos em áreas urbanizadas ou em situações em que o tráfego está sujeito a reduções de velocidade ou paradas.
4%	Mínimo. Adotar em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente.

Os valores máximos admissíveis para os coeficientes de atrito, segundo uma velocidade diretriz são:

V(Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
f	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,11

Com os valores máximos de Superelevação e coeficientes de atrito, pode-se calcular o Raio Mínimo da curvatura através da equação 8. Estes valores encontram-se na Tabela 2:

Tabela 2 – Raios Mínimo de Curvatura para uma SE e V

Superelevação máxima ($e_{máx}$)	VELOCIDADE DIRETRIZ (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4 %	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6 %	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8 %	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595
10 %	25	45	75	115	155	210	265	345	435	540
12 %	20	45	70	105	145	195	245	315	400	490

Existem curvas, cujo raio é tão grande em relação à velocidade de projeto, que dispensam a Superelevação. Estes valores são Fornecidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Raios que dispensam SE

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

A equação 10 mostra os valores da Superelevação das curvas que apresentam raios intermediários entre os valores de raios mínimos e raios que dispensam superelevação.

$$SE_c = e_{máx} \left(\frac{2R_{min}}{R} - \frac{R_{min}^2}{R^2} \right) \quad (10)$$

É importante lembrar que existem **valores mínimos** para a SEc segundo a classe da rodovia:

$SEc \geq 2,0\%$ Classes I, II e III

$SEc \geq 3,0\%$ Classe IV

2. Comprimento de Distribuição:

Na curva circular: $L = C + l'$

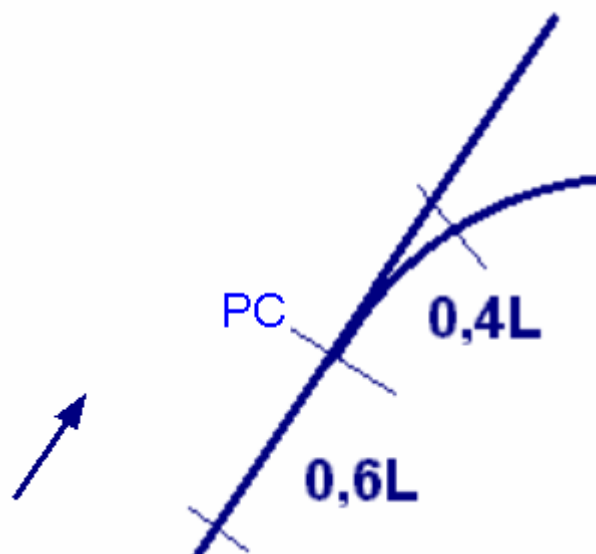
V km/h	40	50	60	70	80	90	100
C m	20	30	30	40	40	50	60

$$l' = \frac{i.C}{SEc}$$

i é a inclinação transversal em tangente.

SEc é a superelevação da curva em estudo.

L divide-se em 60% fora da curva e 40% dentro.

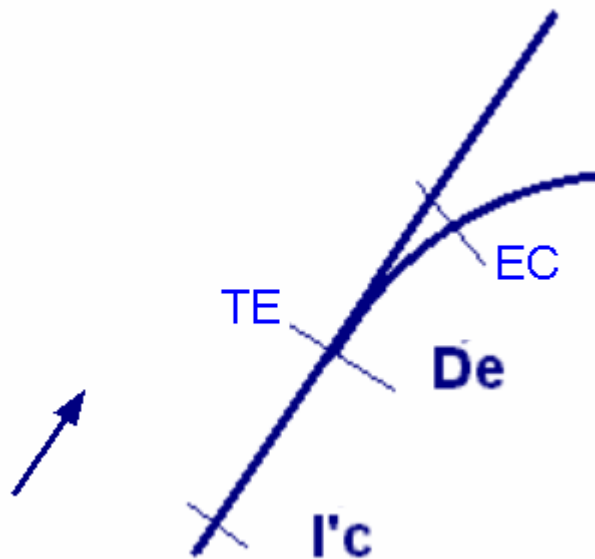


Curva de Transição: $L = De + l'c$

De é o comprimento da espiral de projeto

$$l'c = \frac{i \cdot De}{SEc}$$

Observe-se que $l'c$ está fora da curva.



Superlargura

1. Conceito:

"É um alargamento que se dá às faixas de rolamento (e à plataforma de Terraplenagem) nos trechos curvos, com a finalidade de melhorar as condições de segurança do tráfego, principalmente no que se refere à inscrição de veículos longos à curva".

2. Valor:

$$SL = n(R - \sqrt{R^2 - 36}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

n número de **faixas** de tráfego

SL Superlargura em m

R raio da curva em m

V velocidade de projeto em km/h

Usar SL somente quando o valor ≥ 40 cm

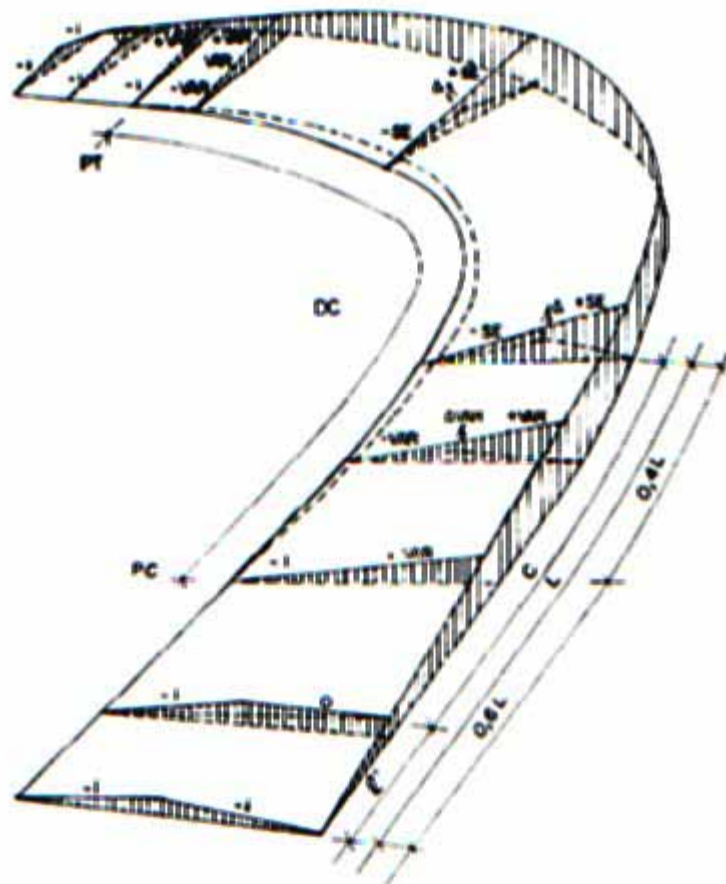
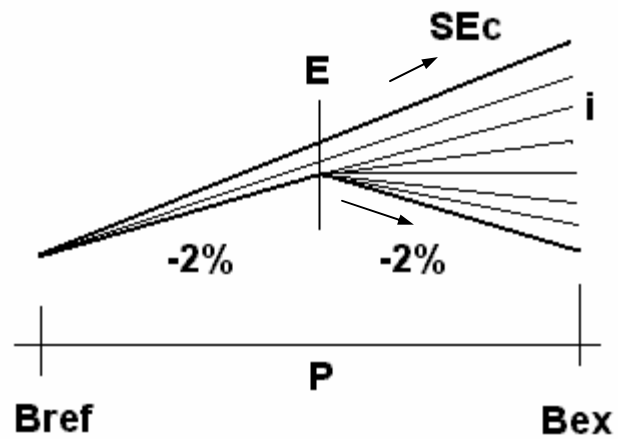
3. Comprimento de Distribuição:

É o mesmo da Superelevação.

- **Processos de distribuição da Superelevação e da Superlargura**

Super elevação

Processo: giro em torno do bordo de referência



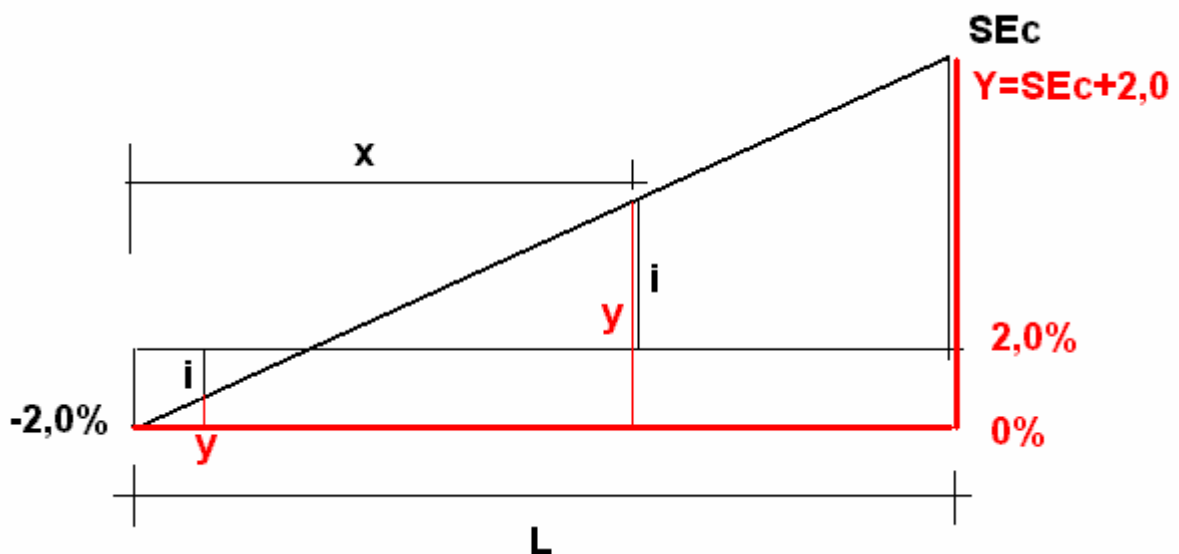
Pretende-se, com a distribuição da Superelevação, viabilizar o **cálculo da cota do bordo externo** nas estacas inteiras, ao longo do comprimento de distribuição "L".

Define-se um Bref rígido, afastado $Pa/2$ do eixo.

A inclinação da semiplataforma externa é variável de $-2,0\%$ até o **valor máximo da SEc**.

A distribuição da SE será **linear** ao longo do comprimento L , tanto para curvas circulares como para curvas de transição.

O gráfico seguinte demonstra a variação da inclinação i da semiplataforma externa:



De acordo com o esquema:

$$\begin{array}{l} \text{Em } L \quad \text{a SE varia} \quad Y = SEc + 2,0 \\ \text{Em } x \quad \text{a SE varia} \quad y \end{array}$$

$$y = \frac{Y \cdot x}{L}$$

Mas $y = i + 2,0$

Então: $i = y - 2,0$

Calcula-se a cota do Bex:

$$CB_{ex} = CE + i \frac{P}{2}$$

P será → P_a ou P_c aterro ou corte

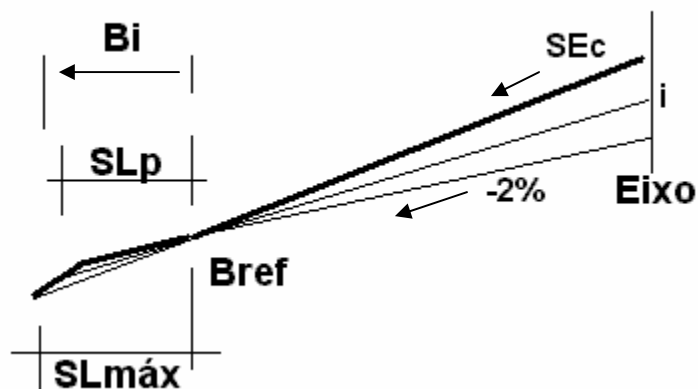
Quando $i > 2,0\%$ considera-se sempre CE_c (corrigida)

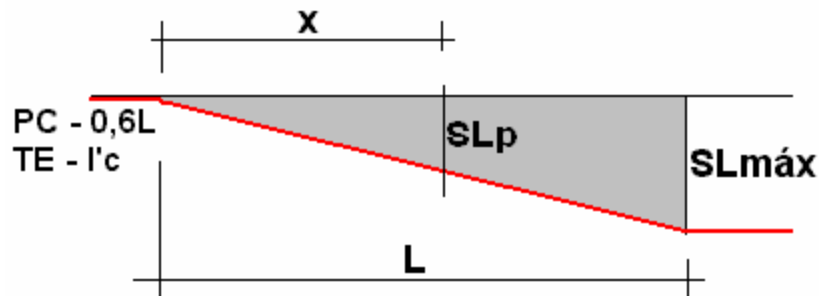
Então:

$$CE_c = CE + (i - 0,02) \frac{P_a}{2}$$

Superlargura

Pretende-se, com a distribuição da Superlargura, viabilizar o **cálculo da cota do bordo interno** nas estacas inteiras, ao longo do comprimento de distribuição "L".





Em L SL varia SLmáx
 Em x SL varia SLp

$$SLp = \frac{SLmáx \cdot x}{L}$$

Calcula-se a cota do Bi como:

$$CBi = CE - i \left(\frac{P}{2} + SLp \right)$$

Observar que:

Quando i calculado > 2,0% a CE deve ser CEC

Quando i calculado ≤ 2,0% utiliza-se sempre i = 2,0%

Se i calculado > 2,0% deve-se utilizar o valor i encontrado.

Após a distribuição em "L", no interior da curva, a **CBex** é sempre calculada através de:

$$CBex = CEC + SEc \cdot P/2$$

Após a distribuição em "L", no interior da curva a **CBi** é:

$$CBi = CEC - SEc(P/2 + SLmáx)$$

Na saída da curva o processo é inverso.