

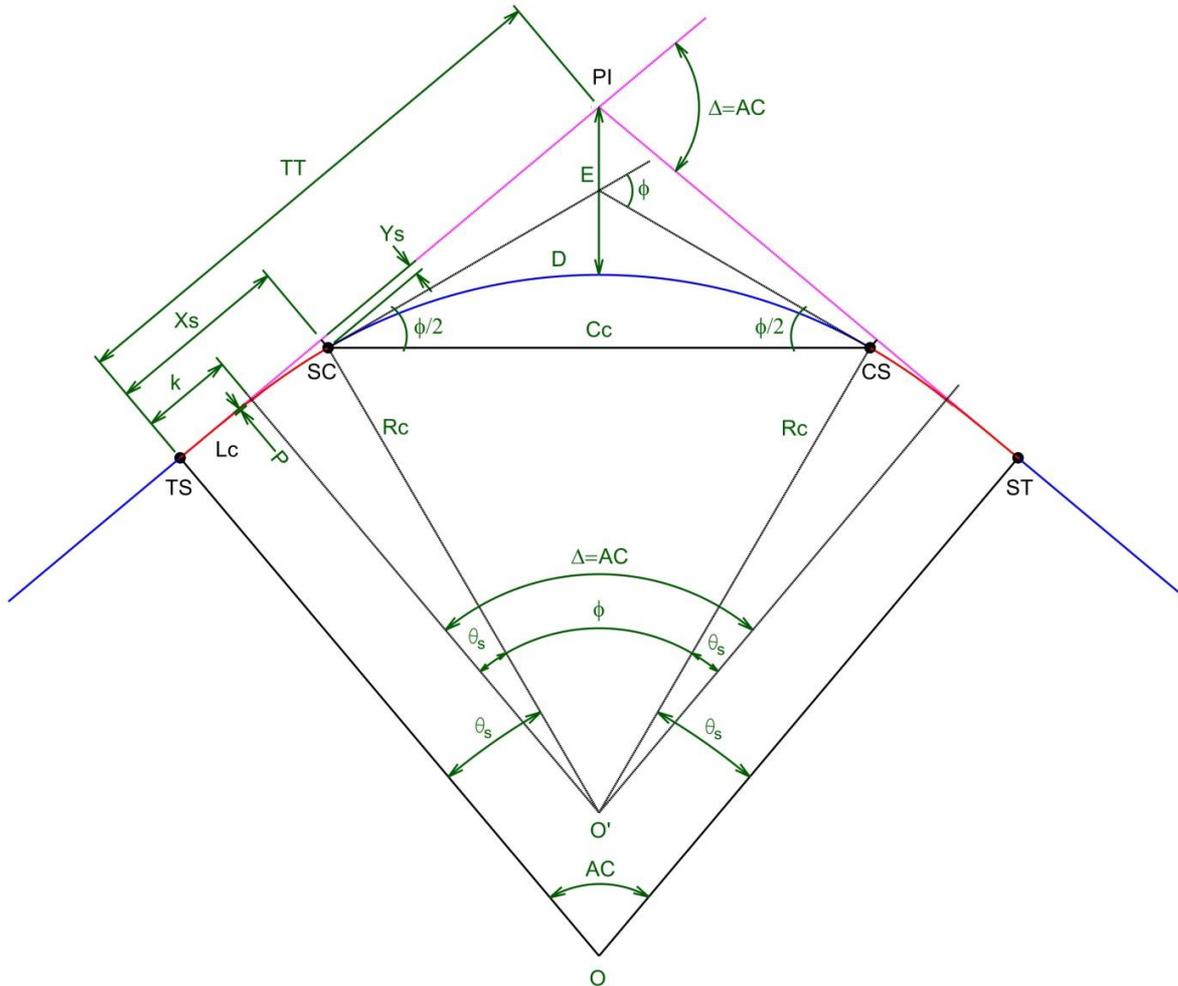
Projeto Geométrico Horizontal

Exercício Numérico – Parte 3

Curva Horizontal de Transição



Curvas de Concordância Horizontal de Transição



O' = Centro do trecho circular afastado

PI = Ponto de Interseção das tangentes

X_s = Abscissa dos pontos SC e CS

Y_s = Ordenada dos pontos SC e CS

K = Abscissa do centro O'

P = Afastamento da curva circular

θ_s = Ângulo de transição

ϕ = Ângulo central do trecho circular

AC = Ângulo Central

R_c = Raio da curva circular

E = Distância do PI a Circular da Curva

L_c = Comprimento da Espiral de Transição

D = Desenvolvimento do Trecho Circular

TT = Tangente Total

Curvas de Concordância Horizontal de Transição

Comprimentos máximo e mínimo da Espiral de Transição

$$LC_{min} = 0,036 \cdot \frac{V^3}{R_c}$$

LC_{min} = Comprimento mínimo de Transição (m)
V = Velocidade Diretriz (km/h)
 R_c = Raio da Curva Circular (m)

$$LC_{máx} = \frac{R_c \cdot \Delta^0 \cdot \pi}{180^0}$$

Δ = Deflexão da tangente em graus
 R_c = Raio da Curva Circular (m)

Curvas de Concordância Horizontal de Transição

$$\theta_s = \frac{Lc}{2 \cdot R_c} \left\{ \begin{array}{l} Lc = \text{Comprimento de Transição a adotar (m)} \\ R_c = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \end{array} \right.$$

$$Y_s = Lc \cdot \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} \right) \left\{ \begin{array}{l} Lc = \text{Comprimento de Transição a adotar (m)} \\ Y_s = \text{Ordenada dos pontos SC e CS (m)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \end{array} \right.$$

$$X_s = Lc \cdot \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} \right) \left\{ \begin{array}{l} Lc = \text{Comprimento de Transição a adotar (m)} \\ X_s = \text{Abscissa dos pontos SC e CS (m)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \end{array} \right.$$

Curvas de Concordância Horizontal de Transição

$$\phi = \Delta - 2 \cdot \theta_s \left\{ \begin{array}{l} \phi = \text{Ângulo central do trecho circular (rad)} \\ \Delta = \text{Deflexão da tangente (rad)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \end{array} \right.$$

$$k = X_s - R_c \cdot \text{sen} \left(\theta_s \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \right) \left\{ \begin{array}{l} R_c = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ X_s = \text{Abcissa dos pontos SC e CS (m)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \\ K = \text{Abcissa do centro O' (m)} \end{array} \right.$$

$$p = Y_s - R_c \cdot \left[1 - \text{cos} \left(\theta_s \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \right) \right] \left\{ \begin{array}{l} R_c = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ Y_s = \text{Ordenada dos pontos SC e CS (m)} \\ \theta_s = \text{Ângulo de transição (rad)} \\ P = \text{Afastamento da curva circular (m)} \end{array} \right.$$

Curvas de Concordância Horizontal de Transição

$$D = R_c \cdot \phi \quad \left\{ \begin{array}{l} D = \text{Desenvolvimento do Trecho Circular (m)} \\ R_c = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \phi = \text{Ângulo central do trecho circular (rad)} \end{array} \right.$$

$$TT = k + (R_c + p) \cdot \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} TT = \text{Tangente Total (m)} \\ R_c = \text{Raio da Curva Circular (m)} \\ \Delta = \text{Deflexão da tangente (graus)} \\ P = \text{Afastamento da curva circular (m)} \end{array} \right.$$

UNICAP – Universidade Católica de Pernambuco

Prof. Glauber Carvalho Costa

Estrada 1

$L_{c_{min}}$ = Comprimento mínimo de Transição (m)
 $L_{c_{max}}$ = Comprimento máximo de Transição (m)
 θ_s = Ângulo de transição
 X_s = Abscissa dos pontos SC e CS
 Y_s = Ordenada dos pontos SC e CS
 D = Desenvolvimento do Trecho Circular
 k = Abscissa do centro O'
 P = Afastamento da curva circular (m)

ϕ = Ângulo central do trecho circular
 TT = Tangente Total (m)
 E = Distância do PI a Circular da Curva (m)
 C = Taxa de variação da Aceleração Radial (m/s^2)
 V = Velocidade Diretriz (km/h)
 e = Taxa de Superelevação na curva circular (%)
 r_{max} = Rampa básica de Superelevação admissível (%)
 L = Largura de uma faixa de rolamento (m)
 F_m = Fator de Majoração

$$V := 70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$R_c := 350 \text{ m}$$

$$AC := 49 + \frac{22}{60} + \frac{44}{3600}$$

$$AC = 49.37888889 \text{ graus}$$

A- Cálculo do Comprimento Mínimo da Espiral de Transição ($L_{c_{min}}$)

A1 - Critério Dinâmico ou Solavanco Transversal Admissível - Critério de Conforto

$$C := 0.60 \quad C = \text{Taxa de variação da Aceleração Radial (m/s}^2\text{)}$$

$$L_{c_{min1}} := \frac{0.0214 \cdot V^3}{R_c \cdot C} \quad \left(\frac{0.0214}{C} \right) = 0.036$$

$$L_{c_{min1}} := \frac{0.036 \cdot V^3}{R_c} \quad L_{c_{min1}} = 35.28 \text{ m}$$

A.2 - Critério do comprimento mínimo absoluto

Quadro 5.4.5.3 - Comprimentos mínimos absolutos de L

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
L (m)	30	30	30	40	40	50	60	60	70

$$L_{c_{\min 2}} := 40.000 \text{ m}$$

A.3 - Critério da rampa máxima de superelevação admissível

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
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)

$$e_{\max} := 8 \%$$

$$R_{\min} := 170 \text{ m}$$

OBS: e_{\max} e R_{\min} variam em Função da Classe da Rodovia

$$e^{\%} := e_{\max} \cdot \left(\frac{2 \cdot R_{\min}}{R_c} - \frac{R_{\min}^2}{R_c^2} \right) \quad e^{\%} = 5.884 \%$$

$$L_{\text{www}} := 3.5 \text{ m (dado)}$$

$$F_m := 1.0 \text{ (Pista com uma faixa de rolamento)}$$

$$r^{\%} := 0.54 \text{ (Tabela 5.4.5.4)}$$

$$L_{c_{\min 3}} := F_m \cdot \frac{e^{\%} \cdot L}{r^{\%}} \quad L_{c_{\min 3}} = 38.138 \text{ m}$$

A6 - O valor do L_{\min} deverá ser o maior dos três $L_{c_{\min}}$ ($L_{c_{\min 1}}$, $L_{c_{\min 2}}$, $L_{c_{\min 3}}$), devendo ser múltiplo de 10m ou de 20m

$$L_{c_{\min}} := \max(L_{c_{\min 1}}, L_{c_{\min 2}}, L_{c_{\min 3}}) \quad L_{c_{\min}} = 40 \text{ m}$$

Logo tem-se que $L_{c_{\min}} := 40.00 \text{ m}$

B- Cálculo do Comprimento Máximo da Espiral de Transição ($L_{c_{\max}}$)

$$L_{c_{\max}} := \frac{AC \cdot \pi \cdot R_c}{180} \quad L_{c_{\max}} = 301.638 \text{ m}$$

Tem-se que o valor do comprimento da Espiral (L_c), deverá ser maior que o $L_{c_{\min}}$ e menor que o $L_{c_{\max}}$

Logo, o L_c pode ser igual a $L_c := 40.00 \text{ m}$

C- Cálculo do Ângulo de transição

$$\theta_s := \frac{L_c}{2R_c} \quad \theta_s = 0.057143 \text{ rad}$$

D- Abscissa dos pontos SC e CS

$$X_s := L_c \cdot \left(1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} \right) \quad X_s = 39.987 \text{ m}$$

E- Ordenada dos pontos SC e CS

$$Y_s := L_c \cdot \left(\frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} \right) \quad Y_s = 0.762 \text{ m}$$

F- Ângulo central do trecho circular

$$AC_{\text{rad}} := \frac{AC \cdot \pi}{180} \quad \phi := AC_{\text{rad}} - 2 \cdot \theta_s \quad \phi = 0.748 \text{ rad}$$

G- Abscissa do centro O

$$k := X_s - R_c \cdot \sin(\theta_s) \quad k = 19.998 \text{ m}$$

H- Afastamento da curva circular

$$P := Y_s - R_c \cdot (1 - \cos(\theta_s)) \quad P = 0.19 \text{ m}$$

I- Desenvolvimento do Trecho Circular

$$D := R_c \cdot \phi \quad D = 261.638 \text{ m}$$

J- Tangente Total

$$TT := k + (R_c + P) \cdot \tan\left(\frac{AC}{2}\right) \quad TT = 180.989 \text{ m}$$

Est. (Início)

$$\text{Est. (TS)} = \text{Est. (Início)} + d1$$

$$\text{Est. (SC)} = \text{Est. (TS)} + LC$$

$$\text{Est. (CS)} = \text{Est. (SC)} + D'$$

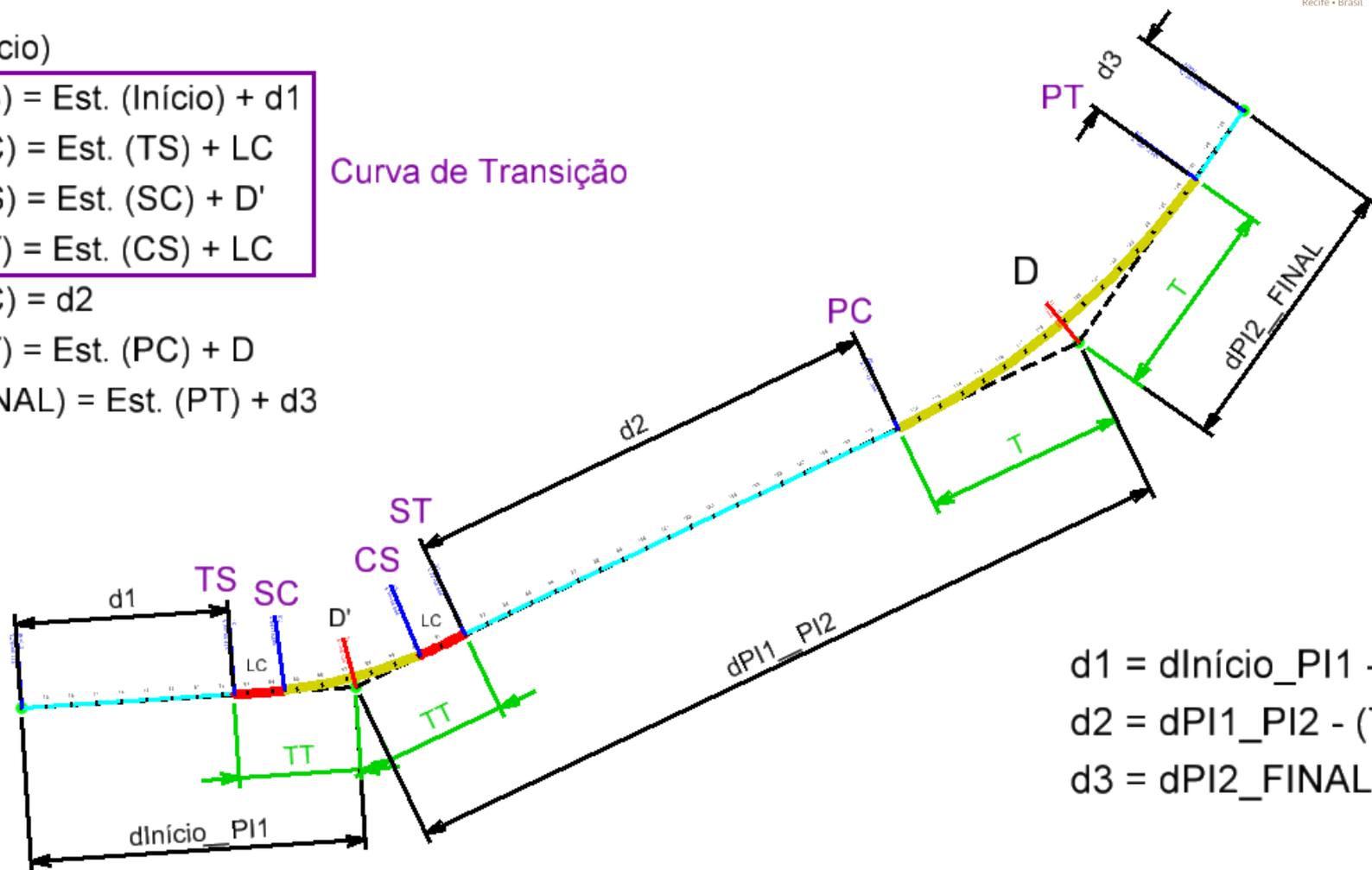
$$\text{Est. (ST)} = \text{Est. (CS)} + LC$$

$$\text{Est. (PC)} = d2$$

$$\text{Est. (PT)} = \text{Est. (PC)} + D$$

$$\text{Est. (FINAL)} = \text{Est. (PT)} + d3$$

Curva de Transição



$$d1 = d_{\text{Início_PI1}} - TT$$

$$d2 = d_{PI1_PI2} - (TT+T)$$

$$d3 = d_{PI2_FINAL} - T$$