

Gabarito:

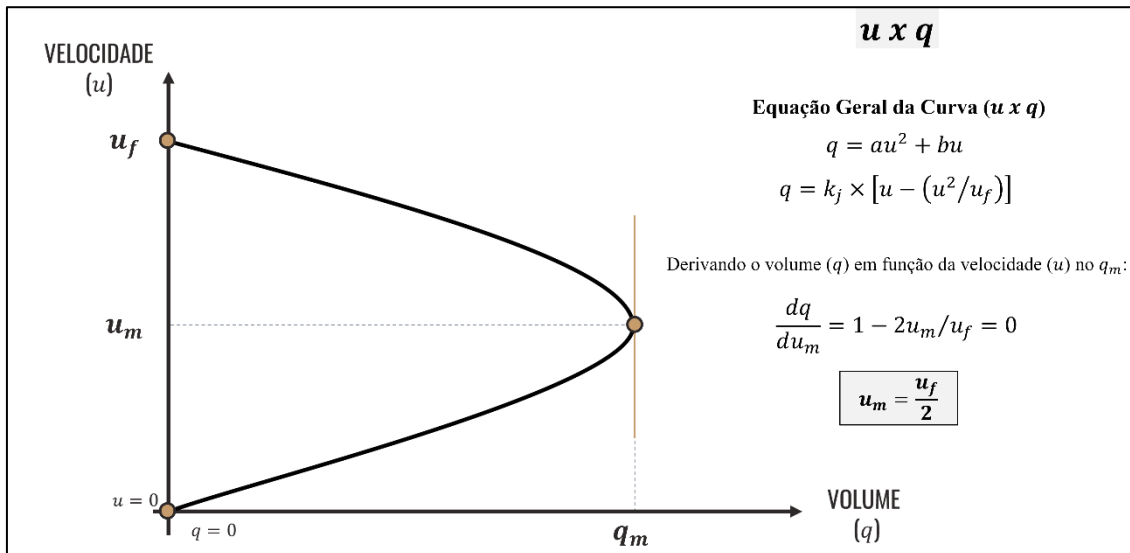
Questão 1

Dados fornecidos no problema:

- Equação geral da curva: $q = au^2 + bu$
- Capacidade: $q_m = 1.850 \text{ veic/h}$
- Velocidade Crítica: $u_m = 55 \text{ km/h}$

a) Velocidade de fluxo livre (u_f):

De acordo com o Modelo de Greenshields:



$$u_f = 2 \times u_m$$

$$u_f = 110 \text{ km/h}$$

b) Densidade de congestionamento (k_j):

De acordo com a Equação de Continuidade do Tráfego:

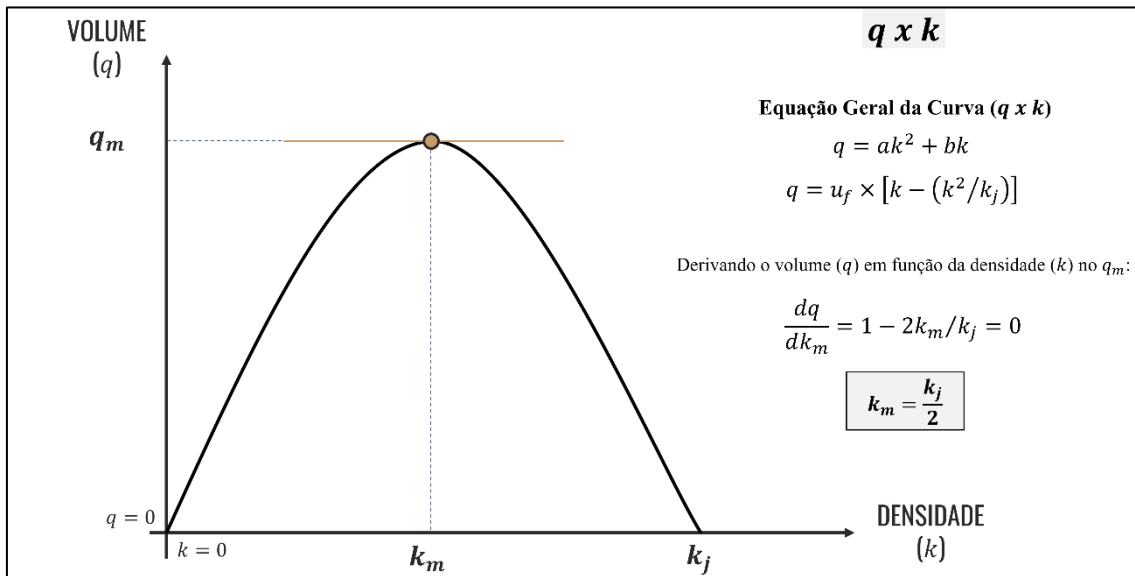
$$q = k \times u$$

$$q_m = k_m \times u_m \rightarrow k_m = \frac{q_m}{u_m}$$

$$q_m = 1.850 \text{ veic/h}; u_m = 55 \text{ km/h}$$

$$k_m = 33,64 \text{ veic/km}$$

De acordo com o Modelo de Greenshields:

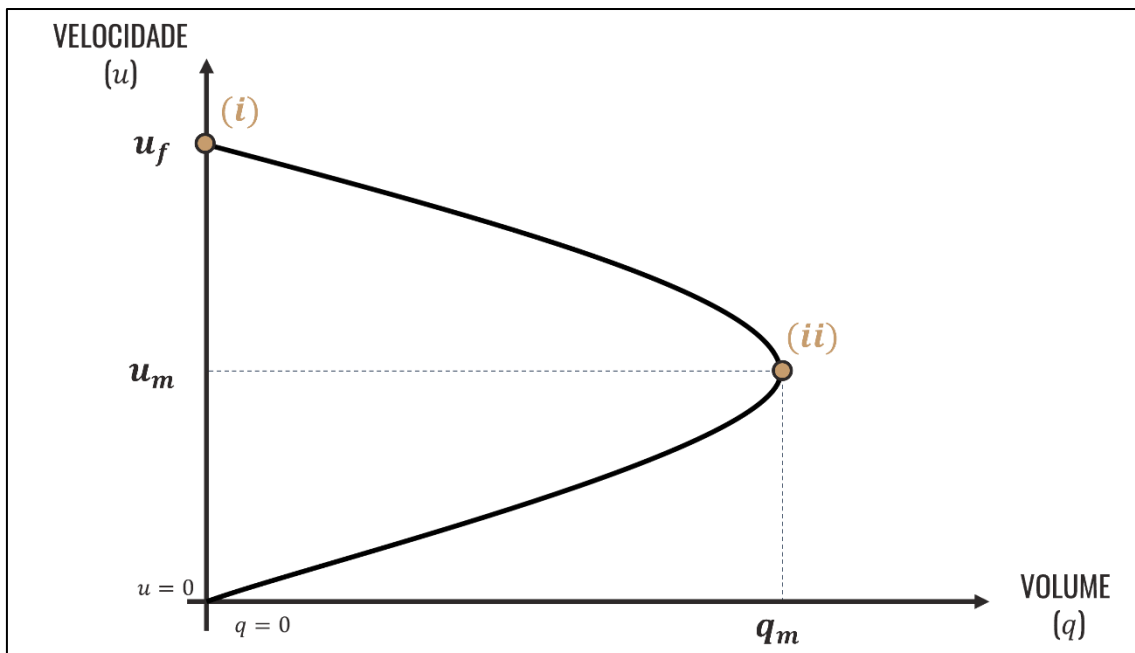


$$k_j = 2 \times k_m$$

$$k_j = 33,64 \text{ veic/km}$$

c) Equação da curva da relação velocidade-fluxo (u x q):

Considerando os pontos (i e ii) indicados no gráfico abaixo, temos:



- Ponto i ($0, u_f$)

$$q = au_f^2 + bu_f$$

$$0 = a(110^2) + b(110)$$

$$a = \frac{-b}{110} \rightarrow a = \frac{-67,28}{110}$$

$$\mathbf{a = -0,61}$$

- Ponto ii (q_m, u_m)

$$q_m = au_m^2 + bu_m$$

$$1.850 = a(55^2) + b(55)$$

$$1.850 = \left(\frac{-b}{110}\right)(55^2) + b(55)$$

$$\mathbf{b = 67,28}$$

Considerando os coeficiente (a e b) encontrados, temos a seguinte equação da curva da relação *velocidade-fluxo* ($u \times q$) do trecho em questão:

$$\mathbf{q = -0,61u^2 + 67,28u}$$

d) Velocidade (u) no regime de fluxo congestionado quando o fluxo (q) é igual a 1.000 veic/h.

Considerando a equação encontrada no item anterior, temos:

$$q = -0,61u^2 + 67,28u$$

Para $q = 1.000$, temos:

$$-0,61u^2 + 67,28u - 1.000 = 0$$

Aplicando Bhaskara:

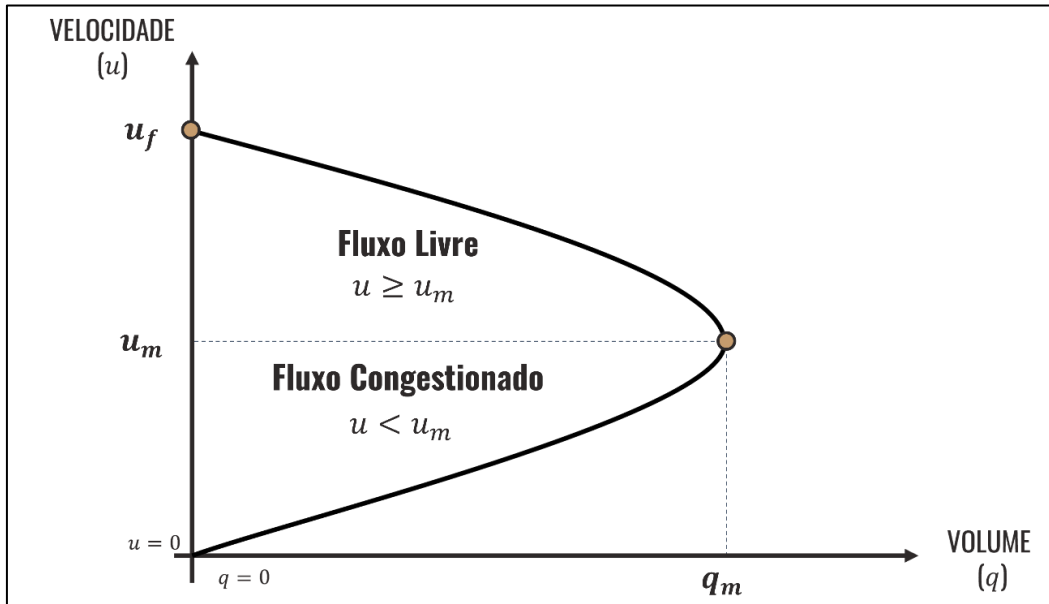
$$a = -0,61; b = 67,28; c = 1.000 ; \Delta = b^2 - 4(a \times c) = 2.086,60$$

$$u' = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$u'' = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$u' = 17,71 \text{ km/h}$	$u'' = 92,59 \text{ km/h}$
---------------------------	----------------------------

Conforme o gráfico abaixo, temos:

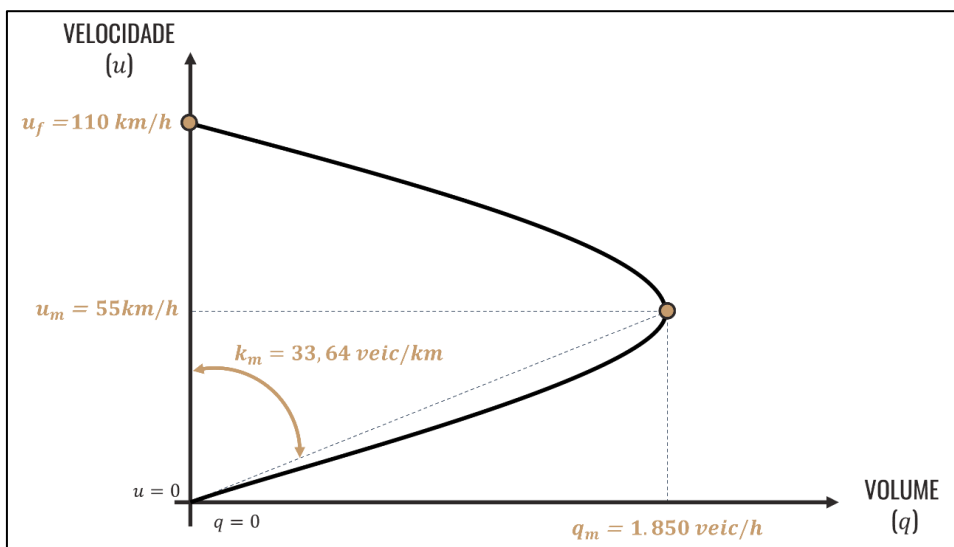


A velocidade (u) correspondente ao Regime de Fluxo Congestionado (RFC) deverá ser menor do que a velocidade crítica (u_m) . Nesse sentido, dentre as raízes da equação de segundo grau que foram encontradas $(u'$ e u''), aquela que se encontra no RFC é:

$$u' = 17,71 \text{ km/h}$$

$$(u' = 17,71 \text{ km/h} < u_m = 55 \text{ km/h})$$

e) Esboço do gráfico:



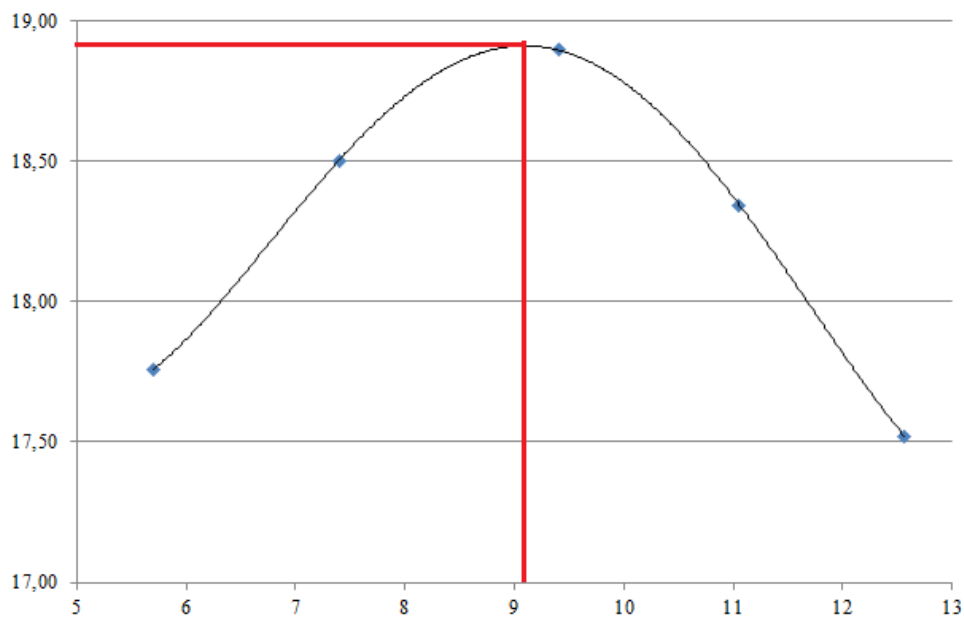
Questão 2

- Cálculo dos pesos específicos secos e teores de umidade

Número do cilindro	1	2	3	4	5
Massa do cilindro + solo úmido (g)	4260	4370	4450	4420	4355
Massa de solo úmido (g)	1880	1990	2070	2040	1975
Peso específico (kN/m^3)	18,77	19,87	20,67	20,37	19,72

Massa da cápsula + solo úmido (g)	73,78	84,56	69,94	92,14	79,10
Massa da cápsula + solo seco (g)	71,87	81,70	66,76	87,89	74,61
Massa da cápsula (g)	38,40	43,04	32,93	49,45	38,87
Massa de água na amostra (g)	1,91	2,86	3,18	4,25	4,49
Massa de solo seco (g)	33,47	38,66	33,83	38,44	35,74
Teor de umidade (%)	5,71	7,40	9,40	11,06	12,56
Peso específico seco (kN/m^3)	17,76	18,50	18,90	18,34	17,52

- Curva de compactação e definição dos parâmetros de projeto



$$\gamma_{d,m\acute{a}x} \cong 18,90 \text{ kN} / \text{m}^3; \quad w_{\acute{o}t} \cong 9,1\%$$

- Cálculo da massa específica/peso específico do solo *in situ*

$$\rho_{\text{areia}} = \frac{M}{V} \therefore 1685 = \frac{7,50 - 4,75 - 0,555}{V} \therefore V = 1,3027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{solo}} = \frac{M}{V} \therefore \rho_{\text{solo}} = \frac{2,710}{1,3027 \cdot 10^{-3}} \therefore \rho_{\text{solo}} = 2080,29 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\rho_{d,\text{solo}} = \frac{\rho}{1+w} \therefore \rho_{d,\text{solo}} = \frac{2080,29}{1+0,09} \therefore \rho_{\text{solo}} = 1908,52 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- Cálculo do grau de compactação e do desvio de teor de umidade

$$GC = \frac{\gamma_{d,\text{campo}}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \therefore GC = \frac{19,09}{18,90} \cdot 100\% \therefore GC \cong 101\%$$

$$w_{\acute{o}t} - 2\% = 7,1\%$$

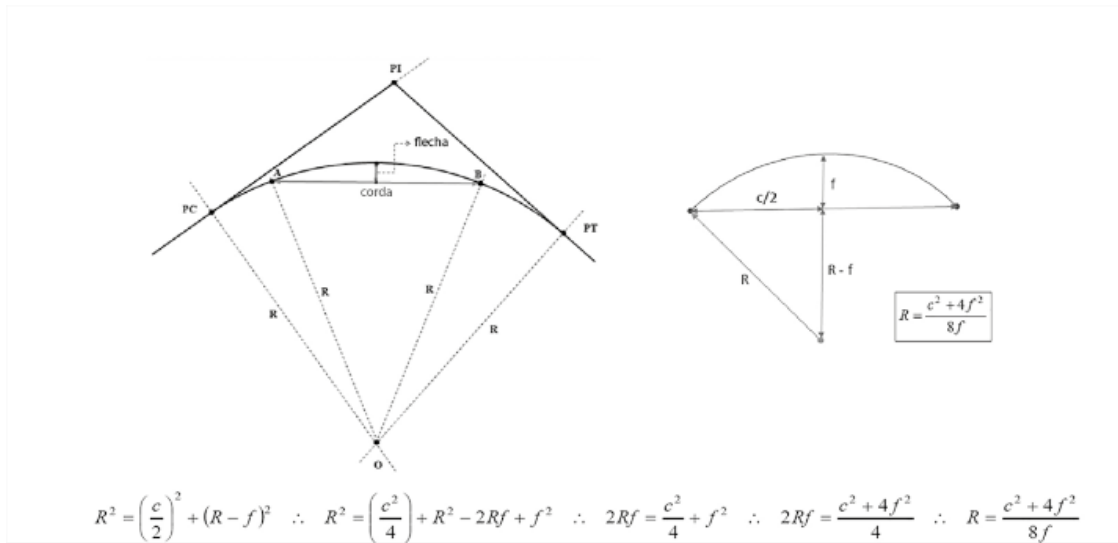
$$w_{\acute{o}t} + 2\% = 11,1\%$$

- Conclusão

Tendo em vista que o grau de compactação é superior ao especificado (101% > 95%) e que o teor de umidade obtido *in situ* (9%) está entre o intervalo de +- 2%, os critérios de qualidade foram atendidos, ou seja, a camada está aprovada.

Questão 3

1) Determinar o raio



$$\text{(RAIO)} R = \frac{604,253^2 + 4 \times 63,546^2}{8 \times 63,546} = 750 \text{ m}$$

2) Cálculos elementos

$$\text{a) } T = R \cdot \text{tg} \frac{AC}{2} \Rightarrow T = 750 \times \text{tg} \left(\frac{47^\circ 30' 40''}{2} \right) \Rightarrow T = 330,095 \text{ m}$$

$$\text{b) } D = \frac{\pi \cdot R \cdot AC}{180^\circ} \Rightarrow D = \frac{\pi \cdot 750 \times 47^\circ 30' 40''}{180^\circ} \Rightarrow D = 621,919 \text{ m}$$

⊗ Observações:

Os ângulos devem estar decimalizados para se executar as operações;

O valor de π deve ser o da calculadora (3,1415...).

$$\text{Est.PC} = \text{EST.PI} - T \Rightarrow \text{Est.PC} = \text{Est.}(47 + 12,30) - 330,095 \Rightarrow$$

$$\text{Est.PC} = 952,300 - 330,095 \Rightarrow \text{Est.PC} = 622,205 \text{ m} \Rightarrow \text{Est.PC} = 31 + 2,205 \text{ m}$$

$$\text{Est.PT} = \text{EST.PC} + D \Rightarrow \text{Est.PT} = \text{Est.}(31 + 2,205) + 621,919 \Rightarrow$$

$$\text{Est.PT} = 622,205 + 621,919 \Rightarrow \text{Est.PT} = 1.244,124 \text{ m} \Rightarrow \text{Est.PT} = 62 + 4,124 \text{ m}$$

Questão 4

H_m = aproximadamente 73 cm

H_n = aproximadamente 38 cm

H_{20} = aproximadamente 29 cm

Espessura do revestimento = no mínimo 12,5 cm (devido ao valor do número N).

$$R \times K_{rev} + B \times K_b \geq H_{20}$$

$$12,5 \times 2 + B \times 1 \geq 29$$

$$B = 29 - 25 = 4 \text{ cm}$$

$$B = 4 \text{ cm}$$

Valor da base a ser utilizada = 15 cm

$$R \times K_{rev} + B \times K_b + h_{20} \times K_s \geq H_n$$

$$h_{20} = 38 - 25 - 15 = -2$$

Adotar 15 cm de espessura de sub-base

$$R \times K_{rev} + B \times K_b + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$

$$h_n = 73 - 25 - 15 = 18 \text{ cm}$$

Espessura total: 12,5 + 15 + 15 + 18 = 60,5 cm

NÃO HÁ PROBLEMA CASO AS ESPESSURAS ESCOLHIDAS SEJAM 20 CM PARA BASE, SUB-BASE E REFORÇO DO SUBLEITO.