

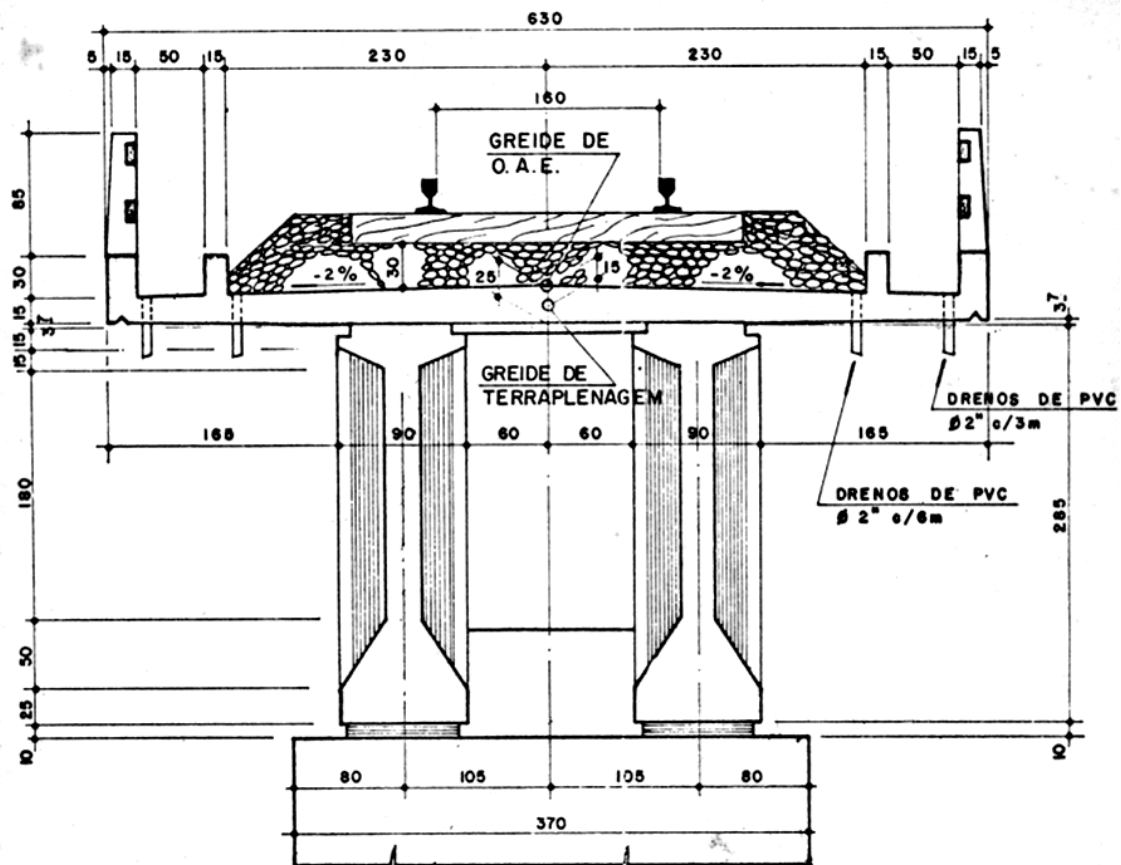


Ponte Ferroviária da empresa Engefer

Projeto : Eng. Fernando Uchoa Cavalcanti

Publicação : Revista ESTRUTURA 93 – Dezembro 1980

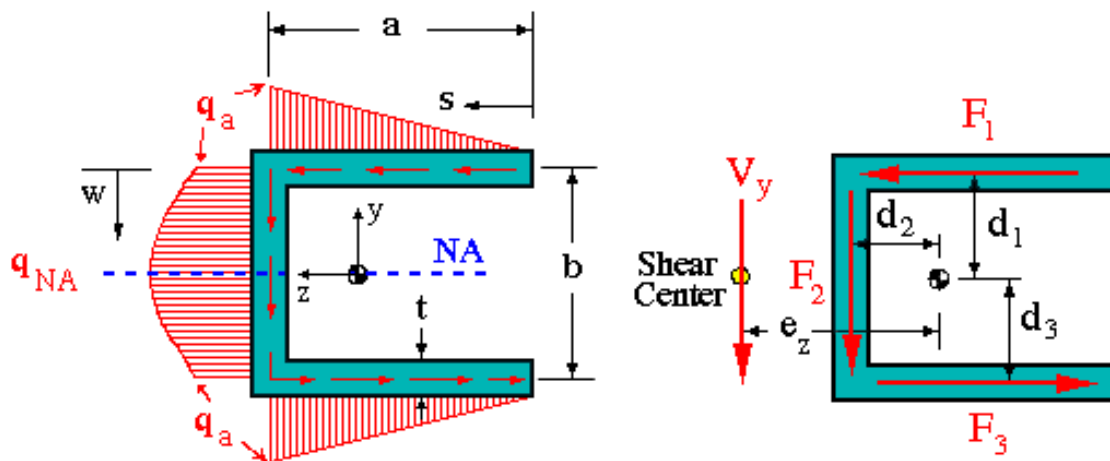
Cálculos feitos como exercício em sala de aula.





Centro de cisalhamento.

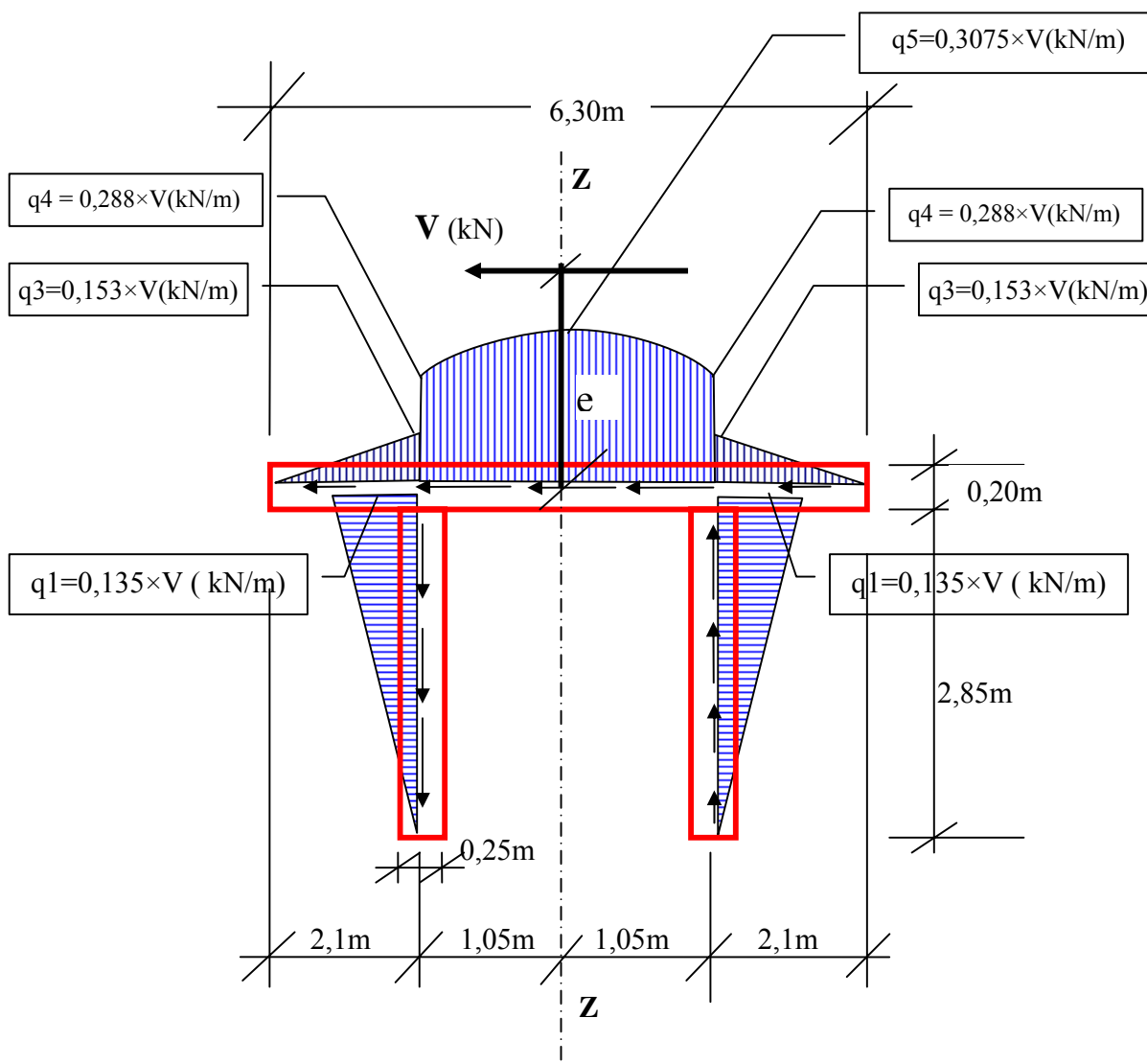
(Figura típica dos livros de Resistência dos Materiais)



Se uma carga atua no centro de cisalhamento não há torção na viga . Ocorre apenas uma flexão.



No caso da ponte ferroviária da Engefer



Momento de Inércia $I_{zz} = 5,746m^4$

$$q_1 = \frac{V(kN)}{I_{zz}(m^4)} \times 0,25m \times 2,95m \times 1,05m = \frac{V(kN)}{I_{zz}(m^4)} \times 0,7744m^3 = \frac{0,135 \times V(kN)}{m}$$

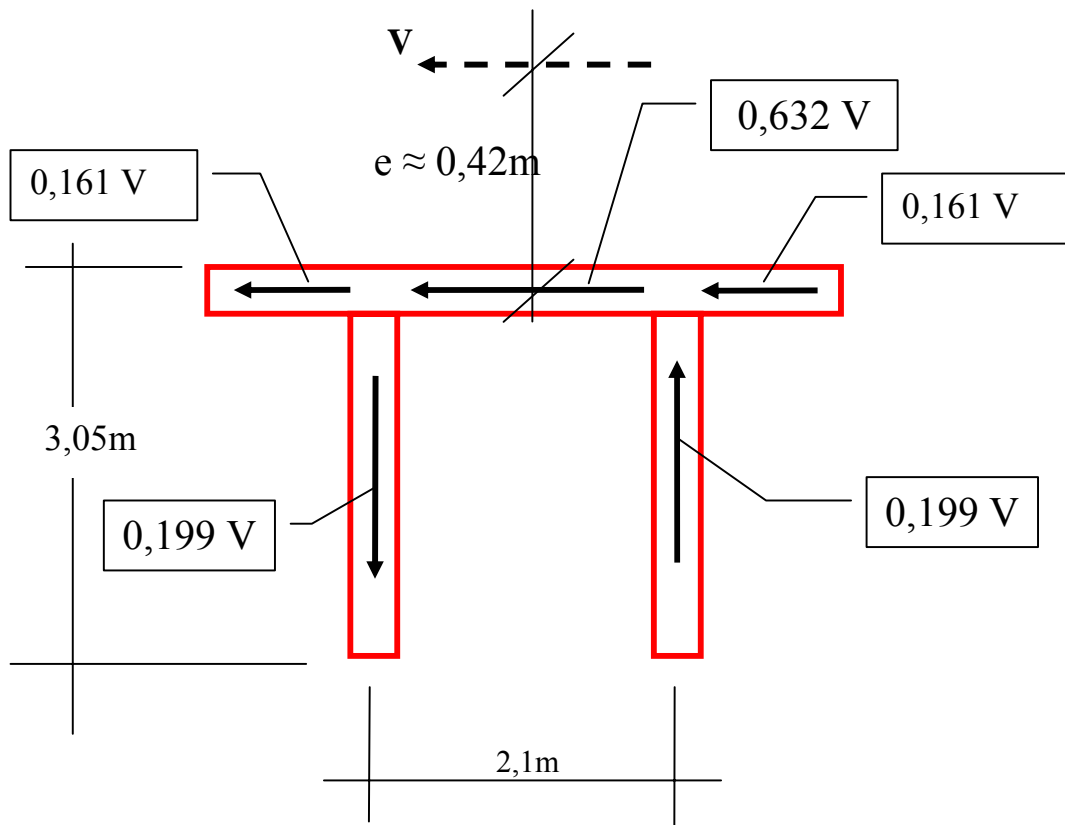
$$q_3 = \frac{V(kN)}{I_{zz}(m^4)} \times (0,20m \times 2,1m) \times \left(1,05m + \frac{2,1m}{2}\right) = \frac{V(kN)}{I_{zz}(m^4)} \times 0,882m^3 = \frac{0,153 \times V(kN)}{m}$$



Momento estático no CG :

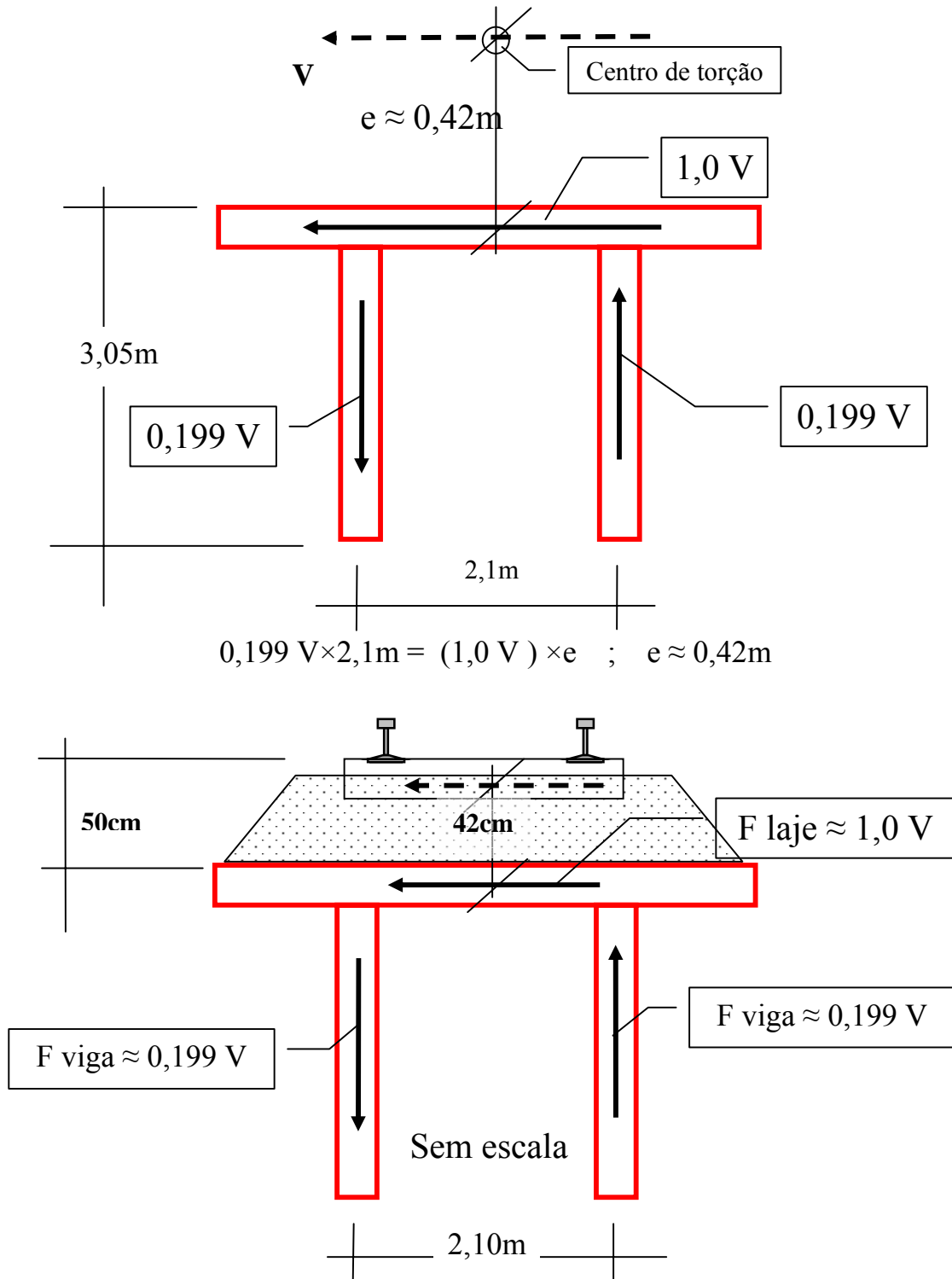
$$E_{CG} = 0,20 \text{ m} \times 3,15 \text{ m} \times (3,15 \text{ m} / 2) + 0,25 \text{ m} \times 2,95 \text{ m} \times 1,05 \text{ m} = 0,99225 \text{ m}^3 + 0,7744 = 1,7666 \text{ m}^3$$

$$q_5 = \frac{V(kN)}{5,746 \text{ m}^4} \times 1,7666 \text{ m}^3 = 0,3075 \times V(kN / m)$$



$$0,199 \text{ V} \times 2,1 \text{ m} = (0,161 \text{ V} + 0,632 \text{ V} + 0,161 \text{ V}) \times e \approx (1,0 \text{ V}) \times e$$

$$e \approx 0,42 \text{ m}$$



Centro de cisalhamento muito próximo do nível do trilho que aplica a força horizontal transversal. Boa Coincidência !



Não existe torção no tabuleiro devida a forças transversais de *Lacet* aplicadas nos trilhos pelas rodas do trem .

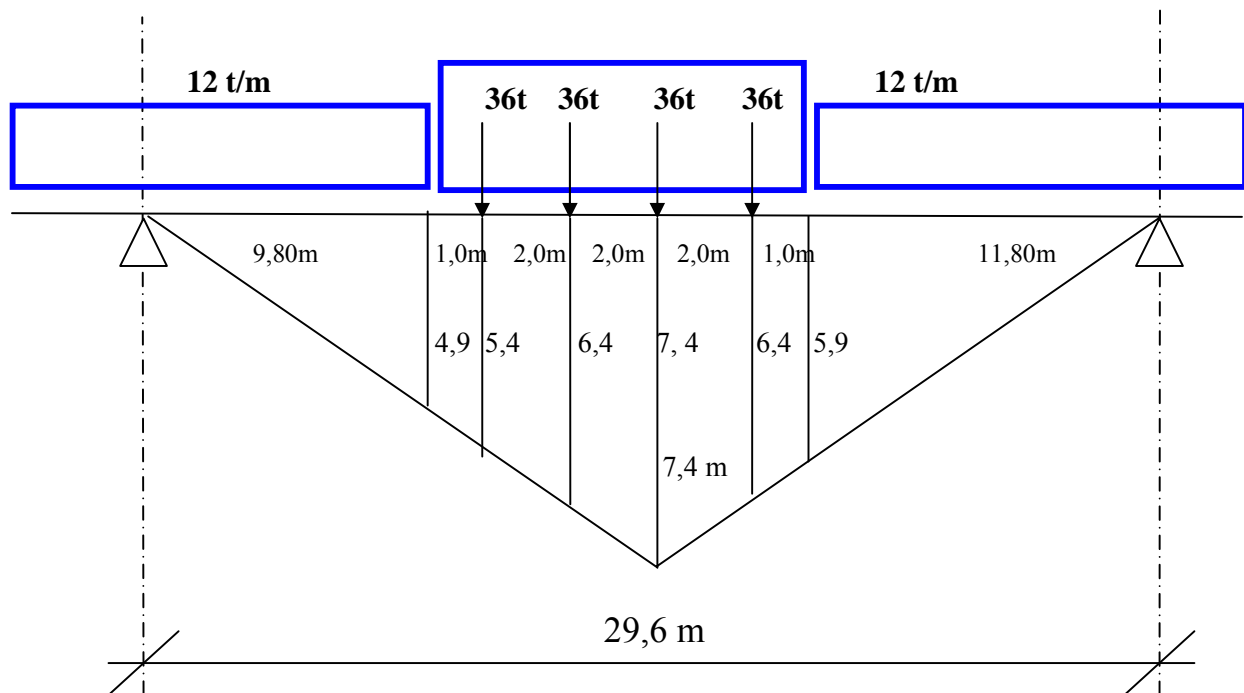
Existe apenas flexão num plano horizontal .

Carga horizontal transversal devida à carga móvel :

Consideramos uma carga horizontal transversal de 20% de toda a carga vertical :


Observação: Essa hipótese é bem mais rigorosa do que a da norma NBR 7187/1987 que manda considerar apenas 20% do eixo mais carregado. A hipótese da norma usa uma carga muito pequena, basta verificar a forte vibração lateral das pontes ferroviárias.,

Trem tipo TB360



Momento fletor no plano vertical:

$$\begin{aligned} M &= (5,4 + 6,4 + 7,4 + 6,4) \text{ m} \times 360 \text{ kN} = 9216 \text{ kN.m} \\ &+ (4,9 \text{ m} \times 9,80 \text{ m} / 2) \times 120 \text{ kN/m} = 2881 \text{ kN.m} \\ &+ (5,9 \text{ m} \times 11,80 \text{ m} / 2) \times 120 \text{ kN/m} = 4177 \text{ kN.m} \\ M \text{ total} &= 16\,274 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

	Concreto Protendido Notas de aula	Ponte ferroviária Flexão horizontal	Prof. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 7/8
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-------------

Coefficiente de impacto : Com $L = 29,6\text{m}$: Coeficiente de impacto :

$$\varphi = 1,6 - 0,06\sqrt{L} + 0,00225 \times L$$

$$\varphi = 1,6 - 0,06\sqrt{29,6} + 0,00225 \times 29,6 = 1,6 - 0,326 + 0,067 = 1,34$$

$$M_{\text{total}} \times \varphi = 16\,274 \text{ kN.m} \times 1,34 = 21\,807 \text{ kN.m}$$

Considerando todo o vão com a carga distribuída :

$$M = 120 \text{ kN/m} \times (29,6\text{m})^2 / 8 = 13\,142 \text{ kN.m}$$

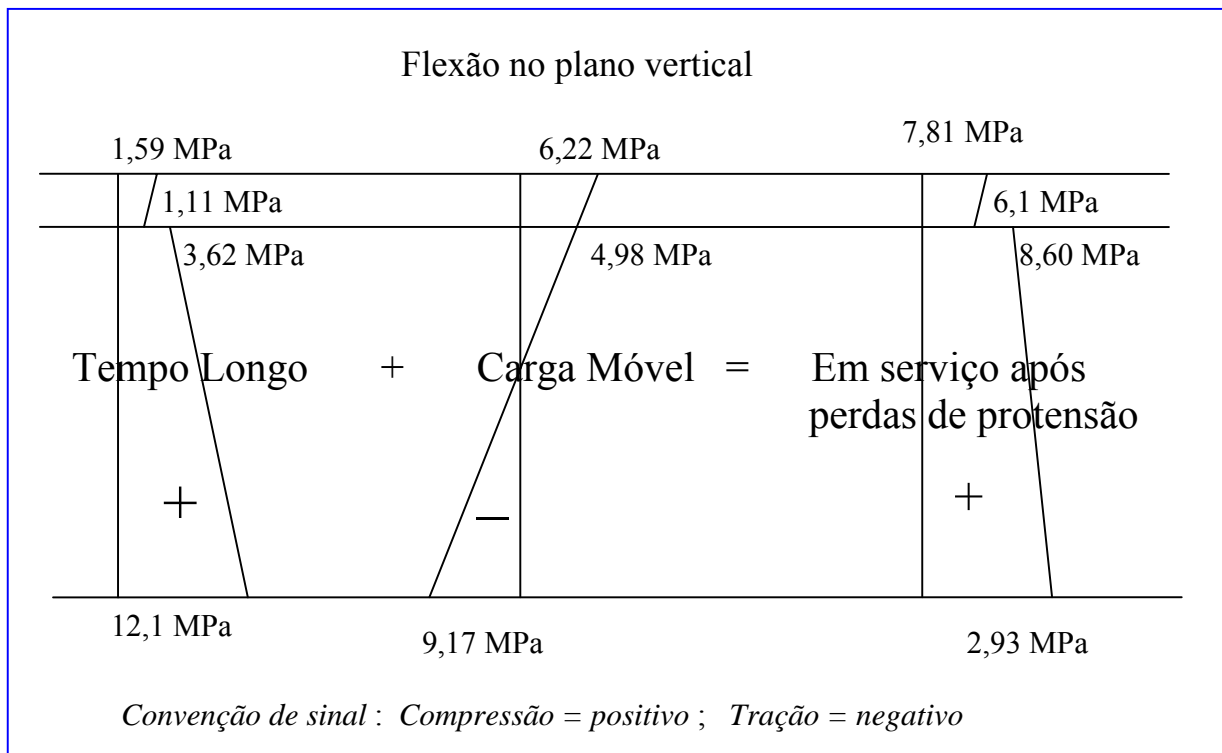
$$M_{\text{total}} \times \varphi = 13,142 \text{ kN.m} \times 1,34 = 17\,610 \text{ kN.m}$$

Momento fletor no plano horizontal :

$$M_h = 20\% \times 21\,807 \text{ kN.m} = 4\,361 \text{ kN.m}$$


Tensão na borda da laje:

$$\sigma_{\text{Lacet}} = \frac{M}{I_{zz}} \times y = \frac{4\,361 \text{ kN.m}}{5,746 \text{ m}^4} \times 3,15\text{m} = 2\,391 \text{ kN/m}^2 = 2,4 \text{ MPa}$$



Tensão total máxima de compressão na laje = $7,81 + 2,4 = 10,21 \text{ MPa} < f_{ck} / 2 = 28 \text{ MPa} / 2 = 14 \text{ MPa}$ OK

Tensão mínima de compressão na laje = $6,1 - 2,4 = 3,7 \text{ MPa} > 0$ OK

	Concreto Protendido Notas de aula	Ponte ferroviária Flexão horizontal	Prof. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 8/8
---	--------------------------------------	--	-------------------------------	-------------

Tensão na alma da viga :

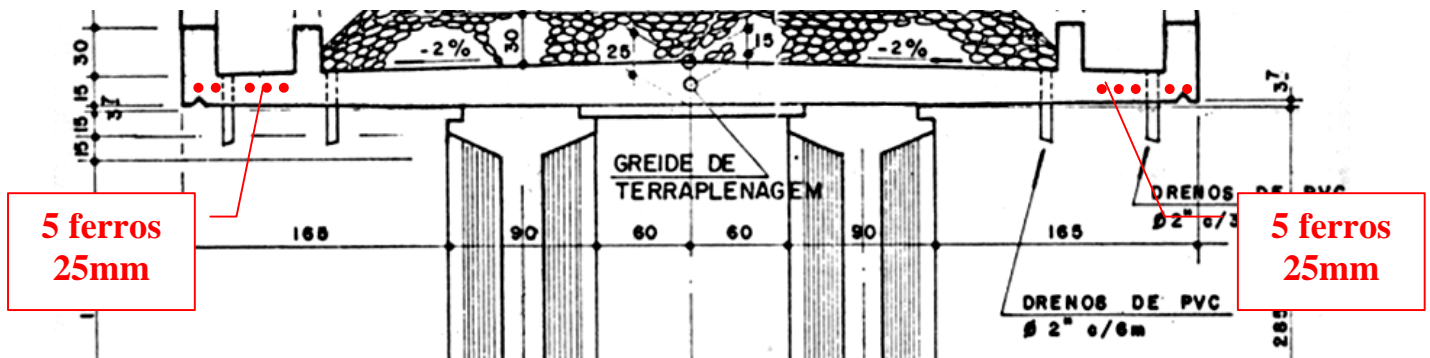
$$\sigma_{Lacet} = \frac{4361 \text{ kN.m}}{5,746 \text{ m}^4} \times 1,05\text{m} = 797 \text{ kN/m}^2 = 0,8 \text{ MPa}$$

Dimensionamento à flexão, *sem considerar a compressão na laje* devida à flexão no plano vertical.

$$kmd = \frac{Md}{bd^2 fcd} = \frac{1,4 \times 4361 \text{ (kN.m)}}{0,20\text{m} \times (6,25\text{m})^2 \times \frac{28000\text{(kN/m}^2)}{1,4}} = 0,04$$

$$kz = 0,95$$

$$As = \frac{1,4 \times 4361\text{kN.m}}{(0,95 \times 6,25\text{m}) \times \frac{50 \text{ (kN/cm}^2)}{1,15}} = 24\text{cm}^2 = 5 \text{ ferros } 25\text{mm} = 25\text{cm}^2$$



+++