

# Sub-Adductora Moóca - Villa Deodoro

## Travessia do Tamanduatehy

*João Soares do Amaral Netto*

Eng.º auxiliar — 3.ª S. Technica

Do plano geral de abastecimento de aguas de São Paulo, faz parte integrante a Sub-Adductora Moóca — Villa Deodoro. Esta linha, de 80 cm. de diametro, trabalhando por gravidade e actualmente em construcção, effectivará a ligação entre o reservatorio receptor do Rio Claro-Moóca e o de Villa Deodoro.

Uma das obras de arte necessarias á sua execução é a travessia do Tamanduatehy, correspondente ao ponto de mais baixa cóta, onde a pressão estatica attinge ao indice de 80 m.

O perfil da Sub-Adductora acima vem encontrar o Tamanduatehy, em uma de suas margens, na cóta (grade) 723.000, elevando-se, por intermedio de duas curvas de 1/8 (45°), a 726.500 m., e com esta o atravessa em nivel até a margem opposta.

### A) — Typo de Estructura

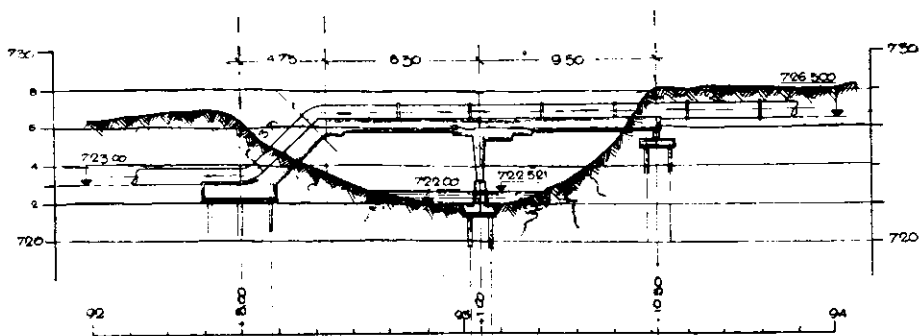
A escolha do typo de estrutura a ser adoptada deve prender-se aos esforços que a solicitam. Por determinações da Chefia da 3.ª S. Technica, foi estabelecido um duplo conjuncto rigido em concreto armado.

A pressão estatica de 80 m. faz resultar componentes consideraveis, nas bissectrizes exteriores ás curvas de 1/8, de ordem superior a 30 tons. O typo de estrutura proposta, se, por um lado, vem contra certos preceitos architectonicos, por outro attende totalmente a solução technica da questão.

Os dois conjunctos são ligados por coxins (vigas), que desempenham o duplo papel: apoio á tubulação e contraventamento da estrutura.

### Secção Transversal do Tamanduatehy

A estrutura simples apresenta um apoio engastado, outro central articulado e finalmente o terceiro livremente apoiado. Dessa forma a estrutura se apresenta como hyperestatica, sendo de 3 o grau de sua indeterminação. (fig. 1).



~ PERFIL LONGITUDINAL A L # 1:200 ~

Fig. 1

Na curva inferior, o esforço devido á pressão estatica será absorvido directamente pela fundação a qual vem, portanto, desempenhar tambem o papel de ancoragem. Superiormente esse esforço é directamente transmittido á estrutura por meio de tensores de 1 1/4", que tornam a tubulação amarrada ao conjuncto, sendo previstos dispositivos de chapa e dupla porca.

Ao trabalho normal dessa sub-adductora, — sentido Moóca-V. Deodoro (pressão estatica de 80.0 m.) — devemos acrescentar o caso particular de descarga da linha, no qual a pressão se reduz a zero.

Conjunctamente a esses dois casos geraes, faremos a analyse relativa a um augmento ou a uma diminuição de temperatura; desprezaremos as influencias provenientes das forças axiaes, bem como os esforços dynamicos resultantes do movimento da agua no interior da tubulação.

### B) — Analyse Geral da Estructura

Chamando-se de  $X$  e  $Y$  as resultantes horizontal e vertical das cargas exteriores, podemos escrever as tres equações fundamentaes da estatica (fig. 2).

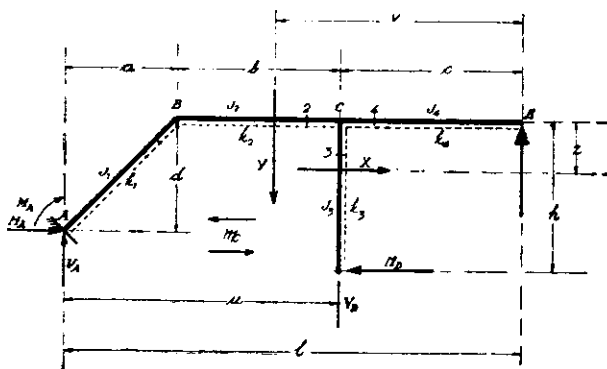


Fig. 2

$$(1) V_A + V_D + V_E = Y$$

$$(2) -H_A + H_D = X$$

$$(3) M_A + lV_A - dH_A + cV_D + hH_D = Xz + Yv + \varpi \therefore \varpi = 0$$

A essas tres equações fundamentaes devemos acrescentar outras tres que venham solucionar a questão. Procuraremos exprimir todas as incognitas em funcção de tres quaesquer, sejam  $M_A$ ,  $M_B$  e  $M_{C2}$ .

O nó rigido  $C$  fornece-nos uma equação de ligação:

$$(4) M_{C2} + M_{C3} = M_{C4}$$

Representando-se por  $\mu_{AB}$ ,  $\mu_{AC}$  etc., respectivamente os momentos das cargas exteriores (trechos  $AB$ ,  $AC$  etc.) relativos aos pontos  $B$  e  $C$ , podemos escrever:

$$(5) M_B = M_A + aV_A - dH_A + \mu_{AB}$$

$$(6) M_{C2} = M_A + uV_A - dH_A + \mu_{AC}$$

$$(7) M_{C4} = M_{C2} + M_{C3} = cV_E + \mu_{EC}$$

Dessas equações teremos, combinando-as differentemente, as seguintes expressões:

$$(8) V_A = \frac{\mu_{AB} - \mu_{AC} + M_{C2} - M_B}{b}$$

$$(9) H_A = \frac{u\mu_{AB} - a\mu_{AC} + aM_{C2} - uM_B}{bd} + \frac{M_A}{d}$$

$$(10) H_D = X + \frac{u\mu_{AB} - a\mu_{AC} + aM_{C2} - uM_B}{bd} + \frac{M_A}{d}$$

$$(11) M_{C3} = \mu_{DC} + hX + \frac{hu\mu_{AB} - ha\mu_{AC} + ahM_{C2} - huM_B}{bd} + \frac{hM_A}{d}$$

$$(12) M_{C4} = \mu_{DC} + hX + \frac{hu\mu_{AB} - ah\mu_{AC} - huM_B}{bd} + \frac{hM_A}{d} + \left(\frac{ah + bd}{bd}\right)M_{C2}$$

$$\text{De (7) tiramos } V_E = \frac{1}{c} (M_{C4} - \mu_{EC})$$

Dessa forma conseguimos exprimir todos os valores em funcção das tres incognitas fundamentaes escolhidas:  $M_A$ ,  $M_B$  e  $M_{C2}$ ; não temos mais que escrever mais tres equações destinadas a completar a resolução do problema.

Com esse intuito applicaremos as "equações de condição dos deslocamentos dos nós" conjunctamente com o theorema de Clapeyron, dos 3 e 4 momentos.

Das tres equações de condição, duas são rapidamente obtidas, pois, chamando-se  $y_1$  e  $y_2$ , respectivamente as normaes baixadas de  $A$  e  $B$ , á base  $AD$ , podemos escrever:

$$y_1 \Delta B + y_2 \Delta C_{23} = 0$$

$$u \Delta A + b \Delta B = 0$$

A 3.<sup>a</sup> equação é obtida com mais dificuldade.

Após a deformação o comprimento da barra fictícia  $AC - s_2$ , sofre um accrescimento  $\Delta s_2$ .

Chamando-se  $y$  a normal baixada de  $B$  á barra fictícia  $s_2$ , podemos escrever, uma vez deformado o systema :

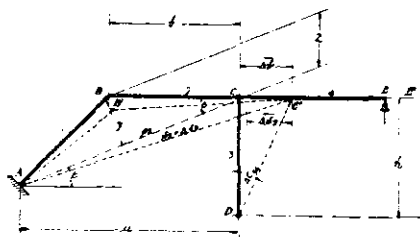


Fig. 3

$$\overline{\Delta C_{34}} = \frac{\overline{\Delta h}}{h} \therefore \Delta C_{34} = \frac{6 E J_o}{s_o} \cdot \frac{\Delta b}{h} \therefore \overline{\Delta b} = \frac{\overline{\Delta s_2}}{\cos. \varphi}$$

$$\Delta C_{31} = \frac{6 E J_o}{s_o} \cdot \frac{\overline{\Delta s_2}}{h \cos. \varphi} \therefore \frac{6 E J_o}{s_o} \Delta s_2 = y \Delta B,$$

sendo porem

$$\Delta B = \frac{6 E J_o}{s_o} \overline{\Delta B}, \text{ substituindo: } \Delta C_{34} = \frac{6 E J_o}{s_o} \cdot \frac{1}{h \cos. \varphi} \cdot \frac{y \Delta B}{6 E J_o s_o},$$

resultando  $\Delta C_{34} = \frac{y \Delta B}{h \cos. \varphi}$  mas  $y = z \cos \varphi$ , vem finalmente:

$$\Delta C_{31} = \frac{z}{h} \Delta B = \gamma \Delta B$$

O systema

$$y_1 \Delta B + y_2 \Delta C_{23} = 0$$

$$u \Delta A + b \Delta B = 0$$

$$\Delta C_{31} - \gamma \Delta B = 0,$$

resolve as indeterminações.

Os termos  $\Delta B, \Delta C_{23}$  etc., são facilmente obtidos por Claperyon,

$$\Delta B = k_1 M_A + 2(k_1 + k_2) M_B + k_2 M_{C2} + 6 k_1 m_{1A} + 6 k_2 m_{2B}$$

$$\Delta A = 2 k_1 M_A + k_1 M_B + 6 k_1 m_{1A}$$

$$\Delta C_{23} = k_2 M_B + 2 k_2 M_{C2} - 2 k_3 M_{C3} + 6 k_2 m_{2C} - 6 k_3 m_{3C}$$

$$\Delta C_{34} = - 2 k_3 M_{C3} + 2 k_4 M_{C4} - 6 k_3 m_{3C} + 6 k_4 m_{4C}$$

Nas relações acima os termos em  $k$  são relativos aos graus de flexibilidade:  $m^{\alpha\beta}$  representam os termos de carga, tambem chamados momentos de carga.

C) — *Introdução dos Valores Numericos*

A estrutura, conforme affirmámos no inicio, apresenta-se subdividida em dois conjuntos, — razão de introduzirmos as cargas exteriores reduzidas á metade.

A tubulação é apoiada sobre vigas transversaes, que darão cargas concentradas na estrutura, excepção feita nas curvas, onde a carga é tomada como uniformemente distribuida.

Os tubos de ferro fundido empregados apresentam 4,0 m. de comprimento, tendo o peso proprio de 1690 kg. por unidade; addicionando-se o peso correspondente de agua, nas condições do regimen, 2010 kg., temos o total de 3700 kg. por 4,0 m. ou 925 kg/m.l.

## Efeito de Pressão Estatica de 80 m

Sendo de 80 cm o diametro da tubulação, temos

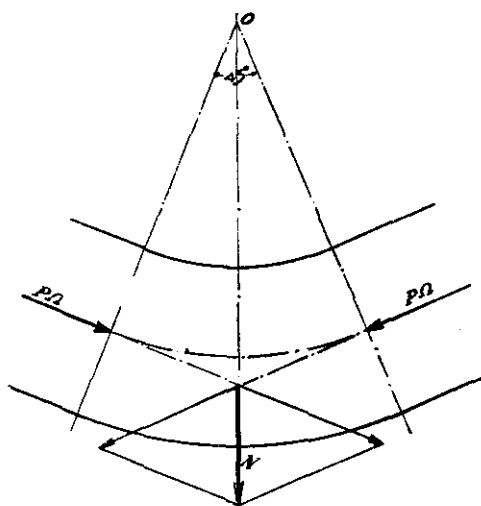


Fig. 4

$$P \Omega = \frac{8 \times \pi d^2}{4} = \frac{8 \times \pi \times 80^2}{4} = 40212 \text{ Kg.}$$

$$N = 2 P \Omega \text{ sen } 22^\circ 30' = 30777 \text{ Kg.}$$

Componentes de  $N$ :

$$N_V = 30777 \text{ cos } 22^\circ 30' = 28434 \text{ Kg.}$$

$$N_H = 30777 \text{ sen } 22^\circ 30' = 11778 \text{ »}$$

Já tivemos occasião de dizer que esse esforço  $N$ , será, na curva inferior, directamente absorvido pela fundação-ancoragem. Nesta analyse consideraremos unicamente o esforço  $N$  na curva superior.

## Dimensionamento da Estructura

Para transpormos o Tamanduatehy precisamos, pela secção respectiva (fig. 1), 21.0 m; o ramo ascendente, 4.25 apresenta-nos um desenvolvimento horizontal de 3.0 m.

Por considerações de calculo, fixamos em 8.5 e 9.5 m os dois vãos superiores, e em 3.0 a columna articulada.

Funcções dessas hypotheses preliminares são as dimensões previstas para as varias peças: ramo ascendente  $90 \times 30$ , aos horizontaes superiores  $70 \times 30$  e a columna variavel  $70 \times 30$  e  $30 \times 30$ , esta ultima no ponto de articulação.

Tomamos os graus de flexibilidade (secção em concreto) relativos ao primeiro ramo  $k_1 = 1$ , e por intermedio da relação  $\frac{J_0}{J_1} \times \frac{s_1}{s_0}$ , deduzimos  $k_2 = 4.25$ ,  $k_3 = 4.30$  e  $k_4 = 4.75$

Para deduzirmos  $k_3$  (columna articulada), tomamos o momento de inercia médio entre as duas secções extremas.

Desprezamos a influencia da variação do momento de inercia das peças, por ser quasi impossivel a sua inclusão no calculo, e tambem por não apresentar uma disparidade tal que venha comprometter a estrutura. Introduzindo-se essas dimensões das peças, para a determinação dos seus respectivos pesos proprios, bem como os pontos que recebem coxins e curvas, a estrutura apresentará o seguinte schema de cargas:

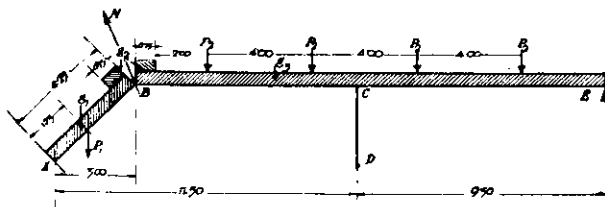


Fig. 5

## Dados Numericos (relativos a um conjunto)

$$P_1 = 3.50 \times 925 \times 0.5 + 100 = 1720 \text{ Kg.}$$

$$P_2 = 4.00 \times 925 \times 0.5 + 100 = 1950 \text{ Kg.}$$

$$N = 30777 \times 0.5 = 15388 \text{ Kg.}$$

$$N_H = 15388 \text{ sen } 22^\circ 30' = 5889 \text{ Kg.}$$

$$N_V = 15388 \text{ cos } 22^\circ 30' = 14217 \text{ Kg.}$$

$$g_1 = 0.30 \times 0.90 \times 1.00 = 2400 = 650 \text{ Kg/m.l.}$$

$$g_2 = 0.75 \times 925 \times 0.5 = 460 \text{ Kg.}$$

$$g_3 = 0.30 \times 0.70 \times 1.00 \times 2400 = 500 \text{ Kg.}$$

Antes de introduzirmos esses valores nas formulas já deduzidas, calculemos, de uma vez, todas as constantes de calculo, como sejam: os momentos das cargas exteriores, os termos de carga e as componentes  $X$  e  $Y$ , respectivamente resultantes horizontal e vertical das cargas exteriores.

**a) Vão AB**

*Resultante Vertical  $F_1$ .*

$$F_1 = 1720 + 650 \times 4.25 + 460 \times 0.75 = 4827.5 \text{ Kg.}$$

O ponto de applicação de  $F_1$  está distante  $x_1$  de  $B$ , sendo

$$x_1 = \frac{1720 \times 1.762 + 2762.5 \times 1.50 + 345 \times 0.2652}{4827.5} = 1.5053 \text{ m.}$$

*Momentos de Carga  $m_{1A}$  e  $m_{1B}$ .*

Sendo eguaes os resultados obtidos para a viga inclinada e horizontal, temos:

$$m_{1A} = \frac{650 \times 3.0^2}{24} + \frac{460 \times 0.530^2}{24 \times 3.0} (2 \times 3.0 - 0.530) +$$

$$+ \frac{1720 \times 1.762^2}{6 \times 3.0} (3.0 - 1.762)$$

$$m_{1B} = \frac{650 \times 3.0^2}{24} + \frac{460 \times 0.530^2}{24 \times 3.0} (2 \times 3.0 - 0.530)^2 +$$

$$+ \frac{1720 \times 1.237^2}{6 \times 3.0} (3.0 - 1.237)$$

$$m_{1A} = + 584.9036 \text{ Kms.}$$

$$m_{1B} = + 556.0480 \text{ »}$$

*Momentos das Cargas Exteriores  $\mu_{AB}$ .*

$$\mu_{AB} = - 4827.5 \times 1.5053 = - 7266.8182 \text{ Kms.}$$

**b) Vão BC**

*Resultante Vertical  $F_2$ .*

$$F_2 = 345 + 4250 + 3900 = 8495 \text{ Kg.}$$

distante  $x_2 = 4.1778$  ms. de  $C$ .

*Momentos de Carga  $m_{2B}$  e  $m_{2C}$ .*

Identicamente procedendo, obtemos :

$$m_{2B} = + 3102.8398 \text{ Kms.}$$

$$m_{2C} = + 3137.2076 \text{ »}$$

*Momentos das Cargas Exteriores  $\mu_{AC}$ .*

$$\mu_{AC} = - 4827.5 (1.5053 + 8.5) - 8495 \times 4.1778 + 14217 \times 8.5$$

$$\mu_{AC} = + 37053.307 \text{ Kms.}$$

**c) Vão CE**

$$F_2 = 8650, \text{ distante } x_3 = 4.9754 \text{ de } E$$

$$m_{1C} = + 3796.785 \text{ Kms.}$$

*Resultantes X e Y.*

Para X, temos  $N_H = - 5889 \text{ Kg.}$ , applicado no nó B.

Para Y, temos  $Y = F_1 + F_2 + F_3 - N_V = 4827.5 + 8495 + 8650 - 14217$

$$X = - 5889 \text{ Kg.}$$

$$Y = + 7755.5 \text{ »}$$

A resultante Y, tem seu ponto de applicação, distante x de E, sendo :

$$x = \frac{4827.5 \times 19.5053 + 8495 \times 13.6778 + 8650 \times 4.9754 - 14217 \times 18}{7755.5} =$$

$$= - 0.3241 \text{ ms.}$$

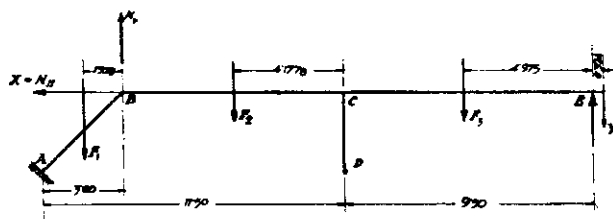


Fig. 6

**D) — Determinação das Incognitas**

Já tinhamos o grupo de equações:

$$\Delta B = k_1 M_A + 2(k_1 + k_2) M_B + k_2 M_{C2} + 6k_1 m_{1B} + 6k_2 m_{2B}$$

$$\Delta A = 2k_1 M_A + k_1 M_B + 6k_1 m_{1A}$$

$$\Delta C_{23} = k_2 M_B + 2k_2 M_{C2} - 2k_3 M_{C3} + 6k_2 m_{2C} - 6k_3 m_{3C}$$

$$\Delta C_{34} = - 2k_3 M_{C3} + 2k_4 M_{C4} - 6k_3 m_{3C} + 6k_4 m_{4C}$$



Nas relações acima, conhecemos os valores :

$$\begin{aligned} m_{1B} &= + 556.08 \text{ Kms.} \\ m_{2B} &= + 3102.84 \quad \rangle \quad k_1 = 1.0 \\ m_{1A} &= + 584.90 \quad \rangle \quad k_2 = 4.25 \\ m_{2C} &= + 3137.21 \quad \rangle \quad k_3 = 4.30 \\ m_{3C} &= 0000.00 \quad \rangle \quad k_4 = 4.75 \\ m_{4C} &= 3796.785 \quad \rangle \end{aligned}$$

Substituindo

$$\begin{aligned} \Delta B &= M_A + 10.5 M_B + 4.25 M_{C_2} + 82458.703 \\ \Delta A &= 2 M_A + M_B + 3509.4216 \\ \Delta C_{23} &= 4.25 M_B + 8.50 M_{C_2} - 8.60 M_{C_3} + 79998.794 \\ \Delta C_{34} &= - 8.6 M_{C_3} + 9.5 M_{C_4} + 108208.3725 \end{aligned}$$

O grupo de equações

$$\begin{aligned} y_1 \Delta B + y_2 \Delta C_{23} &= 0 \\ u \Delta A + b \Delta B &= 0 \\ \Delta C_{34} - \gamma \Delta B &= 0 \end{aligned}$$

sendo

$$y_1 = y_2 = 3.0 \text{ m. } \therefore u = 11.5 \text{ m. } \therefore b = 8.5 \text{ e } y = \frac{z}{h} = \frac{2.22}{3} = 0.74,$$

desde que sejam substituidos os valores acima de  $\Delta B$ ,  $\Delta C_{23}$  etc. transforma-se em :

$$\left\{ \begin{aligned} M_A + 14.75 M_B + 12.75 M_{C_3} + 162457.497 &= 0 \\ 31.5 M_A + 100.75 M_B + 36.125 M_{C_2} + 741257.323 &= 0 \\ 0.74 M_A + 7.77 M_B + 3.145 M_{C_2} + 8.6 M_{C_3} - 9.5 M_{4C} - 47188.932 &= 0 \end{aligned} \right.$$

A solução desse systema de equações será obtida, eliminando-se previamente os valores  $M_{C_3}$  e  $M_{C_4}$ , sabendo-se que :

$$H_A = \frac{u \mu_{AB} - a \mu_{AC} + a M_{C_2} - u M_B}{b d} + \frac{M_A}{d}$$

$$\begin{aligned} \text{sendo } u &= 11.5 \text{ m.} \\ a &= 3.0 \quad \rangle \\ b &= 8.5 \quad \rangle \\ d &= 3.0 \quad \rangle \end{aligned}$$

substituindo-se em  $H_A$ , teremos :

$$H_A = \frac{M_A}{3.0} + \frac{M_{C_2}}{8.5} - \frac{11.5}{25.5} M_B - 7636.40$$

A equação (2)

$$H_D = H_A + X$$

substituindo-se  $H_A$ , transformar-se-á, sabendo-se que  $X = 5889$  Kg.

$$H_D = \frac{M_A}{3.0} + \frac{M_{C_2}}{8.5} - \frac{11.5}{25.5} M_B - 13525.40$$

Levando-se este valor de  $H_D$ , nas relações também já conhecidas:

$$\begin{aligned} M_{C_3} &= hH_D + \mu_{DC} \\ M_{C_4} &= M_{C_2} + M_{C_3}, \end{aligned}$$

resolvemos a eliminação.

Sendo  $\mu_{DC} = 0$ , resulta para  $M_{C_3}$ : ( $h = 3.0$ )

$$M_{C_3} = M_A + \frac{3.0}{8.5} M_{C_2} - \frac{11.5}{8.5} M_B - 40576.2$$

$$M_{C_4} = M_A + \frac{11.5}{8.5} M_{C_2} - \frac{11.5}{8.5} M_B - 40576.2$$

Os dois valores acima de  $M_{C_3}$  e  $M_{C_4}$  introduzidos no systema  $A$  fazem resultar finalmente um systema de tres equações a tres incognitas:

$$\begin{aligned} 31.5 M_A + 100.75 M_B + 36.125 M_{C_2} + 741257.323 &= 0 \\ - 7.6 M_A + 26.3853 M_B + 9.7465 M_{C_2} + 511412.817 &= 0 \\ 0.16 M_A - 8.9877 M_B + 6.7045 M_{C_2} + 10670.352 &= 0 \end{aligned}$$

Procedendo-se a resolução, temos:

$$\begin{aligned} M_A &= + 19772.56 \text{ Kms.} \\ M_B &= - 8645.11 \quad \text{»} \\ M_{C_2} &= - 13649.77 \quad \text{»} \end{aligned}$$

A introdução das tres incognitas da estrutura hyperestatica, nas formulas iniciaes, vem determinar todos os outros valores que são:

$$\begin{aligned} H_A &= + 1247.30 \text{ Kg.} \\ H_D &= - 4641.63 \quad \text{»} \\ M_{C_3} &= - 13924.89 \text{ Kms.} \\ M_{C_4} &= - 27574.66 \quad \text{»} \\ V_E &= + 1217.14 \text{ Kg.} \\ V_A &= - 5802.91 \quad \text{»} \\ V_D &= + 12341.20 \quad \text{»} \end{aligned}$$

### Curvas dos Momentos e Esforços Cortantes

Apresentaremos, a seguir, expressões analyticas geraes, correspondentes aos momentos de flexão em um ponto qualquer da estrutura.

*Trecho AB* (Trocho considerado horizontalmente)

$$M_x = + 19772.59 - (1247.37 + 5082.91)x - \frac{650}{0.70711} \frac{x^2}{2} - \\ - 1720(x - 1.2374) - \frac{460}{0.70711} \frac{(x - 2.4749)^2}{2}$$

*Trecho BC*

$$M_x = + 8645.11 + 3586.59x - 345(x - 0.375) - \frac{500x^2}{2} - 1950(x - 2.75) - \\ - 1950(x - 6.75)$$

*Trecho CE*

$$M_x = - 27574.66 + 7432.69x - \frac{500x^2}{2} - 1950(x - 2.25) - 1950(x - 6.25)$$

*Trecho DC*

O trecho correspondente á columna apresenta variação linear, sendo nullo na articulação, e para um ponto qualquer de altura  $y$  de  $D$ , variando linearmente:

$$M_y = - 4641.63 y$$

Relativamente aos esforços cortantes, não temos mais que proceder ás derivadas primeiras das expressões de  $M$ .

#### E) — Caso de Pressão Estática Nulla.

A consideração deste caso de  $p = 0$ , é facilitada lenormemente, conhecendo-se as expressões relativas ao caso de  $p = 8 \text{ Kg./cm}^2$ . É bastante fazer  $N = N_H = N_V = 0$  nas expressões achadas para o primeiro caso; por eliminações identicas, encontraremos para as incognitas, os valores abaixo:

$$\begin{array}{ll} M_A = - 12878.73 \text{ Kms.} & H_A = H_D = + 1177.143 \text{ Kg.} \\ M_B = + 22.68 \text{ »} & V_E = + 3506.98 \text{ »} \\ M_{C2} = - 9352.60 \text{ »} & V_A = + 7899.98 \text{ »} \\ M_{C3} = + 3531.43 \text{ »} & V_D = + 10565.54 \text{ »} \\ M_{C4} = - 5821.175 \text{ »} & \end{array}$$

Não entraremos em detalhes das expressões de  $M$  para os diferentes trechos, reservando-nos para a apresentação do quadro geral.

#### F) — Augmento e Diminuição de Temperatura

Vimos já os esforços originados das cargas geraes na estrutura. Para completarmos este estudo incluiremos a influencia de um augmento e correspondente diminuição de temperatura.

Sendo o apoio  $E$  inteiramente livre (apoio pendular sobre placas de chumbo macío), funcionará, pois, como uma verdadeira junta de dilatação.

No conjuncto rigido  $ABCD$  (fig. 2), essa influencia é evidente; consideremos o augmento soffrido pela barra ficticia  $AD$ , de comprimento  $a + b$  e logo após, o augmento relativo á altura commum  $h$ .

Com auxilio das equações de deslocamento dos nós, temos immediatamente:

$$\begin{aligned} h \Delta B + h \Delta C_{23} + \Delta (a + b) &= 0 \\ (a + b) \Delta A + b \Delta B + \Delta h &= 0 \end{aligned}$$

Estas duas equações mais a geral já deduzida:

$$\Delta C_{34} - \gamma \Delta B = 0$$

resolvem a indeterminação.

Effectuemos uma transformação do systema, tornando-o homoganeo; sabemos que:

$$\begin{aligned} \Delta (a + b) &= \frac{6 EJ_o}{s_o} \varepsilon (a + b) t \\ \Delta h &= \frac{6 EJ_o}{s_o} \varepsilon h t \end{aligned}$$

Nestas duas ultimas expressões  $\varepsilon$ , representa o coefficiente de dilatação

$$\varepsilon = \frac{1}{92700} \cong 0.00001$$

Suppondo que a temperatura varie de  $\pm 20^\circ$  e introduzindo nas expressões acima teremos:

$$\begin{aligned} \Delta B + \Delta C_{23} + \frac{6 EJ_o}{h s_o} \varepsilon (a + b) t &= 0 \\ u \Delta A + b \Delta B + \frac{6 EJ_o}{h s_o} \varepsilon h t &= 0 \\ \Delta C_{34} - \gamma \Delta B &= 0 \end{aligned}$$

Sendo  $E = 210\,000 \text{ Kg/cm}^2 = 21 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2$ ,  $J_o$  e  $s_o$  correspondendo a barra typo da estrutura

$$J_o = 1.822.500 \text{ cm}^4 = 0.018.225 \text{ m}^4 \therefore s_o = 4.25 \text{ m.}$$

Levando-se esses valores nas expressões de

$$\begin{aligned} \frac{6 EJ_o}{h s_o} \varepsilon (a + b) t &= 6 \times 21 \times 10^8 \times 10^{-5} \times 3 \times 20 \times 0.018\,225 = +32\,419.057 \text{ Km}^2 \\ \frac{6 EJ_o}{h s_o} \varepsilon h t &= \frac{6 \times 21 \times 10^8}{3 \times 4.25} \times 10^{-5} \times 11.5 \times 20 \times 0.018\,225 = \\ &= +41\,424.35 \text{ Km}^2. \end{aligned}$$

O systema anterior com as duas substituições transforma-se em:

$$\begin{aligned} \Delta B + \Delta C_{23} + 41\,424.35 &= 0 \\ 11.5 \Delta A + 8.5 \Delta B + 32\,419.057 &= 0 \\ \Delta C_{34} - 0.74 \Delta B &= 0 \end{aligned}$$

Neste caso particular de um aumento e correspondente diminuição de temperatura, os termos referentes ás cargas exteriores são nullos:

$$\mu_{AB} = \mu_{BC} = 0 \quad m_{1A} = m_{1B} = m_{3C} = 0,$$

resultando para as expressões de  $\Delta A$  etc., os valores:

$$\Delta B = M_A + 10.5 M_B + 425 M_{C2}$$

$$\Delta A = 2M_A + M_B$$

$$\Delta C_{23} = 4.25 M_B + 8.50 M_{C2} - 8.5 M_{C3}$$

$$\Delta C_{34} = - 8.6 M_{C3} + 9.5 M_{C4}$$

resultará o systema:

$$M_A + 14.75 M_B + 12.75 M_{C2} - 8.6 M_{C3} + 41424.35 = 0$$

$$31.5 M_A + 100.75 M_B + 36.125 M_{C2} + 32419.057 = 0$$

$$0.74 M_A + 7.77 M_B + 3.145 M_{C2} + 8.6 M_{C3} - 9.5 M_{C4} = 0$$

Neste systema de 3 equações a 5 incognitas, devemos igualmente, como fizemos no 1.º caso, substituir  $M_{C3}$  e  $M_{C4}$  por relações funções unicas de

$$M_A, M_B \text{ e } M_{C2}.$$

Procedendo de forma identica ao 1.º caso, obtemos o systema final:

$$31.5 M_A + 100.75 M_B + 36.125 M_{C2} + 32419.057 = 0$$

$$- 7.6 M_A + 26.3853 M_B + 9.7465 M_{C2} + 41424.350 = 0$$

$$0.16 M_A + 8.9877 M_B + 6.7045 M_{C2} = 0$$

Resolvendo-se o systema por eliminações successivas obtemos todas as incognitas:

$$M_A = + 2061.560 \text{ Kms.} \quad H_A = H_D = 869.322 \text{ Kg.}$$

$$M_B = - 640.790 \quad > \quad V_E = + 178.92 \quad >$$

$$M_{C2} = - 908.208 \quad > \quad V_A = - 31.46 \quad >$$

$$M_{C3} = + 2607.966 \quad > \quad V_D = - 147.46 \quad >$$

$$M_{C4} = + 1699.758$$

No caso de uma diminuição de temperatura ( $20^\circ c$ ), as incognitas terão os mesmos valores, porém com os signaes trocados.

A variação de  $\pm 20^\circ c$  talvez possa ser considerada como exagerada, pois o normal é de se tomar  $\pm 15^\circ c$ ; foi adoptada a variação de  $20^\circ c$  com o intuito de se favorecer a segurança.

### G) — Esforços Maximos e Minimos.

Aos dois casos geraes de pressão estatica  $p_t = 8\text{Kg/cm}^2$  (caso  $\alpha$ ) e  $p = 0$  (caso  $\beta$ ), deverão ser combinados os valores relativos a um aumento ou diminuição de temperatura ( $\pm \gamma$ ).

Dessa forma teremos ao todo 6 curvas de momentos, que nos dão a envoltoria geral procurada

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1) $\alpha$          | 4) $\alpha - \gamma$ |
| 2) $\beta$           | 5) $\beta + \gamma$  |
| 3) $\alpha + \gamma$ | 6) $\beta - \gamma$  |

Para termos idéa da variação numerica dos momentos, procedemos ao calculo analytic para os mesmos pontos, de abscissa igual portanto, calculo esse relativo ás curvas geraes  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

Para illustrarmos melhor a variação dos momentos apresentaremos um quadro geral, bem como um graphico dos 6 casos estudados na estrutura.

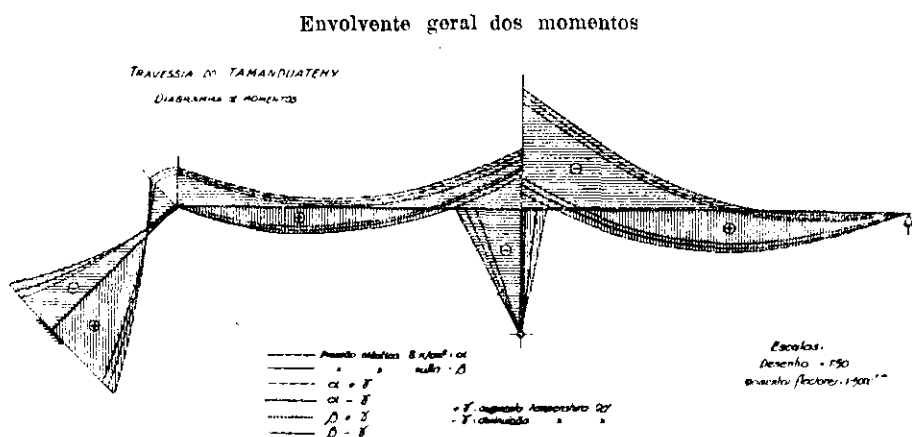


Fig. 7

### H) — Conclusão

Uma vez obtidas as curvas de momentos, não temos mais que estabelecer a ferragem necessaria, desde que as secções escolhidas sejam satisfactorias.

Interessante é observar, no portico estudado, a influencia decisiva da componente  $N$ , que vem dar em  $C_4$ , um momento negativo consideravel; no caso em que é nulla, observa-se uma quéda nesse momento, fazendo com que a estrutura trabalhe mais favoravelmente.

Observa-se tambem que o dimensionamento da estrutura foi bem idealizado, salvo no ponto critico, onde forçosamente tivemos de lançar mão de consolos. A reproducção de consolos em outros pontos foi determinada por razões estheticas.

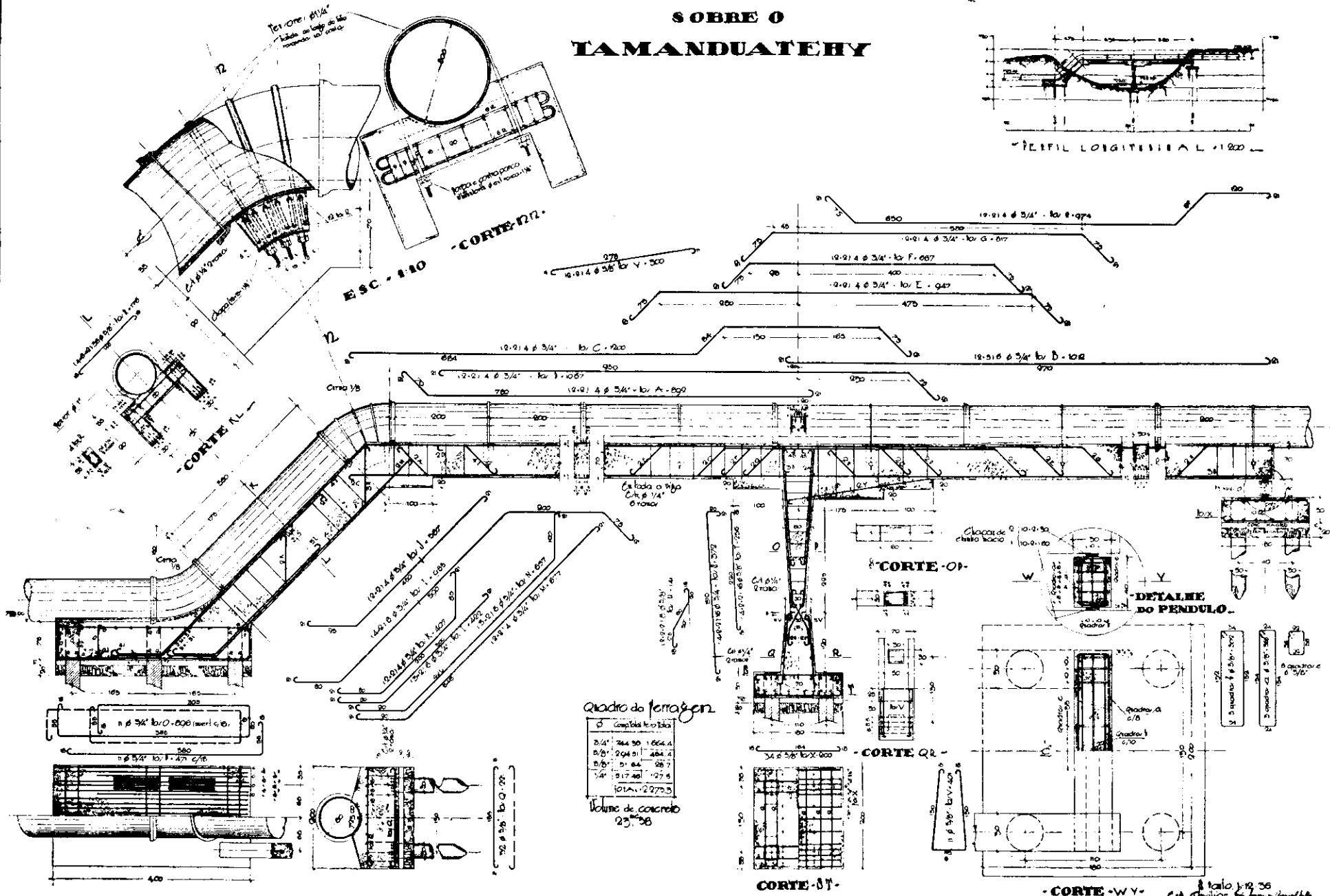
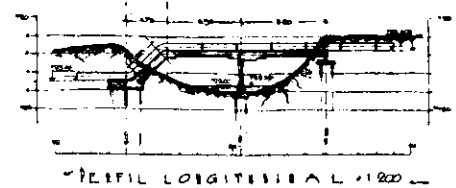
A inclusão de um consolo em uma estrutura, calculada com momentos de inercia constantes nas peças, traz como consequencia immediata um augmento dos momentos flectores; isto é evidente, pois a um augmento de rigidez de uma peça corresponde um trabalho effectivo maior.

**R. A. E.**  
37 S. T.

**SUB ADDUCTORA**

**MOOCA VILLA DEODORO**  
**TRAVESSIA**

**SOBRE O**  
**TAMANDATEHY**



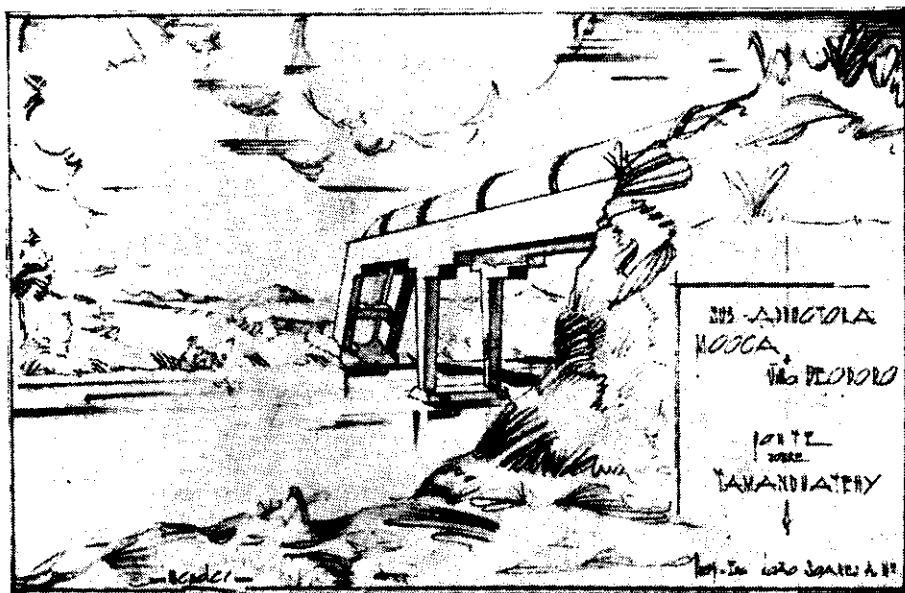
**ESCALA 1:20**

1:20 1:25 1:30 1:40 1:50 2:00 2:50 3:00 3:50 4:00 4:50 5:00 5:50 6:00 6:50 7:00 7:50 8:00 8:50 9:00 9:50 10:00 10:50 11:00 11:50 12:00 12:50 13:00 13:50 14:00 14:50 15:00 15:50 16:00 16:50 17:00 17:50 18:00 18:50 19:00 19:50 20:00 20:50 21:00 21:50 22:00 22:50 23:00 23:50 24:00 24:50 25:00 25:50 26:00 26:50 27:00 27:50 28:00 28:50 29:00 29:50 30:00 30:50 31:00 31:50 32:00 32:50 33:00 33:50 34:00 34:50 35:00 35:50 36:00 36:50 37:00 37:50 38:00 38:50 39:00 39:50 40:00 40:50 41:00 41:50 42:00 42:50 43:00 43:50 44:00 44:50 45:00 45:50 46:00 46:50 47:00 47:50 48:00 48:50 49:00 49:50 50:00 50:50 51:00 51:50 52:00 52:50 53:00 53:50 54:00 54:50 55:00 55:50 56:00 56:50 57:00 57:50 58:00 58:50 59:00 59:50 60:00 60:50 61:00 61:50 62:00 62:50 63:00 63:50 64:00 64:50 65:00 65:50 66:00 66:50 67:00 67:50 68:00 68:50 69:00 69:50 70:00 70:50 71:00 71:50 72:00 72:50 73:00 73:50 74:00 74:50 75:00 75:50 76:00 76:50 77:00 77:50 78:00 78:50 79:00 79:50 80:00 80:50 81:00 81:50 82:00 82:50 83:00 83:50 84:00 84:50 85:00 85:50 86:00 86:50 87:00 87:50 88:00 88:50 89:00 89:50 90:00 90:50 91:00 91:50 92:00 92:50 93:00 93:50 94:00 94:50 95:00 95:50 96:00 96:50 97:00 97:50 98:00 98:50 99:00 99:50 100:00 100:50 101:00 101:50 102:00 102:50 103:00 103:50 104:00 104:50 105:00 105:50 106:00 106:50 107:00 107:50 108:00 108:50 109:00 109:50 110:00 110:50 111:00 111:50 112:00 112:50 113:00 113:50 114:00 114:50 115:00 115:50 116:00 116:50 117:00 117:50 118:00 118:50 119:00 119:50 120:00 120:50 121:00 121:50 122:00 122:50 123:00 123:50 124:00 124:50 125:00 125:50 126:00 126:50 127:00 127:50 128:00 128:50 129:00 129:50 130:00 130:50 131:00 131:50 132:00 132:50 133:00 133:50 134:00 134:50 135:00 135:50 136:00 136:50 137:00 137:50 138:00 138:50 139:00 139:50 140:00 140:50 141:00 141:50 142:00 142:50 143:00 143:50 144:00 144:50 145:00 145:50 146:00 146:50 147:00 147:50 148:00 148:50 149:00 149:50 150:00 150:50 151:00 151:50 152:00 152:50 153:00 153:50 154:00 154:50 155:00 155:50 156:00 156:50 157:00 157:50 158:00 158:50 159:00 159:50 160:00 160:50 161:00 161:50 162:00 162:50 163:00 163:50 164:00 164:50 165:00 165:50 166:00 166:50 167:00 167:50 168:00 168:50 169:00 169:50 170:00 170:50 171:00 171:50 172:00 172:50 173:00 173:50 174:00 174:50 175:00 175:50 176:00 176:50 177:00 177:50 178:00 178:50 179:00 179:50 180:00 180:50 181:00 181:50 182:00 182:50 183:00 183:50 184:00 184:50 185:00 185:50 186:00 186:50 187:00 187:50 188:00 188:50 189:00 189:50 190:00 190:50 191:00 191:50 192:00 192:50 193:00 193:50 194:00 194:50 195:00 195:50 196:00 196:50 197:00 197:50 198:00 198:50 199:00 199:50 200:00 200:50 201:00 201:50 202:00 202:50 203:00 203:50 204:00 204:50 205:00 205:50 206:00 206:50 207:00 207:50 208:00 208:50 209:00 209:50 210:00 210:50 211:00 211:50 212:00 212:50 213:00 213:50 214:00 214:50 215:00 215:50 216:00 216:50 217:00 217:50 218:00 218:50 219:00 219:50 220:00 220:50 221:00 221:50 222:00 222:50 223:00 223:50 224:00 224:50 225:00 225:50 226:00 226:50 227:00 227:50 228:00 228:50 229:00 229:50 230:00 230:50 231:00 231:50 232:00 232:50 233:00 233:50 234:00 234:50 235:00 235:50 236:00 236:50 237:00 237:50 238:00 238:50 239:00 239:50 240:00 240:50 241:00 241:50 242:00 242:50 243:00 243:50 244:00 244:50 245:00 245:50 246:00 246:50 247:00 247:50 248:00 248:50 249:00 249:50 250:00 250:50 251:00 251:50 252:00 252:50 253:00 253:50 254:00 254:50 255:00 255:50 256:00 256:50 257:00 257:50 258:00 258:50 259:00 259:50 260:00 260:50 261:00 261:50 262:00 262:50 263:00 263:50 264:00 264:50 265:00 265:50 266:00 266:50 267:00 267:50 268:00 268:50 269:00 269:50 270:00 270:50 271:00 271:50 272:00 272:50 273:00 273:50 274:00 274:50 275:00 275:50 276:00 276:50 277:00 277:50 278:00 278:50 279:00 279:50 280:00 280:50 281:00 281:50 282:00 282:50 283:00 283:50 284:00 284:50 285:00 285:50 286:00 286:50 287:00 287:50 288:00 288:50 289:00 289:50 290:00 290:50 291:00 291:50 292:00 292:50 293:00 293:50 294:00 294:50 295:00 295:50 296:00 296:50 297:00 297:50 298:00 298:50 299:00 299:50 300:00 300:50 301:00 301:50 302:00 302:50 303:00 303:50 304:00 304:50 305:00 305:50 306:00 306:50 307:00 307:50 308:00 308:50 309:00 309:50 310:00 310:50 311:00 311:50 312:00 312:50 313:00 313:50 314:00 314:50 315:00 315:50 316:00 316:50 317:00 317:50 318:00 318:50 319:00 319:50 320:00 320:50 321:00 321:50 322:00 322:50 323:00 323:50 324:00 324:50 325:00 325:50 326:00 326:50 327:00 327:50 328:00 328:50 329:00 329:50 330:00 330:50 331:00 331:50 332:00 332:50 333:00 333:50 334:00 334:50 335:00 335:50 336:00 336:50 337:00 337:50 338:00 338:50 339:00 339:50 340:00 340:50 341:00 341:50 342:00 342:50 343:00 343:50 344:00 344:50 345:00 345:50 346:00 346:50 347:00 347:50 348:00 348:50 349:00 349:50 350:00 350:50 351:00 351:50 352:00 352:50 353:00 353:50 354:00 354:50 355:00 355:50 356:00 356:50 357:00 357:50 358:00 358:50 359:00 359:50 360:00 360:50 361:00 361:50 362:00 362:50 363:00 363:50 364:00 364:50 365:00 365:50 366:00 366:50 367:00 367:50 368:00 368:50 369:00 369:50 370:00 370:50 371:00 371:50 372:00 372:50 373:00 373:50 374:00 374:50 375:00 375:50 376:00 376:50 377:00 377:50 378:00 378:50 379:00 379:50 380:00 380:50 381:00 381:50 382:00 382:50 383:00 383:50 384:00 384:50 385:00 385:50 386:00 386:50 387:00 387:50 388:00 388:50 389:00 389:50 390:00 390:50 391:00 391:50 392:00 392:50 393:00 393:50 394:00 394:50 395:00 395:50 396:00 396:50 397:00 397:50 398:00 398:50 399:00 399:50 400:00 400:50 401:00 401:50 402:00 402:50 403:00 403:50 404:00 404:50 405:00 405:50 406:00 406:50 407:00 407:50 408:00 408:50 409:00 409:50 410:00 410:50 411:00 411:50 412:00 412:50 413:00 413:50 414:00 414:50 415:00 415:50 416:00 416:50 417:00 417:50 418:00 418:50 419:00 419:50 420:00 420:50 421:00 421:50 422:00 422:50 423:00 423:50 424:00 424:50 425:00 425:50 426:00 426:50 427:00 427:50 428:00 428:50 429:00 429:50 430:00 430:50 431:00 431:50 432:00 432:50 433:00 433:50 434:00 434:50 435:00 435:50 436:00 436:50 437:00 437:50 438:00 438:50 439:00 439:50 440:00 440:50 441:00 441:50 442:00 442:50 443:00 443:50 444:00 444:50 445:00 445:50 446:00 446:50 447:00 447:50 448:00 448:50 449:00 449:50 450:00 450:50 451:00 451:50 452:00 452:50 453:00 453:50 454:00 454:50 455:00 455:50 456:00 456:50 457:00 457:50 458:00 458:50 459:00 459:50 460:00 460:50 461:00 461:50 462:00 462:50 463:00 463:50 464:00 464:50 465:00 465:50 466:00 466:50 467:00 467:50 468:00 468:50 469:00 469:50 470:00 470:50 471:00 471:50 472:00 472:50 473:00 473:50 474:00 474:50 475:00 475:50 476:00 476:50 477:00 477:50 478:00 478:50 479:00 479:50 480:00 480:50 481:00 481:50 482:00 482:50 483:00 483:50 484:00 484:50 485:00 485:50 486:00 486:50 487:00 487:50 488:00 488:50 489:00 489:50 490:00 490:50 491:00 491:50 492:00 492:50 493:00 493:50 494:00 494:50 495:00 495:50 496:00 496:50 497:00 497:50 498:00 498:50 499:00 499:50 500:00 500:50 501:00 501:50 502:00 502:50 503:00 503:50 504:00 504:50 505:00 505:50 506:00 506:50 507:00 507:50 508:00 508:50 509:00 509:50 510:00 510:50 511:00 511:50 512:00 512:50 513:00 513:50 514:00 514:50 515:00 515:50 516:00 516:50 517:00 517:50 518:00 518:50 519:00 519:50 520:00 520:50 521:00 521:50 522:00 522:50 523:00 523:50 524:00 524:50 525:00 525:50 526:00 526:50 527:00 527:50 528:00 528:50 529:00 529:50 530:00 530:50 531:00 531:50 532:00 532:50 533:00 533:50 534:00 534:50 535:00 535:50 536:00 536:50 537:00 537:50 538:00 538:50 539:00 539:50 540:00 540:50 541:00 541:50 542:00 542:50 543:00 543:50 544:00 544:50 545:00 545:50 546:00 546:50 547:00 547:50 548:00 548:50 549:00 549:50 550:00 550:50 551:00 551:50 552:00 552:50 553:00 553:50 554:00 554:50 555:00 555:50 556:00 556:50 557:00 557:50 558:00 558:50 559:00 559:50 560:00 560:50 561:00 561:50 562:00 562:50 563:00 563:50 564:00 564:50 565:00 565:50 566:00 566:50 567:00 567:50 568:00 568:50 569:00 569:50 570:00 570:50 571:00 571:50 572:00 572:50 573:00 573:50 574:00 574:50 575:00 575:50 576:00 576:50 577:00 577:50 578:00 578:50 579:00 579:50 580:00 580:50 581:00 581:50 582:00 582:50 583:00 583:50 584:00 584:50 585:00 585:50 586:00 586:50 587:00 587:50 588:00 588:50 589:00 589:50 590:00 590:50 591:00 591:50 592:00 592:50 593:00 593:50 594:00 594:50 595:00 595:50 596:00 596:50 597:00 597:50 598:00 598:50 599:00 599:50 600:00 600:50 601:00 601:50 602:00 602:50 603:00 603:50 604:00 604:50 605:00 605:50 606:00 606:50 607:00 607:50 608:00 608:50 609:00 609:50 610:00 610:50 611:00 611:50 612:00 612:50 613:00 613:50 614:00 614:50 615:00 615:50 616:00 616:50 617:00 617:50 618:00 618:50 619:00 619:50 620:00 620:50 621:00 621:50 622:00 622:50 623:00 623:50 624:00 624:50 625:00 625:50 626:00 626:50 627:00 627:50 628:00 628:50 629:00 629:50 630:00 630:50 631:00 631:50 632:00 632:50 633:00 633:50 634:00 634:50 635:00 635:50 636:00 636:50 637:00 637:50 638:00 638:50 639:00 639:50 640:00 640:50 641:00 641:50 642:00 642:50 643:00 643:50 644:00 644:50 645:00 645:50 646:00 646:50 647:00 647:50 648:00 648:50 649:00 649:50 650:00 650:50 651:00 651:50 652:00 652:50 653:00 653:50 654:00 654:50 655:00 655:50 656:00 656:50 657:00 657:50 658:00 658:50 659:00 659:50 660:00 660:50 661:00 661:50 662:00 662:50 663:00 663:50 664:00 664:50 665:00 665:50 666:00 666:50 667:00 667:50 668:00 668:50 669:00 669:50 670:00 670:50 671:00 671:50 672:00 672:50 673:00 673:50 674:00 674:50 675:00 675:50 676:00 676:50 677:00 677:50 678:00 678:50 679:00 679:50 680:00 680:50 681:00 681:50 682:00 682:50 683:00 683:50 684:00 684:50 685:00 685:50 686:00 686:50 687:00 687:50 688:00 688:50 689:00 689:50 690:00 690:50 691:00 691:50 692:00 692:50 693:00 693:50 694:00 694:50 695:00 695:50 696:00 696:50 697:00 697:50 698:00 698:50 699:00 699:50 700:00 700:50 701:00 701:50 702:00 702:50 703:00 703:50 704:00 704:50 705:00 705:50 706:00 706:50 707:00 707:50 708:00 708:50 709:00 709:50 710:00 710:50 711:00 711:50 712:00 712:50 713:00 713:50 714:00 714:50 715:00 715:50 716:00 716:50 717:00 717:50 718:00 718:50 719:00 719:50 720:00 720:50 721:00 721:50 722:00 722:50 723:00 723:50 724:00 724:50 725:00 725:50 726:00 726:50 727:00 727:50 728:00 728:50 729:00 729:50 730:00 730:50 731:00 731:50 732:00 732:50 733:00 733:50 734:00 734:50 735:00 735:50 736:00 736:50 737:00 737:50 738:00 738:50 739:00 739:50 740:00 740:50 741:00 741:50 742:00 742:50 743:00 743:50 744:00 744:50 745:00 745:50 746:00 746:50 747:00 747:50 748:00 748:50 749:00 749:50 750:00 750:50 751:00 751:50 752:00 752:50 753:00 753:50 754:00 754:50 755:00 755:50 756:00 756:50 757:00 757:50 758:00 758:50 759:00 7

### Quadro Geral dos Momentos kms.

Vãos	Abscissas	Augmento e dim. de temperat. $\pm \gamma$	Pressão $p_1 = 8$ $\frac{K/cm^2}{\alpha}$	Pressão $P_2 = 0$ $\beta$	$\alpha + \gamma$	$\alpha - \gamma$	$\beta + \gamma$	$\beta - \gamma$
Trecho AB	0.0000	+ 2061.56	+ 19772.56	- 12878.73	+ 21834.12	+ 17711.00	- 10817.17	- 14940.29
	0.5000	+ 1611.17	+ 16132.82	- 9632.26	+ 17743.68	+ 14521.35	- 8021.09	- 11243.43
	1.2374	+ 946.89	+ 10344.47	- 5163.43	+ 11291.37	+ 9397.57	- 4216.53	- 6110.32
	2.0000	+ 259.99	+ 2521.93	- 2583.32	+ 2781.92	+ 2261.93	- 2323.32	- 2843.32
	2.4749	+ 157.76	- 2022.55	- 1184.32	- 2180.32	- 1864.79	- 1342.09	- 1026.55
	3.0000	+ 640.76	- 8645.11	+ 22.68	- 9285.90	- 8004.32	- 618.11	+ 663.48
Trecho BC	0.0000	+ 640.79	- 8645.11	+ 22.68	- 9285.90	- 8004.32	- 618.11	+ 663.48
	0.7500	+ 664.38	- 6225.17	+ 2057.27	- 6889.55	- 5560.78	+ 1392.88	+ 2721.66
	2.7500	+ 727.30	- 1491.99	+ 5762.83	- 2219.29	- 764.68	+ 5035.52	+ 6490.14
	4.7500	+ 790.23	- 1658.81	+ 3568.39	- 2449.03	- 868.58	+ 2778.16	+ 4358.62
	6.7500	+ 853.15	- 5825.63	- 626.05	- 6678.77	- 4972.48	- 1479.19	+ 227.09
	8.5000	+ 908.21	- 13649.72	- 9352.60	- 14557.93	- 12741.51	- 10260.81	- 8444.40
Trecho CE	0.0000	+ 1.699.76	- 27574.66	- 5821.17	- 25874.99	- 29274.90	- 4121.42	- 7520.93
	0.7500	+ 1.565.57	- 22140.56	- 2104.53	- 20574.99	- 23706.13	- 538.97	- 3670.10
	2.2500	+ 1.297.18	- 12116.11	+ 4484.99	- 10818.94	- 13413.41	+ 5782.18	+ 3187.81
	6.2500	+ 581.50	+ 1315.71	+ 8757.07	+ 1897.22	+ 734.41	+ 9338.58	+ 8175.57
	8.0000	+ 268.39	+ 1264.02	+ 4697.98	+ 1532.41	+ 995.63	+ 4966.37	+ 4429.59
	9.5000	+ 000.00	000.00	000.00	000.00	000.00	000.00	000.00
Trecho DC	0.0000	000.00	000.00	000.00	000.00	000.00	000.00	000.00
	3.0000	+ 2.607.97	- 13924.89	+ 3531.43	- 11316.92	- 16532.86	+ 6139.39	+ 923.46





Levando em conta essa condição mais desfavorável, procedemos ao calculo, incluindo na secção respectiva um aumento de ferragem; com uma verificação da secção final adoptada pode-se observar que a mesma secção satisfaz a um momento:  $M + 30\% M$

Um outro detalhe de verificação de certa importancia (ramo *AB*, por exemplo) é o calculo de certas peças, que ora trabalham a flexo-tracção, ora a flexo-compressão; exige portanto mais attenção do calculista, visto a obrigatoriedade do uso de equações do terceiro grau para a determinação da linha neutra.

Quanto ás fundações, são todas ellas estaqueadas: as curvas dos momentos foram obtidas, conhecendo-se previamente a reacção das estacas.

Para encerrar essa exposição e melhor esclarecer o leitor apresentamos em separado todos os detalhes do projecto.