

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

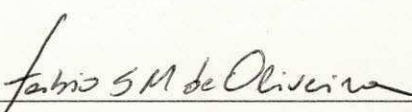
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA

CAMPUS II

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

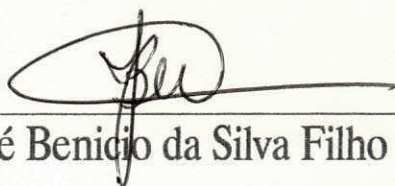
ESTAGIO SUPERVISIONADO

ALUNO:


Fábio Silveira Martins de Oliveira

Matrícula: 831.1411-3

ORIENTADOR: José Benício da Silva Filho





Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

I N D I C E

| | |
|-----------------------------------|----|
| Introdução..... | 02 |
| Lista de símbolos utilizados..... | 03 |
| Carregamento das lajes..... | 04 |
| Cargas nas vigas..... | 04 |

Cálculo estrutural e dimensionameto das vigas

| | |
|--------------|----|
| Viga 01..... | 04 |
| Viga 02..... | 07 |
| Viga 03..... | 08 |
| Viga 04..... | 10 |
| Viga 05..... | 11 |
| Viga 06..... | 13 |
| Viga 07..... | 15 |
| Viga 08..... | 17 |
| Viga 09..... | 19 |
| Viga 10..... | 20 |
| Viga 11..... | 22 |
| Viga 12..... | 23 |
| Viga 13..... | 25 |
| Viga 14..... | 27 |
| Viga 15..... | 29 |
| Viga 16..... | 31 |

Dimensionamento de pilares e sapatas

| | |
|--|----|
| Cargas nos pilares..... | 32 |
| Pilares com carga até 20 Toneladas - P01, P04, P09.... | 33 |
| Pilares com carga até 30 Toneladas - P02, P05, P07.... | 34 |
| Pilares com carga até 40 Toneladas - P03, P06..... | 36 |
| Pilares com carga até 60 Toneladas - P08..... | 37 |
| Detalhes de viga..... | 40 |
| Detalhes de pilar e de sapata..... | 42 |
| Conclusão..... | 43 |
| Bibliografia..... | 44 |

Anexo I

INTRODUÇÃO

O presente relatório consta das atividades desenvolvidas pelo estagiário Fábio Silveira Martins de Oliveira, aluno do curso de Engenharia Civil, Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), matriculado sob nº 8311411-3 , cujo estágio foi realizado no período de 09/11/97 a 11/12/97, constando de 40 horas semanais.

O estágio se desenvolveu durante o período citado, na área de cálculo estrutural no qual o aluno executou os cálculos estruturais de um edifício de 03 pavimentos projetado pelo engenheiro civil José Benício da Silva Filho, professor da Área de Estruturas da Universidade Federal da Paraíba, Campus II.

Durante este período, o estagiário esteve sob a orientação do professor José Benício da Silva, como também foi auxiliado pelo professor Peryllo Ramos Borba.

LISTA DE SIMBILOS UTILIZADOS

- A_s - Area da seção de aço a tração
- A_{smin} - Area mínima de seção de aço
- A'_s - Area da seção de aço a compressão
- A_{sw} - Area da seção de aço para estribos
- d - Altura util
- ϕ - Diâmetro das barras longitudinais
- $\#$ - Diâmetro dos estribos
- M - Momento fletor
- M_{max} - Momento fletor máximo
- M_d - Momento fletor de dimensionamento
- V - Esforço cortante
- V_d - Esforço cortante de dimensionamento
- N - Carga vertical aplicada no pilar
- w - Coeficiente de segurança
- F_{ck} - Resistência característica do concreto a compressão
- f_{cd} - Tensão do estado limite (tensão de cálculo)
- f_{yd} - Tensão de escoamento do aço
- f'_{yd} - Tensão de calculo na armadura de compressão na ruptura
- k_i - Coeficiente de rigidez de ordem i
- d_i - Coeficiente de distribuição de ordem i
- ϵ - Alfa
- R_V - Somatório das reações verticais
- X - Posição do cortante nulo (momento máximo)

1.0 - CARREGAMENTO DAS LAGES

1.1) PAVIMENTO TIPO

$$\begin{aligned} \text{Peso próprio} &= 0,08 \times 2500 = 200 \\ \text{Revestimento} &= 50 \\ \text{Sobrecarga} &= 150 \\ \text{Total} &= 400 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1.2) COBERTURA

$$\begin{aligned} \text{Peso próprio} &= 0,08 \times 2500 = 200 \\ \text{Sobrecarga} &= 50 \\ \text{Total} &= 250 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2.0 - CARGAS NAS VIGAS

2.1) Pavimento tipo

- * Consideramos todas as vigas com seção 10x40
peso próprio = $0,10 \times 0,40 \times 2500 = 100 \text{ Kg/m}$
- * Todas as vigas estão carregadas com paredes de tijolo furado
peso da parede = $0,15 \times 2,6 \times 1200 = 470 \text{ Kg/m}$

2.2) Cobertura

- * As vigas estão carregadas com paredes com altura de 1m
(platibanda) = 200 Kg/m
- * Vigas de (10x30) => peso próprio = 75 Kg/m
- * Vigas de (10x35) => peso próprio = 90 Kg/m

3.0 - MODELO ESTRUTURAL.

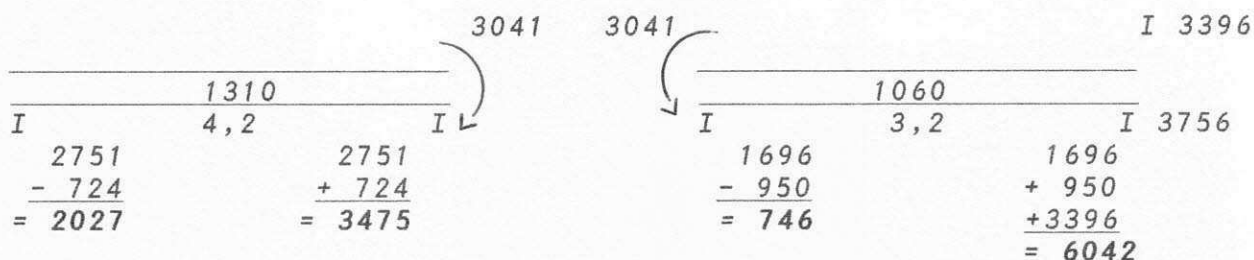
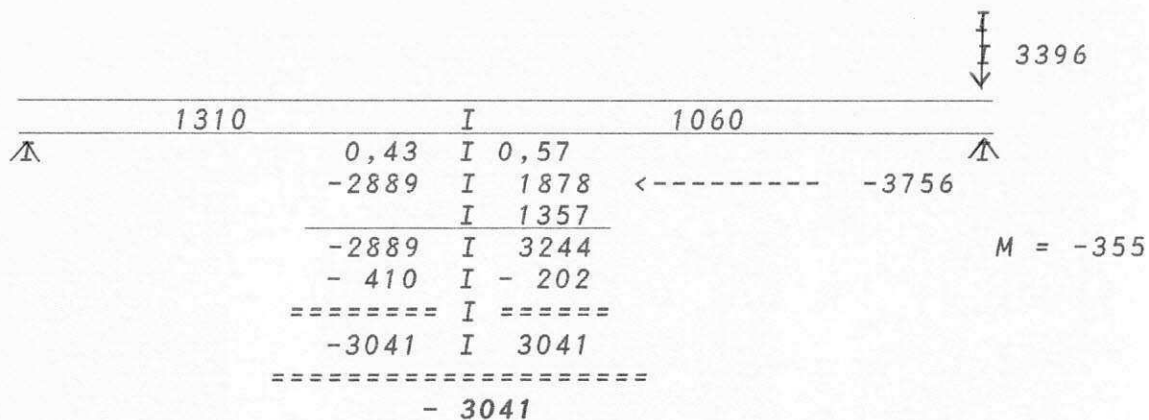
Ver ANEXO I.

4.0 - CALCULO ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO

Viga 01 (10x40) (pelo processo de Cross)

$$\begin{aligned} k_1 &= (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4.2) = 0,179 \\ k_2 &= (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.2) = 0,234 \\ k &= 0,413 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_i &= k_i / k \\ d_1 &= 0,179 / 0,413 = 0,43 \\ d_2 &= 0,234 / 0,413 = 0,57 \end{aligned}$$



$$R_a = 2027 \text{ Kg}$$

$$R_b = 4221 \text{ Kg}$$

$$R_c = 6042 \text{ Kg}$$

$$X_1 = 2027 / 1310 = 1,55$$

$$X_2 = 746 / 1060 = 0,70$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão } ab \text{ } M_{max} = 1310 \times 1,55 / 2 = 1015 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\text{-Vão } bc \text{ } M_{max} = -3041 + 1060 \times 0,70 / 2 = -2670 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_b = -3041 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_c = -3756 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 1015 = 1421 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\lambda = 37 / (\sqrt{1421 / 0,1}) = 0,310 \Rightarrow \lambda = 40,00$$

$$A_s = M_d / (\lambda x d) = 1421 / 40,00 \times 37 \Rightarrow A_s = 0,96 \text{ cm}^2 = 2 @ 8,0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times (-2670) = -3738 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Armadura mínima

$$A_s = 0,15 \times 0,10 \times 37 = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8,0$$

Vão balanço

Armadura mínima

$$A_s = 0,15 \times 0,10 \times 37 = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8,0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab

Armadura mínima de compressão $\Rightarrow 2 @ 5,0$

Vão bc = apoio b

$$M_d = 1,4 \times 3854 = 5395 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{5395/0,1}) = 0,159 \Rightarrow \text{ARMADURA DUPLA}$$

$$M_d = M \times b \times d^2 \times \kappa_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 37^2 \times 85,71$$

$$M_d = 3004 \text{ Kgfm}$$

$$M_d = 5395 - 3004 = 2391 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \left\{ \frac{M_d}{(0,815 \times \kappa'_{yd} \times d)} \right\} + \left\{ \frac{M_d}{(c\kappa \times \kappa_{yd})} \right\} =$$

$$A_s = \left\{ \frac{3004}{(0,815 \times 43,48 \times 37)} \right\} + \left\{ \frac{2391}{(34 \times 35,50)} \right\} =$$

$$A_s = 4,27 \text{ cm}^2 = 4 @ 12,5$$

$$A'_s = \left\{ \frac{M_d}{(c\kappa \times \kappa'_{yd})} \right\}$$

$$A'_s = \left\{ \frac{2391}{(34 \times 43,48)} \right\} = A'_s = 1,62 \text{ cm}^2 = 3 @ 10,0$$

Vão cd = balanço

$$M_d = 1,4 \times 3756 = 5258 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{5258/0,1}) = 0,161 \Rightarrow \text{ARMADURA DUPLA}$$

$$M_d = M \times b \times d^2 \times \kappa_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 37^2 \times 85,71$$

$$M_d = 3004 \text{ Kgfm}$$

$$M_d = 5258 - 3004 = 2254 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \left\{ \frac{M_d}{(0,815 \times \kappa'_{yd} \times d)} \right\} + \left\{ \frac{M_d}{(c\kappa \times \kappa_{yd})} \right\} =$$

$$A_s = \left\{ \frac{3004}{(0,815 \times 43,48 \times 37)} \right\} + \left\{ \frac{2254}{(34 \times 35,50)} \right\} =$$

$$A_s = 4,16 \text{ cm}^2 = 4 @ 12,5$$

$$A'_s = \left\{ \frac{M_d}{(c\kappa \times \kappa'_{yd})} \right\}$$

$$A'_s = \left\{ \frac{2254}{(34 \times 43,48)} \right\} = A'_s = 1,52 \text{ cm}^2 = 2 @ 10,0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 3475 = 4865 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \phi \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 4865 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 3,47 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Vão bc

$$Vd = 1,4 \times 2646 = 3704 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \phi \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 3704 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 2,64 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Vão balanço

$$Vd = 1,4 \times 3396 = 4754 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \phi \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 4754 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 3,40 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 02 (10x40)

$$RV = 0 \Rightarrow Ra + Rb = 1310 \times 3,2 \Rightarrow Ra = 4192 - Rb$$

$$Ma = 0 \Rightarrow (1310 \times 3,2 \times 3,2 / 2) - 3,2Rb = 0 \Rightarrow Rb = 2096 \text{ Kg}\acute{c}$$

$$Ra = 4192 - 2096 \Rightarrow Ra = 2096 \text{ Kg}\acute{c}$$

Momento máximo no vão

$$X = 2096 / 1310 \Rightarrow X = 1,6$$

$$Mmax = 2096 \times 1,6 / 2 \Rightarrow Mmax = 1676,8 \text{ Kg}\acute{c}\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$Md = 1,4 \times 1677 = 2350 \text{ Kg}\acute{c}\text{m}$$

$$\lambda = 37 / (\sqrt{2350/0,1}) = 0,241 \Rightarrow \xi = 37,61$$

$$As = Md / (\xi x d) = 2350 / (37,61 \times 37) \Rightarrow As = 1,69 \text{ cm}^2 = 3 @ 10.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 2096 = 2935 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \phi \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2935 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 2,10 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

✓ 7

VIGA 03 (10x40) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4.2) = 0,179$$

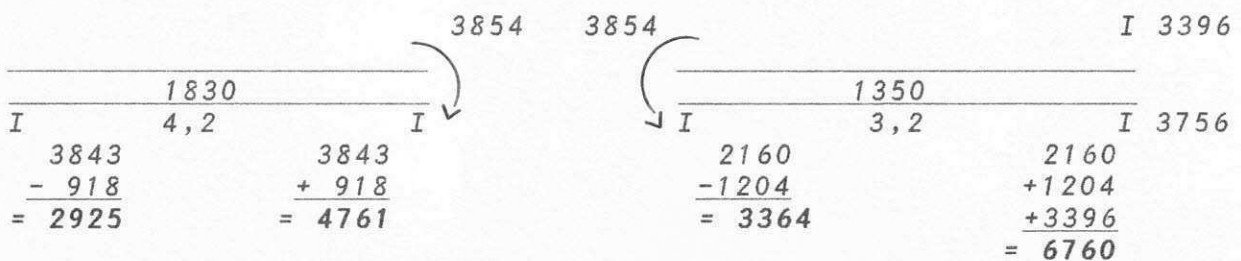
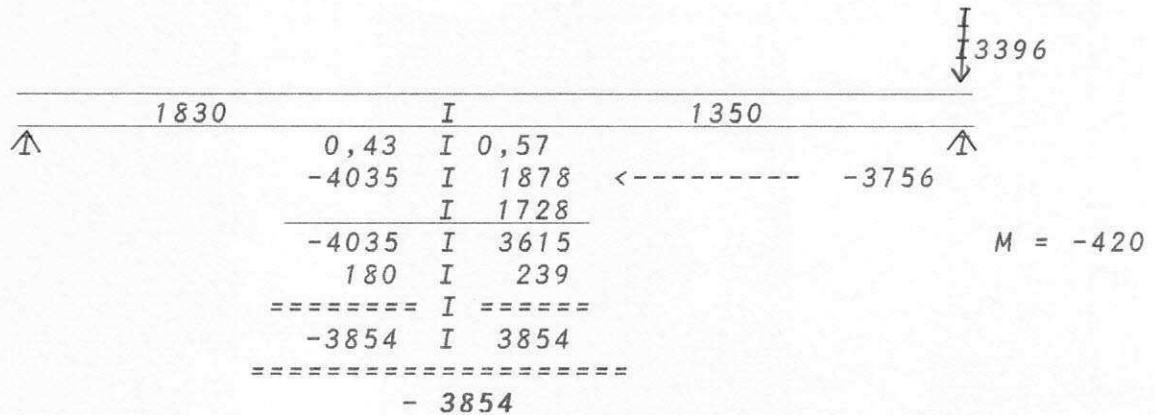
$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.2) = 0,234$$

$$k = 0,413$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,179 / 0,413 = 0,43$$

$$d_2 = 0,234 / 0,413 = 0,57$$



$$R_a = 2925 \text{ Kg} \quad R_b = 8125 \text{ Kg} \quad R_c = 6760 \text{ Kg}$$

$$X_1 = 2925 / 1830 = 1,60$$

$$X_2 = 3364 / 1350 = 2,49$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão ab } M_{\max} = 1830 \times 1,60 / 2 = 1464 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\text{-Vão bc } M_{\max} = -3854 + 3364 \times 2,49 / 2 = 334 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_b = -3854 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_c = -3756 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 1464 = 2050 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\lambda = 37 / (\sqrt{2050 / 0,1}) = 0,258 \Rightarrow \lambda = 38,26$$

$$A_s = M_d / (\lambda x d) = 2050 / (38,26 \times 37) \Rightarrow A_s = 1,44 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

8
✓

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 334 = 467 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{467/0,1}) = 0,541 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 467 / 40,48 \times 37 \Rightarrow A_s = 0,312 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão balanço

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab

$$\text{Armadura mínima de compressão} \Rightarrow 2 @ 5.0$$

Vão bc = apoios b

$$M_d = 1,4 \times 2235 = 3129 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{3129/0,1}) = 0,209 \Rightarrow \xi = 35,00$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 3129 / 35,00 \times 37 \Rightarrow A_s = 2,42 \text{ cm}^2 = 2 @ 12.5$$

Vão cd = balanço

$$M_d = 1,4 \times 4114 = 5260 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{5260/0,1}) = 0,161 \Rightarrow \text{ARMADURA DUPLA}$$

$$M_d = M \times b \times d^2 \times \zeta_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 37^2 \times 85,71 = 3004 \text{ Kgfm}$$

$$M_d = 5260 - 3004 = 2256 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \left[\frac{M_d}{(0,815 \times \zeta'_{yd} \times d)} \right] + \left[\frac{M_d}{(\zeta_{cb} \times \zeta_{yd})} \right] =$$

$$A_s = \left[\frac{3004}{(0,815 \times 43,48 \times 37)} \right] + \left[\frac{2256}{(34 \times 35,50)} \right] =$$

$$A_s = 4,17 \text{ cm}^2 = 4 @ 12.5$$

$$A'_s = \left[\frac{M_d}{(\zeta_{cb} \times \zeta'_{yd})} \right]$$

$$A'_s = \left[\frac{2256}{(34 \times 43,48)} \right] = A'_s = 1,52 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 4761 = 6665 \text{ Kgfm} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times \zeta_{yd}) = 6665 / (0,322 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 4,76 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 15,0$$

γ

Vão bc

$$Vd = 1,4 \times 3364 = 4710 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times f_{yd}) = 4710 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 3,36 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Vão balanço

$$Vd = 1,4 \times 3396 = 4754 \text{ Kg}\acute{c} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times f_{yd}) = 4754 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 3,40 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 04 (10x40) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4.2) = 0,179$$

$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.2) = 0,234$$

$$k = 0,413$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,179 / 0,413 = 0,43$$

$$d_2 = 0,234 / 0,413 = 0,57$$

| | | | | |
|---|--------|---|-------|---|
| | 1370 | | 1370 | |
| I | 0,43 | I | 0,57 | I |
| | -3020 | I | 1753 | |
| | 545 | I | 545 | |
| | ===== | I | ===== | |
| | -2475 | I | 2475 | |
| | ===== | | ===== | |
| | - 2475 | | | |

$$M = -1267$$

| | | | | |
|--------|--------|---|--------|--------|
| | 2475 | | 2475 | |
| I | 4,2 | I | 3,2 | I |
| 2877 | 2877 | I | 2192 | 2192 |
| - 589 | + 589 | I | + 773 | -773 |
| = 2288 | = 3466 | I | = 2965 | = 1419 |

$$Ra = 2288 \text{ Kg}\acute{c}$$

$$Rb = 6431 \text{ Kg}\acute{c}$$

$$Rc = 1419 \text{ Kg}\acute{c}$$

$$X_1 = 2288 / 1370 = 1,67$$

$$X_2 = 1419 / 1370 = 1,04$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão ab } M_{\max} = 2288 \times 1,67 / 2 = 1910 \text{ Kg}\acute{c}m$$

$$\text{-Vão bc } M_{\max} = 1419 \times 1,04 / 2 = 738 \text{ Kg}\acute{c}m$$

Momento no apoio

$$Mb = -2475 \text{ Kg}\acute{c}m$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 1910 = 2674 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{2674/0,1}) = 0,226 \Rightarrow \xi = 36,52$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 2674 / 36,52 \times 37 \Rightarrow A_s = 1,98 \text{ cm}^2 = 3 @ 10.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 738 = 1033 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{1033/0,1}) = 0,364 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1033 / 40,48 \times 37 \Rightarrow A_s = 0,69 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 2475 = 3465 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{3465/0,1}) = 0,199 \Rightarrow \xi = 33,91$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 3465 / 33,91 \times 37$$

$$A_s = 2,76 \text{ cm}^2 = 4 @ 10.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 3460 = 4844 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 4844 / (0,322 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 3,52 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Vão bc

$$V_d = 1,4 \times 2965 = 4151 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 4151 / (0,322 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,64 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 05 (10x40) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4.2) = 0,179$$

$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.2) = 0,234$$

$$k = 0,413$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,179 / 0,413 = 0,43$$

$$d_2 = 0,234 / 0,413 = 0,57$$

✓

| | | | | |
|---|---------------|---|------|--------|
| | 850 | | 850 | |
| I | 0,43 | I | 0,57 | I |
| | -1875 | I | 1088 | M= 787 |
| | 338 | I | 449 | |
| | ===== I ===== | | | |
| | -1537 | I | 1537 | |
| | ===== | | | |
| | - 1537 | | | |

| | | | | |
|--------|--------|--------|-------|---|
| | 1537 | | 1537 | |
| I | 850 | I | 850 | I |
| 4,2 | | 3,2 | | I |
| 1785 | 1785 | 1360 | 1360 | |
| - 366 | + 366 | + 480 | -480 | |
| = 1419 | = 2151 | = 1840 | = 880 | |

$$R_a = 1419 \text{ Kg}\ddagger$$

$$R_b = 3991 \text{ Kg}\ddagger$$

$$R_c = 880 \text{ Kg}\ddagger$$

$$X_1 = 1419 / 850 = 1,67$$

$$X_2 = 880 / 850 = 1,04$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão ab } M_{\max} = 1419 \times 1,67 / 2 = 1185 \text{ Kg}\ddagger\text{m}$$

$$\text{-Vão bc } M_{\max} = 880 \times 1,04 / 2 = 451 \text{ Kg}\ddagger\text{m}$$

Momento no apoio

$$M_b = -1537 \text{ Kg}\ddagger\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 1185 = 1659 \text{ Kg}\ddagger\text{m}$$

$$\lambda = 37 / (\sqrt{1659/0,1}) = 0,287 \Rightarrow \lambda = 39,57$$

$$A_s = M_d / (\lambda x d) = 1659 / 39,57 \times 37 \Rightarrow A_s = 1,13 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 451 = 631 \text{ Kg}\ddagger\text{m}$$

$$\lambda = 37 / (\sqrt{631/0,1}) = 0,466 \Rightarrow \lambda = 40,48$$

$$A_s = M_d / (\lambda x d) = 631 / 40,48 \times 37$$

$$A_s = 0,42 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0 \text{ (armadura mínima)}$$

✓

ARMADURA NEGATIVA

$V\tilde{a}o\ ab = V\tilde{a}o\ bc$

$Md = 1,4 \times 1537 = 2152\ Kg\ m$

$\mu = 37 / (\sqrt{2152/0,1}) = 0,252 \Rightarrow \xi = 38,04$

$As = Md / (\xi \times d) = 2152 / 38,04 \times 37$

$As = 1,53\ cm^2 = 3 @ 10.0$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vãoo ab

$Vd = 1,4 \times 2115 = 2961\ Kg\ t \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$

$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2961 / (0,322 \times 4348)$

$Asw = 2,11\ cm^2 / m \Rightarrow \# 5.0\ c.\ 18,5$

Vãoo bc

$Vd = 1,4 \times 1840 = 2576\ Kg\ t \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$

$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2576 / (0,322 \times 4348)$

$Asw = 1,84\ cm^2 / m \Rightarrow \# 5.0\ c.\ 18,5$

VIGA 06 (10x40) (pelo processo de Cross)

$k1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/2.7) = 0,278$

$k2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.7) = 0,203$

$k = 0,481$

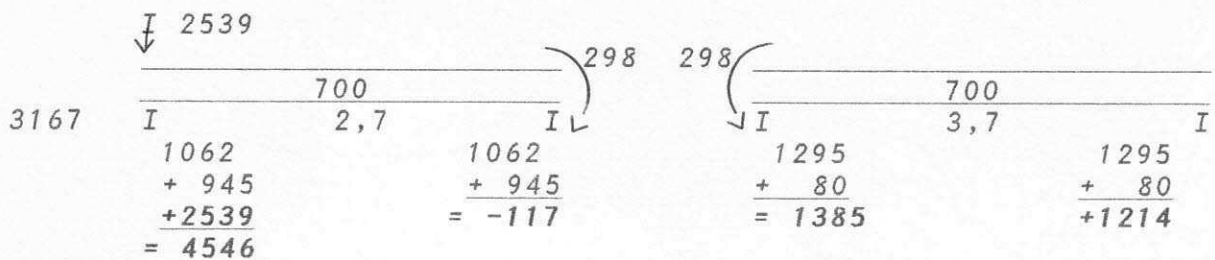
$di = ki / k$

$d1 = 0,278 / 0,481 = 0,58$

$d2 = 0,203 / 0,481 = 0,42$

| | | | |
|---|--------|--------|------------|
| \downarrow 2539 <hr style="border: 0.5px solid black;"/> | 700 | 700 | \uparrow |
| \uparrow | 0,58 | I 0,42 | |
| -3167 | -----> | +1584 | I 1189 |
| | | - 638 | I |
| | | 946 | I 1189 |
| | | -1244 | I - 900 |
| | | ===== | I ===== |
| | | - 298 | I 298 |
| | | ===== | |
| | | - 298 | |

$M = -2144$



$$R_a = 4547 \text{ Kg}$$

$$R_b = 1258 \text{ Kg}$$

$$R_c = 1214 \text{ Kg}$$

$$X_1 = 4547 / 700 = 2,87$$

$$X_2 = 1214 / 700 = 1,73$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão bc } M_{\max} = 1214 \times 1,73 / 2 = 1050 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_a = -3164 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_b = -298 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab = Vão balanço

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 1050 = 1470 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{1470/0,1}) = 0,305 \Rightarrow \xi = 40,00$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1470 / 40,00 \times 37$$

$$A_s = 1,00 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão do balanço

$$M_d = 1,4 \times 3167 = 4434 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{4434/0,1}) = 0,176 \Rightarrow \xi = 29,13$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 4434 / 29,13 \times 37 \Rightarrow A_s = 4,11 \text{ cm}^2 = 4 @ 12.5$$

Vão bc = apoio b

$$M_d = 1,4 \times 1044 = 1462 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{1462/0,1}) = 0,306 \Rightarrow \xi = 40,22$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1462 / 40,22 \times 37 \Rightarrow A_s = 0,98 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 2539 = 3554 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 3554 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 2,54 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16,0$$

Vão bc

$$Vd = 1,4 \times 2008 = 2811 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2811 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 2,01 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Vão balanço

$$Vd = 1,4 \times 1386 = 1940 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 1940 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 1,39 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 07 (10x40) (pelo processo de Cross) Ver detalhes pag 40.

$$k1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/2.7) = 0,278$$

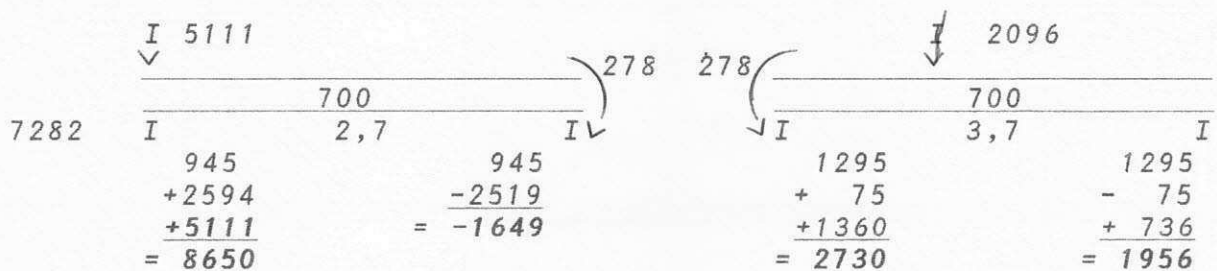
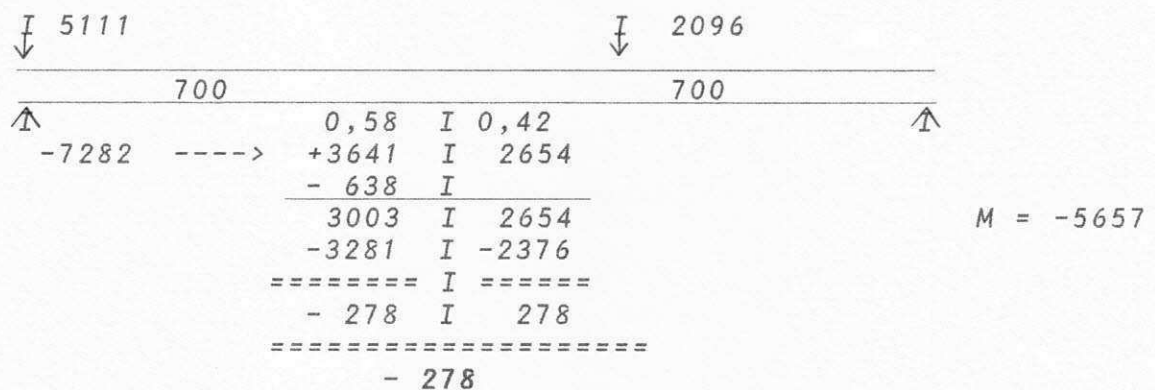
$$k2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.7) = 0,203$$

$$k = 0,481$$

$$di = ki / k$$

$$d1 = 0,278 / 0,481 = 0,58$$

$$d2 = 0,203 / 0,481 = 0,42$$



$$R_a = 8650 \text{ Kg}$$

$$R_b = 1081 \text{ Kg}$$

$$R_c = 1956 \text{ Kg}$$

Momentos máximos nos vãos

$$-\text{Vão } ab \text{ } M_{\max} = -7282 + \{[(3539+1649)/2]\} \times 2,7 = -278 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$-\text{Vão } bc \text{ } M_{\max} = [(245+1956/2) \times 2,4] = 2641 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_a = -7282 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_b = -278 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão *ab* = Vão balanço

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,55 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão *bc*

$$M_d = 1,4 \times 2641 = 3697 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\mu = 37 / (\sqrt{3697/0,1}) = 0,192 \Rightarrow \xi = 32,61$$

$$A_s = M_d / (\xi \times d) = 3697 / (32,61 \times 37) \Rightarrow A_s = 3,06 \text{ cm}^2 = 3 @ 12.5$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão *ab* = Vão do balanço

$$M_d = 1,4 \times 7282 = 10195 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\mu = 37 / (\sqrt{10195/0,1}) = 0,116 \Rightarrow \text{AUMENTAR A ALTURA}$$

$$\text{Considerando a altura} = 55 \text{ cm} \Rightarrow d = 52$$

$$M_{d1} = M \times b \times d^2 \times \zeta_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 52^2 \times 85,71$$

$$M_{d1} = 5933 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{d2} = 10195 - 5933 = 4262 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$A_s = \left\{ \frac{M_{d1}}{(0,815 \times \zeta'_{yd} \times d)} \right\} + \left\{ \frac{M_{d2}}{(49 \times \zeta_{yd})} \right\} =$$

$$A_s = \left\{ \frac{5933}{(0,815 \times 43,48 \times 52)} \right\} + \left\{ \frac{4262}{(49 \times 35,50)} \right\} =$$

$$A_s = 5,67 \text{ cm}^2 = 3 @ 16.0$$

$$A'_s = \left[\frac{M_{d2}}{(49 \times \zeta_{yd})} \right]$$

$$A'_s = \left[\frac{4262}{(49 \times 43,48)} \right] \Rightarrow A'_s = 2,00 \text{ cm}^2 = 3 @ 10.0$$

Vão *bc* = apoio *b*

$$M_d = 1,4 \times 284 = 389 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\mu = 37 / (\sqrt{389/0,1}) = 0,593 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M_d / (f_x d) = 389 / (40,48 \times 37)$$

$$A_s = 0,26 \text{ cm}^2 = 2 @ 5.0 \quad (\text{armadura m\u00ednima})$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

V\u00e3o balan\u00e7o

$$V_d = 1,4 \times 5111 = 7155 \text{ Kg}\dagger \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 7155 / (0,452 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 3,64 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 27,5$$

V\u00e3o ab

$$V_d = 1,4 \times 3539 = 4955 \text{ Kg}\dagger \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 4955 / (0,452 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,52 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

V\u00e3o bc

$$V_d = 1,4 \times 2671 = 3739 \text{ Kg}\dagger \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 3739 / (0,322 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,67 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 08 (10x40) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/2.7) = 0,278$$

$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.7) = 0,203$$

$$k = 0,481$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,278 / 0,481 = 0,58$$

$$d_2 = 0,203 / 0,481 = 0,42$$

| | | | |
|------------|--------|-------------|-----------|
| \u2193 880 | | \u2193 2096 | |
| \u2191 | 700 | 700 | \u2191 |
| -2304 | 0,58 | I 0,42 | |
| -----> | +1152 | I 2654 | |
| | - 638 | I | |
| | 514 | I 2654 | |
| | -1837 | I -1331 | |
| | ===== | I ===== | |
| | -1323 | I 1323 | |
| | ===== | I ===== | |
| | - 1323 | | M = -3168 |



ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão balanço

$$Vd = 1,4 \times 2000 = 2800 \text{ Kg}\acute{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2800 / (0,452 \times 4348)$$

$$Asw = 1,42 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 27,5$$

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 1308 = 1831 \text{ Kg}\acute{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 1831 / (0,452 \times 4348)$$

$$Asw = 0,93 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 27,5$$

Vão bc

$$Vd = 1,4 \times 3013 = 4218 \text{ Kg}\acute{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 4218 / (0,322 \times 4348)$$

$$Asw = 3,01 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 09 (10x40)

$$RV = 0 \Rightarrow Ra + Rb = 700 \times 3,7 \Rightarrow Ra = 2590 - Rb$$

$$Ma = 0 \Rightarrow (700 \times 3,7 \times 3,7 / 2) - 3,7Rb = 0 \Rightarrow Rb = 1295 \text{ Kg}\acute{f}$$

$$Ra = 2590 - 1295 \Rightarrow Ra = 1295 \text{ Kg}\acute{f}$$

Momento máximo no vão

$$X = 1295 / 700 \Rightarrow X = 1,85$$

$$Mmax = 700 \times 1,85 / 2 \Rightarrow Mmax = 647,5 \text{ Kg}\acute{f}\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$Md = 1,4 \times 647 = 1677 \text{ Kg}\acute{f}\text{m}$$

$$\kappa = 37 / (\sqrt{1677/0,1}) = 0,280 \Rightarrow \xi = 39,31$$

$$As = Md / (\xi \times d) = 1677 / (39,31 \times 37) \Rightarrow As = 1,17 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 1300 = 1820 \text{ Kg}\acute{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,322$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1820 / (0,322 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,27 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

VIGA 10 (10x30) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4.2) = 0,179$$

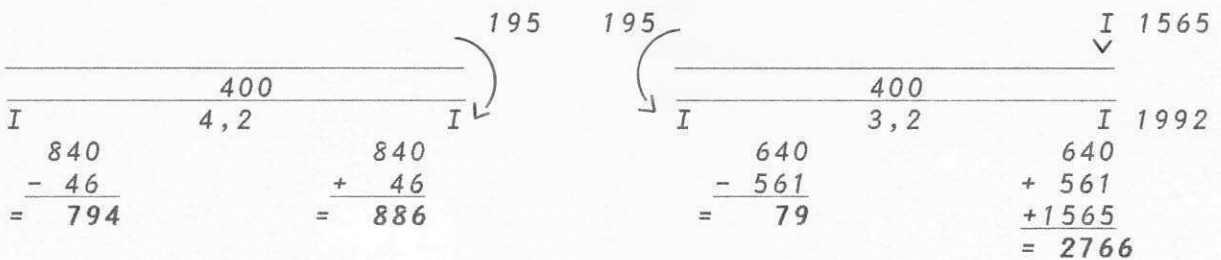
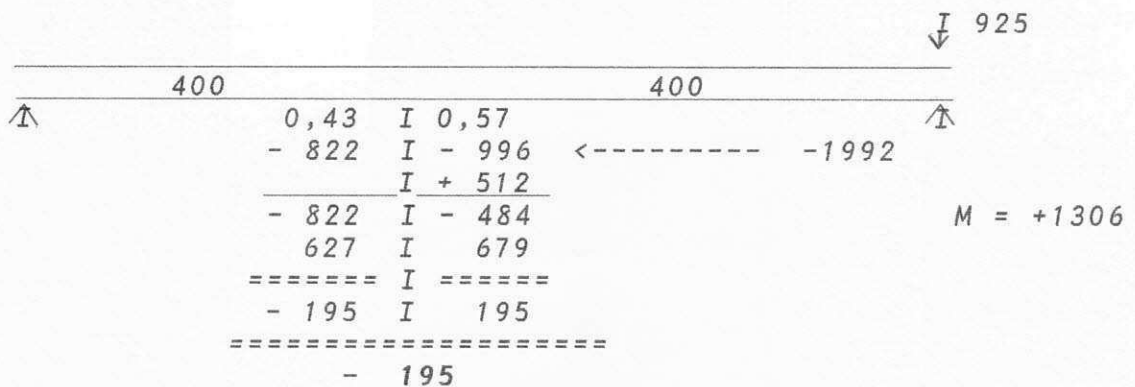
$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.2) = 0,234$$

$$k = 0,413$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,179 / 0,413 = 0,43$$

$$d_2 = 0,234 / 0,413 = 0,57$$



$$R_a = 794 \text{ Kg}f$$

$$R_b = 964 \text{ Kg}f$$

$$R_c = 2766 \text{ Kg}f$$

$$X_1 = 794 / 400 = 1,98$$

$$X_2 = 79 / 400 = 0,20$$

Momentos máximos nos vãos

$$\text{-Vão ab } M_{max} = 794 \times 1,98 / 2 = 788 \text{ Kg}f\text{m}$$

$$\text{-Vão bc } M_{max} = -195 + 79 \times 0,20 / 2 = 179 \text{ Kg}f\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_b = -195 \text{ Kg}f\text{m}$$

$$M_c = -1992 \text{ Kg}f\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 788 = 1103 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 27 / (\sqrt{1103/0,1}) = 0,257 \Rightarrow \xi = 38,26$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1103 / (38,26 \times 27) \Rightarrow A_s = 0,78 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

Vão bc

$$M_d = 179 \times 1.4 = 251 \text{ Kgfm} \Rightarrow \text{Armadura mínima}$$

$$A_s = 0,15 \times 0,10 \times 27 = 0,41 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 8 = 13 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 27 / (\sqrt{13/0,1}) = 2,36 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 13 / (40,48 \times 37)$$

$$A_s = 0,01 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{armadura mínima} \Rightarrow 2 @ 5.0$$

Vão bc = Vão balanço

$$M_d = 1,4 \times 1992 = 2789 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 27 / (\sqrt{2789/0,1}) = 0,162 \Rightarrow \text{AUMENTAR A ALTURA}$$

$$\text{Considerando a altura} = 35 \text{ cm} \Rightarrow d = 32$$

$$M_{d1} = M \times b \times d^2 \times \zeta_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 32^2 \times 85,71$$

$$M_{d1} = 2247 \text{ Kgfm}$$

$$M_{d2} = 2789 - 2247 = 542 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \{ [M_{d1} / (0,815 \times \zeta'_{yd} \times d)] + [M_{d2} / (\zeta_c \times \zeta_{yd})] =$$

$$A_s = \{ [2247 / (0,815 \times 43,48 \times 32)] + [542 / (29 \times 35,50)] \} =$$

$$A_s = 2,51 \text{ cm}^2 = 2 @ 12.5$$

$$A'_s = [M_{d2} / (\zeta_c \times \zeta'_{yd})]$$

$$A'_s = [542 / (29 \times 43,48)] \Rightarrow A'_s = 0,43 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 886 = 1240 \text{ Kg}$$

$$Z = \zeta \times d = 0,235$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1240 / (0,235 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,21 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 15$$

Vão bc

$$V_d = 1,4 \times 1201 = 1681 \text{ Kg}\ddot{t} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1681 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,39 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 17,5$$

Vão balanço

$$V_d = 1,4 \times 1565 = 2191 \text{ Kg}\ddot{t} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 2191 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,81 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 15$$

Viga 11 (10x30)

$$R_V = 0 \Rightarrow R_a + R_b = 200 \times 3,2 + 400 \times 1,6 + 925$$

$$R_a = 2205 - R_b$$

$$M_a = 0 \Rightarrow -(200 \times 3,2 \times 3,2 / 2) - 400 \times 1,6 \times 4 - 925 \times 4,8 + 3,2 R_b = 0$$

$$R_b = 2507 \text{ Kg}\ddot{t}$$

$$R_a = 2205 - 2507 \Rightarrow R_a = 303 \text{ Kg}\ddot{t}$$

Momento no apoios

$$M_b = [(1565 + 925) / 2] \times 1,6$$

$$M_b = 1992 \text{ Kg}\ddot{t}\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

Armadura mínima

$$A_s = 0,15 \times 0,10 \times 27 = 0,41 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão balanço

$$M_d = 1,4 \times 1992 = 2789 \text{ Kg}\ddot{t}\text{m}$$

$$\lambda = 27 / (\sqrt{2789 / 0,1}) = 0,162 \Rightarrow \text{AUMENTAR A ALTURA}$$

$$\text{Considerando a altura} = 35 \text{ cm} \Rightarrow d = 32$$

$$M d = M \times b \times d^2 \times f_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 32^2 \times 85,71$$

$$M d = 2247 \text{ Kgfm}$$

$$M d = 2789 - 2247 = 542 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \{ [M d / (0 \times f'_{yd} \times d)] + [M d / (c_f \times f_{yd})] =$$

$$A_s = \{ [2247 / (0,815 \times 43,48 \times 32)] + [542 / (29 \times 35,50)] \} =$$

$$A_s = 2,51 \text{ cm}^2 = 2 @ 12,5$$

$$A'_s = [M d / (c_f \times f'_{yd})]$$

$$A'_s = [542 / (29 \times 43,48)] = A'_s = 0,43 \text{ cm}^2 = 2 @ 8,0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 943 = 1320 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1320 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,09 \text{ cm}^2 / m \Rightarrow \# 5,0 \text{ c. } 17,5$$

Vão balanço

$$V_d = 1,4 \times 1565 = 2191 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 2191 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,81 \text{ cm}^2 / m \Rightarrow \# 5,0 \text{ c. } 15$$

Viga 12 (10x30) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/4,2) = 0,179$$

$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3,2) = 0,234$$

$$k = 0,413$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,179 / 0,413 = 0,43$$

$$d_2 = 0,234 / 0,413 = 0,57$$

| | | | | |
|---|-------|---|-------|---|
| | 400 | | 400 | |
| ↑ | 0,43 | I | 0,57 | ↑ |
| | - 882 | I | 512 | |
| | 178 | I | 192 | |
| | ===== | I | ===== | |
| | - 704 | I | 704 | |
| | ===== | | ===== | |
| | - 704 | | | |

M= 370

| | |
|---|--|
| $\begin{array}{r} \overline{\quad\quad\quad 400} \\ I \quad \quad \quad 4,2 \quad \quad \quad I \\ 840 \quad \quad \quad 840 \\ - 168 \quad \quad \quad + 168 \\ \hline = 672 \quad \quad \quad = 1008 \end{array}$ | $\begin{array}{r} \overline{\quad\quad\quad 400} \\ I \quad \quad \quad 3,2 \quad \quad \quad I \\ 640 \quad \quad \quad 640 \\ + 220 \quad \quad \quad - 220 \\ \hline = 860 \quad \quad \quad = 420 \end{array}$ |
|---|--|

$R_a = 672 \text{ Kg}$

$R_b = 1868 \text{ Kg}$

$R_c = 420 \text{ Kg}$

$X_1 = 672/400 = 1,68$

$X_2 = 420/400 = 1,05$

Momentos máximos nos Vãos

$-V\tilde{a}o \text{ ab } M_{max} = 672 \times 1,68 / 2 = 565 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$-V\tilde{a}o \text{ bc } M_{max} = 420 \times 1,05 / 2 = 221 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

Momento nos apoios

$M_b = -704 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$M_d = 1,4 \times 565 = 791 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$\kappa = 27 / (\sqrt{791/0,1}) = 0,303 \Rightarrow \ell = 39,78$

$A_s = M_d / (\ell \times d) = 791 / 39,78 \times 27 \Rightarrow A_s = 0,74 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$

Vão bc

$M_d = 1,4 \times 221 = 310 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$\kappa = 27 / (\sqrt{310/0,1}) = 0,485 \Rightarrow \ell = 40,48$

$A_s = M_d / (\ell \times d) = 310 / 40,48 \times 37 \Rightarrow A_s = 0,69 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão bc

$M_d = 1,4 \times 705 = 986 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$\kappa = 27 / (\sqrt{986/0,1}) = 0,272 \Rightarrow \ell = 38,91$

$A_s = M_d / (\ell \times d) = 986 / 38,91 \times 27 \Rightarrow A_s = 0,94 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$V_d = 1,4 \times 1007 = 1410 \text{ Kg}$

$Z = \emptyset \times d = 0,235$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1410 / (0,235 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,38 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 15$$

Vão bc

$$V_d = 1,4 \times 860 = 1204 \text{ Kg}\ddot{t} \quad Z = \emptyset \times d = 0,235$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1204 / (0,235 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,18 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 18,5$$

Viga 13 (10x35) (pelo processo de Cross)

$$k_1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/2.7) = 0,278$$

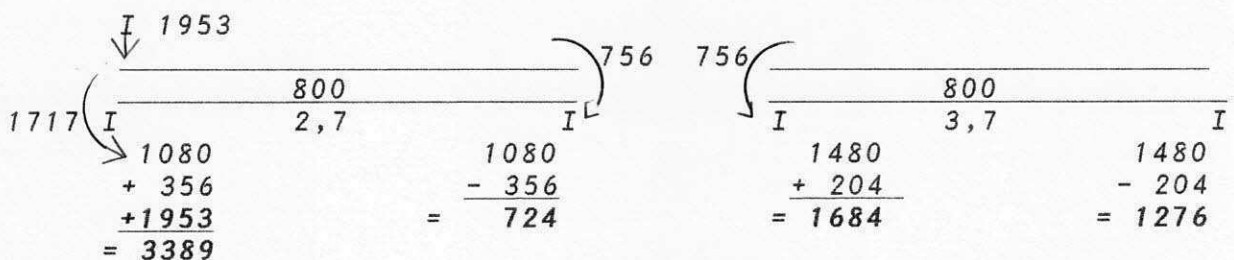
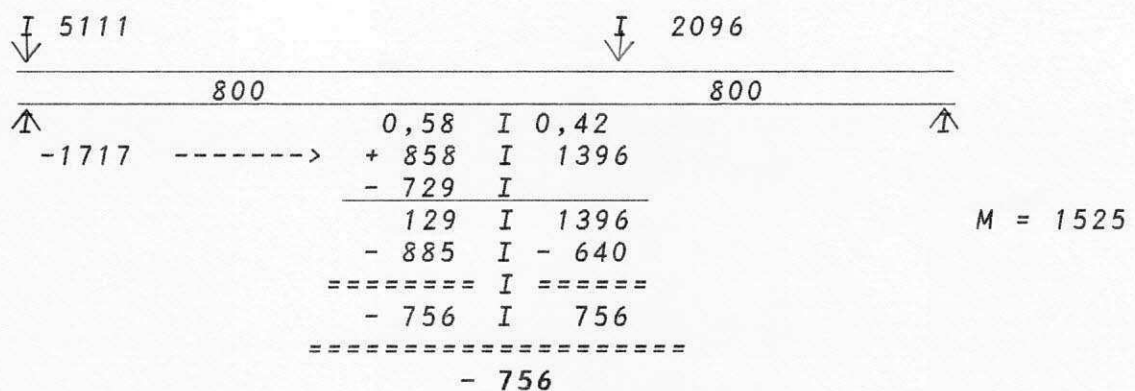
$$k_2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.7) = 0,203$$

$$k = 0,481$$

$$d_i = k_i / k$$

$$d_1 = 0,278 / 0,481 = 0,58$$

$$d_2 = 0,203 / 0,481 = 0,42$$



$$R_a = 3389 \text{ Kg}\ddot{t}$$

$$R_b = 2408 \text{ Kg}\ddot{t}$$

$$R_c = 1276 \text{ Kg}\ddot{t}$$

$$X_1 = 1436 / 800 = 1,80$$

$$X_2 = 1276 / 800 = 1,60$$

Momentos máximos nos Vãos

$$\text{-Vão ab } M_{max} = -1717 + [(1436 \times 1,8) / 2] = -427 \text{ Kg}\ddot{t}\text{m}$$

$$\text{-Vão bc } M_{max} = 1,4 \times 1276 \times 1,6 / 2 = 1429 \text{ Kg}\ddot{t}\text{m}$$

Momento nos apoios

$$M_a = -1717 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_b = -756 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab = Vão balanço

Armadura mínima

$$A_s = 0,15 \times 0,10 \times 32 = 0,48 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 1021 = 1430 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{1430/0,1}) = 0,267 \Rightarrow \ell = 38,70$$

$$A_s = M_d / (\ell \times d) = 1430 / 38,70 \times 32 \Rightarrow A_s = 1,15 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão do balanço

$$M_d = 1,4 \times 1717 = 2404 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{2404/0,1}) = 0,206 \Rightarrow \ell = 34,57$$

$$A_s = M_d / (\ell \times d) = 2404 / 34,57 \times 32 \Rightarrow A_s = 1,89 \text{ cm}^2 = 3 @ 10.0$$

Vão bc = apoios b

$$M_d = 1,4 \times 756 = 1058 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{1058/0,1}) = 0,311 \Rightarrow \ell = 40,00$$

$$A_s = M_d / (\ell \times d) = 1058 / 40,00 \times 32 \Rightarrow A_s = 0,82 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão balanço

$$V_d = 1,4 \times 2753 = 3854 \text{ Kg}\cdot\text{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 3854 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,26 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16$$

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 1360 = 1904 \text{ Kg}\cdot\text{f} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1904 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,58 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab = Vão balanço

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,15 \times 0,10 \times 42 = 0,63 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 1717 = 2404 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 42 / (\sqrt{2404/0,1}) = 0,270 \Rightarrow \xi = 38,91$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 2404 / (38,91 \times 42) \Rightarrow A_s = 1,47 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão do balanço

$$M_d = 1,4 \times 4525 = 6335 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 42 / (\sqrt{6335/0,1}) = 0,131 \Rightarrow \text{AUMENTAR A ALTURA}$$

$$\text{Considerando a altura} = 55 \text{ cm} \Rightarrow d = 52$$

$$M_d = M \times b \times d^2 \times \xi_{cd} = 0,256 \times 0,10 \times 52^2 \times 85,71$$

$$M_d = 5933 \text{ Kgfm}$$

$$M_d = 6335 - 5933 = 402 \text{ Kgfm}$$

$$A_s = \left\{ \left[\frac{M_d}{(0 \times \xi'_{yd} \times d)} \right] + \left[\frac{M_d}{(c \xi \times \xi_{yd})} \right] \right\} =$$

$$A_s = \left\{ \left[\frac{5933}{(0,815 \times 43,48 \times 52)} \right] + \left[\frac{402}{(49 \times 35,50)} \right] \right\} =$$

$$A_s = 3,25 \text{ cm}^2 = 3 @ 12.5$$

$$A'_s = \left[\frac{M_d}{(c \xi \times \xi'_{yd})} \right]$$

$$A'_s = \left[\frac{402}{(49 \times 43,48)} \right] = A'_s = 0,19 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

Vão bc = apoios b

$$M_d = 1,4 \times 701 = 981 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 42 / (\sqrt{981/0,1}) = 0,424 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 981 / (40,48 \times 42) \Rightarrow A_s = 0,58 \text{ cm}^2 = 2 @ 6.3$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão balanço

$$V_d = 1,4 \times 3788 = 5303 \text{ Kgfm} \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times \xi_{yd}) = 5303 / (0,452 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,70 \text{ cm}^2 / m \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 26$$

Vão ab

$$Vd = 1,4 \times 1879 = 2631 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,452$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 2631 / (0,452 \times 4348)$$

$$Asw = 1,34 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 27,5$$

Vão bc

$$Vd = 1,4 \times 2409 = 3373 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,365$$

$$Asw = Vd / (Z \times fyd) = 3373 / (0,365 \times 4348)$$

$$Asw = 2,18 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 22,5$$

Viga 15 (10x35) (pelo processo de Cross)

$$k1 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/2.7) = 0,278$$

$$k2 = (3/4) \times (j/l) = (3/4) \times (j/3.7) = 0,203$$

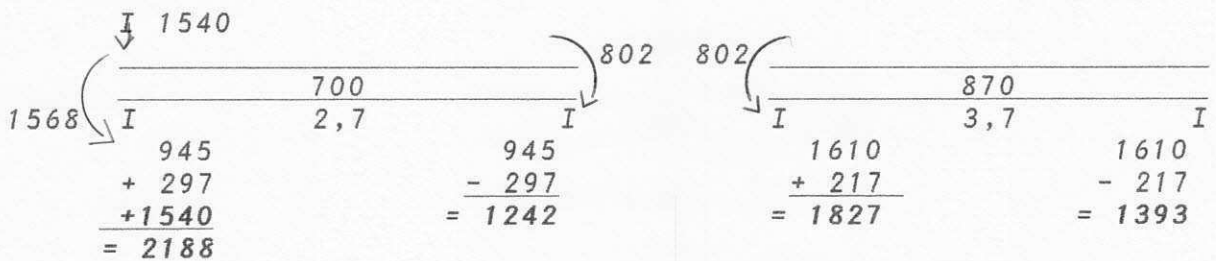
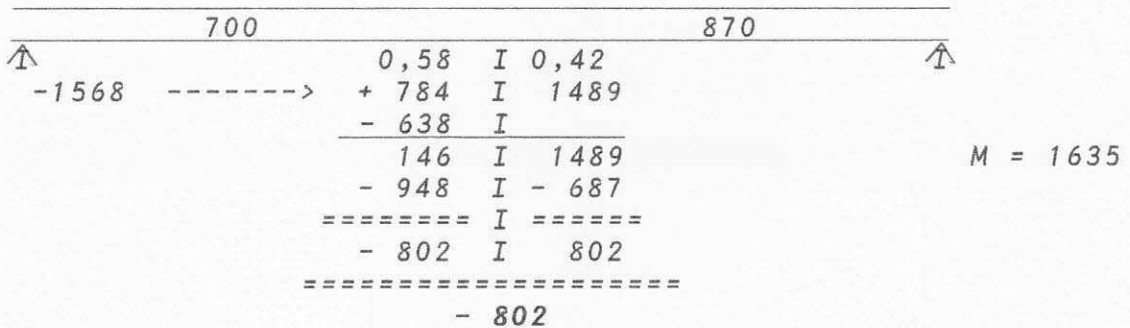
$$k = 0,481$$

$$di = ki / k$$

$$d1 = 0,278 / 0,481 = 0,58$$

$$d2 = 0,203 / 0,481 = 0,42$$

I 1540



$$Ra = 2188 \text{ Kg}$$

$$Rb = 3069 \text{ Kg}$$

$$Rc = 1393 \text{ Kg}$$

$$X1 = 648 / 700 = 0,93$$

$$X2 = 1393 / 780 = 1,60$$

Momentos máximos nos Vãos

$$-\text{Vão bc } M_{\max} = -1568 + [(648 \times 0,93)/2] = -1267 \text{ Kgfm}$$

$$-\text{Vão cd } M_{\max} = 1393 \times 1,60/2 = 1114 \text{ Kgfm}$$

Momento nos apoios

$$M_a = -1568 \text{ Kgfm}$$

$$M_b = -802 \text{ Kgfm}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab = Vão balanço

$$\text{Armadura mínima} \Rightarrow A_s = 0,15 \times 0,10 \times 32 = 0,48 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 @ 8.0$$

Vão bc

$$M_d = 1,4 \times 1114 = 1560$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{1560/0,1}) = 0,256 \Rightarrow \xi = 38,26$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1560 / 38,26 \times 32 \Rightarrow A_s = 1,27 \text{ cm}^2 = 3 @ 8.0$$

ARMADURA NEGATIVA

Vão ab = Vão do balanço

$$M_d = 1,4 \times 1568 = 2195 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{2195/0,1}) = 0,216 \Rightarrow \xi = 36,65$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 2165 / 36,65 \times 32 \Rightarrow A_s = 1,87 \text{ cm}^2 = 3 @ 10.0$$

Vão bc = apoios b

$$M_d = 1,4 \times 802 = 1123 \text{ Kgfm}$$

$$\kappa = 32 / (\sqrt{1123/0,1}) = 0,301 \Rightarrow \xi = 39,78$$

$$A_s = M_d / (\xi x d) = 1058 / 39,78 \times 32 = A_s = 0,88 \text{ cm}^2 = 2 @ 8.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão balanço

$$V_d = 1,4 \times 1540 = 2156 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 2156 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,78 \text{ cm}^2 / m \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16$$

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 1242 = 1739 \text{ Kg} \quad Z = \emptyset \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1739 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,43 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16$$

Vão bc

$$V_d = 1,4 \times 1827 = 2558 \text{ Kg}\dagger \quad Z = \rho' \times d = 0,278$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 2558 / (0,278 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 2,11 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 16$$

Viga 16 (10x30)

$$R_V = 0 \Rightarrow R_a + R_b = 500 \times 3,7 \Rightarrow R_a = 1850 - R_b$$

$$M_a = 0 \Rightarrow (500 \times 3,7 \times 3,7 / 2) - 3,7R_b = 0 \Rightarrow R_b = 925 \text{ Kg}\dagger$$

$$R_a = 1850 - 925 \Rightarrow R_a = 925 \text{ Kg}\dagger$$

Momento máximo no Vão

$$X = 925 / 500 \Rightarrow X = 1,85$$

$$M_{max} = 925 \times 1,85 / 2 \Rightarrow M_{max} = 855,3 \text{ Kg}\dagger\text{m}$$

ARMADURA POSITIVA

Vão ab

$$M_d = 1,4 \times 856 = 1198 \text{ Kg}\dagger\text{m}$$

$$\kappa = 27 / (\sqrt{1198/0,1}) = 0,247 \Rightarrow \xi = 37,83$$

$$A_s = M_d / (\xi \times d) = 1198 / (37,83 \times 27) \Rightarrow A_s = 1,16 \text{ cm}^2 = 2 @ 10.0$$

ARMADURA DE CISALHAMENTO

Vão ab

$$V_d = 1,4 \times 925 = 1295 \text{ Kg}\dagger \quad Z = \rho' \times d = 0,235$$

$$A_{sw} = V_d / (Z \times f_{yd}) = 1295 / (0,235 \times 4348)$$

$$A_{sw} = 1,27 \text{ cm}^2 / \text{m} \Rightarrow \# 5.0 \text{ c. } 15$$

5.0 - DIMENSIONAMENTO DE PILARES E SAPATAS

Cargas nos pilares

Pilar 01 - P01

$$\begin{aligned} P01 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RaV01 + RcV06) + RaV10 + RcV13 \\ P01 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 2027 + 1214] + 794 + 1276 \\ P01 &= 14477 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 02 - P02

$$\begin{aligned} P02 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RbV01 + RcV07) + RbV10 + RcV14 \\ P02 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 4221 + 1956] + 964 + 2031 \\ P02 &= 25678 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 03 - P03

$$\begin{aligned} P03 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RcV01 + RcV08) + RcV10 + RcV15 \\ P03 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 6042 + 1673] + 2766 + 1393 \\ P03 &= 32225 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 04 - P04

$$\begin{aligned} P04 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RaV03 + RbV06) + RbV13 \\ P04 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 2915 + 1258] + 2408 \\ P04 &= 18077 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 05 - P05

$$\begin{aligned} P05 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RbV03 + RbV07) + RbV14 + RaV11 \\ P05 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 8125 + 1081] + 4288 + 303 \\ P05 &= 37876 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 06 - P06

$$\begin{aligned} P06 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RcV03 + RbV08) + RbV11 + RbV15 \\ P06 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 6760 + 3595] + 2507 + 3069 \\ P06 &= 42088 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 07 - P07

$$\begin{aligned} P07 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RaV04 + RaV06) + RaV13 \\ P07 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 2288 + 4547] + 3389 \\ P07 &= 28375 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 08 - P08

$$\begin{aligned} P08 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RbV04 + RaV07) + RaV14 \\ P08 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 6431 + 8650] + 5149 \\ P08 &= 58996 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilar 09 - P09

$$\begin{aligned} P09 &= 3,5 \times (\text{peso próprio} + RcV04 + RaV08) + RaV15 \\ P09 &= 3,5 \times [(0,15 \times 0,30 \times 2,7 \times 2500) + 1419 + 3308] + 2188 \\ P09 &= 19796 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pilares com carga até 20 toneladas (15x30) => (P01 - P04 - P09)
 Ver detalhes pag 42
 Dimensionamento do pilar

$$N_d = 1,8 \times 20000 \times (1 + 6 / 15) \Rightarrow N_d = 50400 \text{ Kg}$$

$$X = l_f / (b / 3,46) \Rightarrow X = 2,7 / (15 / 3,46) \Rightarrow X = 62,28$$

$$A_c = w N_d / (0,85 f_{cd} + 0,008 f'_{yd})$$

$$A_c = 50400 / (0,85 \times 85,71 + 0,008 \times 3550)$$

$$A_c = 50400 / 101,26 \Rightarrow A_c = 497,7 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 15 \times 30 = 450 \text{ cm}^2$$

$$\text{Como } A_c > A_c, A_s = w N_d - 0,85 \times f_{cd} \times A_c / f'_{yd}$$

$$A_s = 50400 - 0,85 \times 85,71 \times 450 / 3550 \Rightarrow A_s = 4,94 \Rightarrow 4 @ 12.5$$

Estribos

5.0 c. 15

Dimensionamento da sapata

Considerando ser o solo arenoso (massame bom), temos pelo quadro 6.1 do livro "CONCRETO ARMADO" do Prof. Aderson Moreira:

$$\text{Taxa de tensão admissível do terreno} = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = 1,05 \times N = 1,05 \times 20000 \Rightarrow P = 21000 \text{ Kg}$$

$$A = P / \text{tensão} \Rightarrow A = 21000 / 2 \Rightarrow A = 10500 \text{ cm}^2$$

Considerando ser a sapata retangular, onde um lado será o dobro do outro, teremos:

$$A = a \times b = (2 \times b) \times b \Rightarrow b = \sqrt{A / 2} = \sqrt{10500 / 2} = 72,4 \text{ cm}$$

$$\text{Adotando } b = 80 \text{ cm, teremos } a = 160 \text{ cm}$$

$$M_1 = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (21000/4) \times [(1,6/3) - (0,3/2)]$$

$$M_1 = 2817 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_2 = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (21000/4) \times [(0,8/3) - (0,15/2)]$$

$$M_2 = 1409 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$d_{\min 1} = \sqrt[3]{M_1 / d} = 0,213 \sqrt[3]{2817 / 0,15} = 29,2 \text{ cm}$$

$$d_{\min 2} = \sqrt[3]{M_2 / d} = 0,213 \sqrt[3]{1409 / 0,30} = 14,6 \text{ cm}$$

Adotaremos $h = 35 \text{ cm} \Rightarrow d = 32 \text{ cm}$

$$\mu_1 = 32 / (\sqrt{2817/0,15}) = 0,233 \Rightarrow \xi = 36,96$$

$$\mu_2 = 32 / (\sqrt{1409/0,30}) = 0,466 \Rightarrow \text{armadura mínima}$$

$$A_{s1} = M_d / (\xi x d) = 2818 / 36,96 \times 32$$

$$A_{s1} = 2,36 \text{ cm}^2 = 8 @ 6.3 \text{ c.10}$$

$$A_{s\text{min}} = 0,15 \times b \times h = 0,15 \times 0,30 \times 0,35 = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 5 @ 6.3 \text{ c.10}$$

Verificação a punção

$$\bar{v} = 21000 \times 1,4 / \{ 35 \times [2 \times (15 + 35) + 2 \times (30 + 35)] \}$$

$$\bar{v} = 29400 / 8050$$

$$\bar{v} = 3,65 < 2 \times \sqrt{120} / 1,4 = 15,6 \Rightarrow Ok$$

Pilares com cargas até 30 toneladas (15x30) => (P02 - P05 - P07)

Dimensionamento do pilar

$$N_d = 1,8 \times 30000 \times (1 + 6 / 15) \Rightarrow N_d = 75600 \text{ Kg}$$

$$X = \ell_f / (b / 3,46) \Rightarrow X = 2,7 / (15 / 3,46)$$

$$X = 62,28$$

$$f_{cd} = 120 / 1,4 = 85,71$$

$$A_c = \omega N_d / (0,85 f_{cd} + 0,008 f'_{yd})$$

$$A_{c1} = 75600 / (0,85 \times 85,71 + 0,008 \times 3550)$$

$$A_{c1} = 75600 / 101,26 \Rightarrow A_{c1} = 746,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{c1} = 15 \times 30 = 450 \text{ cm}^2$$

Como $A_c > A_{c1}$, $A_s = \omega N_d - 0,85 \times f_{cd} \times A_c / f'_{yd}$

$$A_s = 75600 - 0,85 \times 85,71 \times 450 / 3550$$



$$As = 12,06 \Rightarrow 10 @ 12.5$$

Estribos

5.0 c. 15

Dimensionamento da sapata

$$\text{Taxa de tensão admissível do terreno} = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = 1,05 \times N = 1,05 \times 30000 \Rightarrow P = 31500 \text{ Kg}$$

$$A = P / \text{tensão} \Rightarrow A = 31500 / 2 \Rightarrow A = 15750 \text{ cm}^2$$

Considerando ser a sapata retangular, onde um lado será o dobro do outro, teremos:

$$A = a \times b = (2 \times b) \times b \Rightarrow b = \sqrt{A / 2} = \sqrt{15750 / 2} = 88,7 \text{ cm}$$

Adotando $b = 100 \text{ cm}$, teremos $a = 160 \text{ cm}$

$$M_1 = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (31500/4) \times [(1,6/3) - (0,3/2)]$$

$$M_1 = 5382 \text{ Kg}\cdot\text{m} \Rightarrow M_{d1} = 7535 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_2 = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (31500/4) \times [(1,0/3) - (0,15/2)]$$

$$M_2 = 3216 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{d2} = 4502 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$d_{\min 1} = \kappa \sqrt{M_{d1} / d} = 0,213 \sqrt{2817 / 0,15} = 29,2 \text{ cm}$$

$$d_{\min 2} = \kappa \sqrt{M_{d2} / d} = 0,213 \sqrt{1409 / 0,30} = 14,6 \text{ cm}$$

Adotaremos $h = 55 \text{ cm} \Rightarrow d = 52 \text{ cm}$

$$\kappa_1 = 52 / (\sqrt{7535 / 0,15}) = 0,232 \Rightarrow \xi = 36,96$$

$$\kappa_2 = 52 / (\sqrt{4502 / 0,30}) = 0,424 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$As_1 = M_{d1} / (\xi \times d) = 7535 / 36,96 \times 52$$

✓

$$A_s = 3,92 \text{ cm}^2 = 8 @ 8.0 \text{ c. } 12,5$$

$$A_s^1 = M d / (f_x d) = 4502 / 40,48 \times 52$$

$$A_s^2 = 2,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{adotar armadura m\u00ednima}$$

$$A_{smin} = 0,15 \times b \times h = 0,15 \times 0,30 \times 55 = 2,47 \text{ cm}^2 \Rightarrow 8 @ 6.3 \text{ c. } 20$$

Verifica\u00e7\u00e3o a pun\u00e7\u00e3o

$$\bar{\sigma} = 31500 \times 1,4 / \{ 55 \times [2 \times (15 + 52) + 2 \times (30 + 52)] \}$$

$$\bar{\sigma} = 44100 / 16390$$

$$\bar{\sigma} = 3,65 < 15,6 \Rightarrow Ok$$

Pilares com carga at\u00e9 40 toneladas (20x30) => (P03 - P06)

Dimensionamento do pilar

$$N_d = 1,4 \times 40000 \times (1 + 6 / 20) \Rightarrow N_d = 72800 \text{ Kg}$$

$$X = \ell_b / (b / 3,46) \Rightarrow X = 2,7 / (20 / 3,46) \Rightarrow X = 46,71$$

$$f_{cd} = 120 / 1,4 = 85,71$$

$$A_c = w N_d / (0,85 f_{cd} + 0,008 f'_{yd})$$

$$A_c^1 = 72800 / (0,85 \times 85,71 + 0,008 \times 3550)$$

$$A_c^1 = 72800 / 101,26 \Rightarrow A_c = 718,9 \text{ cm}^2$$

$$A_c^1 = 20 \times 30 = 600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Como } A_c > A_c^1, A_s = w N_d - 0,85 \times f_{cd} \times A_c / f'_{yd}$$

$$A_s = 72800 - 0,85 \times 85,71 \times 600 / 3550 \Rightarrow A_s = 8,19 \Rightarrow 8 @ 12.5$$

Estribos

5.0 c. 15

Dimensionamento da sapata

$$\text{Taxa de tens\u00e3o admiss\u00edvel do terreno} = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = 1,05 \times N = 1,05 \times 40000 \Rightarrow P = 42000 \text{ Kg}$$

$$A = P / \text{tensao} \Rightarrow A = 42000 / 2 \Rightarrow A = 21000 \text{ cm}^2$$

Considerando ser a sapata retangular, onde um lado será o dobro do outro, teremos:

$$A = a \times b = (2 \times b) \times b \Rightarrow b = \sqrt{A / 2} = \sqrt{21000 / 2} = 102,5 \text{ cm}$$

Adotando $b = 120 \text{ cm}$, teremos $a = 175 \text{ cm}$

$$M = (P/4) \times [(a / 3) - (b / 2)] = (72800 / 4) \times [(1,75 / 3) - (0,3 / 2)]$$

$$M_1 = 13347 \text{ Kgfm} \Rightarrow M d_1 = 18685 \text{ Kgfm}$$

$$M = (P/4) \times [(a / 3) - (b / 2)] = (72800 / 4) \times [(1,2 / 3) - (0,20 / 2)]$$

$$M_2 = 9100 \text{ Kgfm} \Rightarrow M d_2 = 12740 \text{ Kgfm}$$

$$d_{min 1} = \kappa \sqrt{M d_1 / d} = 0,213 \sqrt{18685 / 0,20} = 65,1 \text{ cm}$$

$$d_{min 2} = \kappa \sqrt{M d_2 / d} = 0,213 \sqrt{12740 / 0,30} = 43,9 \text{ cm}$$

$$\text{Adotaremos } h = 70 \text{ cm} \Rightarrow d = 67 \text{ cm}$$

$$\kappa_1 = 67 / (\sqrt{18685 / 0,20}) = 0,219 \Rightarrow \xi = 35,87$$

$$\kappa_2 = 67 / (\sqrt{12740 / 0,30}) = 0,325 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M d / (\xi x d) = 18685 / 36,96 \times 67$$

$$A_{s1} = 7,77 \text{ cm}^2 = 11010,0 \text{ c. } 17,5$$

$$A_s = M d / (\xi x d) = 12740 / 40,48 \times 67$$

$$A_{s2} = 4,68 \text{ cm}^2 \Rightarrow 7010,0 \text{ c. } 20$$

$$A_{smin} = 0,15 \times b \times h = 0,15 \times 0,30 \times 70 = 3,15 \text{ cm}^2 \Rightarrow 806,3 \text{ c. } 20$$

Verificação a punção

$$6 = 42000 \times 1,4 / \{ 70 \times [2 \times (20 + 67) + 2 \times (30 + 67)] \}$$

$$6 = 58800 / 25760$$

$$6 = 2,28 < 15,6 \Rightarrow Ok$$

Pilares com carga até 60 toneladas (20x35) \Rightarrow (P08)

Dimensionamento do pilar

$$N_d = 1,4 \times 60000 \times (1 + 6 / 20) \Rightarrow N_d = 109200 \text{ Kgfm}$$

$$X = \ell_b / (b / 3,46) \Rightarrow X = 2,7 / (20 / 3,46) \Rightarrow X = 46,71$$



$$f_{cd} = 120 / 1,4 = 85,71$$

$$A_c = wNd / (0,85 f_{cd} + 0,008 f'_{yd})$$

$$A_c = 109200 / (0,85 \times 85,71 + 0,008 \times 3550)$$

$$A_c = 109200 / 101,26 \Rightarrow A_c = 1078,4 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 20 \times 35 = 700 \text{ cm}^2$$

$$\text{Como } A_c > A_c, A_s = wNd - 0,85 \times f_{cd} \times A_c / f'_{yd}$$

$$A_s = 109200 - 0,85 \times 85,71 \times 700 / 3550$$

$$A_s = 16,40 \Rightarrow 14 @ 12,5$$

Estribos

5.0 c. 15

Dimensionamento da sapata. Ver detalhes pag 41.

Taxa de tensão admissível do terreno = 2 Kg/cm²

$$P = 1,05 \times N = 1,05 \times 60000 \Rightarrow P = 63000 \text{ Kg}$$

$$A = P / \text{tensao} \Rightarrow A = 63000 / 2 \Rightarrow A = 31500 \text{ cm}^2$$

Considerando ser a sapata retangular, onde um lado será o dobro do outro, teremos:

$$A = a \times b = (2 \times b) \times b \Rightarrow b = \sqrt{A / 2} = \sqrt{31500 / 2} = 125,5 \text{ cm}$$

Adotando $b = 150 \text{ cm}$, teremos $a = 210 \text{ cm}$

$$M = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (63000/4) \times [(2,1/3) - (0,35/2)]$$

$$M = 13782 \text{ Kgfm} \Rightarrow M_d = 19295 \text{ Kgfm}$$

$$M = (P/4) \times [(a/3) - (b/2)] = (63000/4) \times [(1,5/3) - (0,20/2)]$$

$$M = 9450 \text{ Kgfm} \Rightarrow M_d = 13230 \text{ Kgfm}$$

$$d_{min} = \kappa \sqrt{M_d / d} = 0,213 \sqrt{19295 / 0,20} = 66,2 \text{ cm}$$

$$d_{min} = \kappa \sqrt{M_d / d} = 0,213 \sqrt{13230 / 0,35} = 41,4 \text{ cm}$$

Adotaremos $h = 70 \text{ cm} \Rightarrow d = 67 \text{ cm}$

$$\kappa = 67 / (\sqrt{19295 / 0,20}) = 0,216 \Rightarrow \xi = 35,65$$

$$\kappa = 67 / (\sqrt{13230 / 0,35}) = 0,345 \Rightarrow \xi = 40,48$$

$$A_s = M d / (f_x d) = 19295 / 36,96 \times 67$$

$$A_s^1 = 8,01 \text{ cm}^2 = 11 @ 10.0 \text{ c. } 17,5$$

$$A_s = M d / (f_x d) = 13230 / 40,48 \times 67$$

$$A_s^2 = 4,87 \text{ cm}^2 \Rightarrow 7 @ 10.0 \text{ c. } 20$$

$$A_{s \min} = 0,15 \times b \times h = 0,15 \times 0,30 \times 70 = 3,15 \text{ cm}^2 \Rightarrow 8 @ 6.3 \text{ c. } 20$$

Verificação a punção

$$\bar{\sigma} = 63000 \times 1,4 / \{ 70 \times [2 \times (20 + 67) + 2 \times (35 + 67)] \}$$

$$\bar{\sigma} = 88200 / 26460$$

$$\bar{\sigma} = 3,33 < 15,6 \Rightarrow Ok$$

DIAGRAMA DE ESFORÇOS CORTANTES - V07

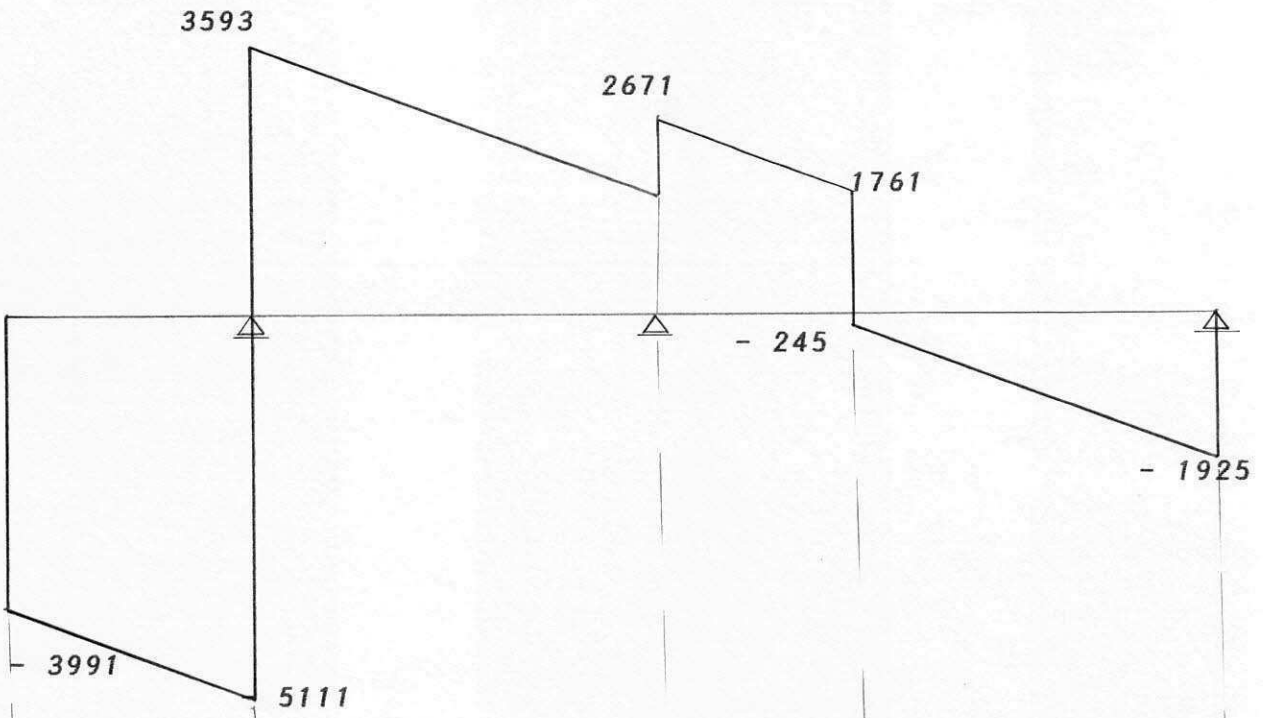
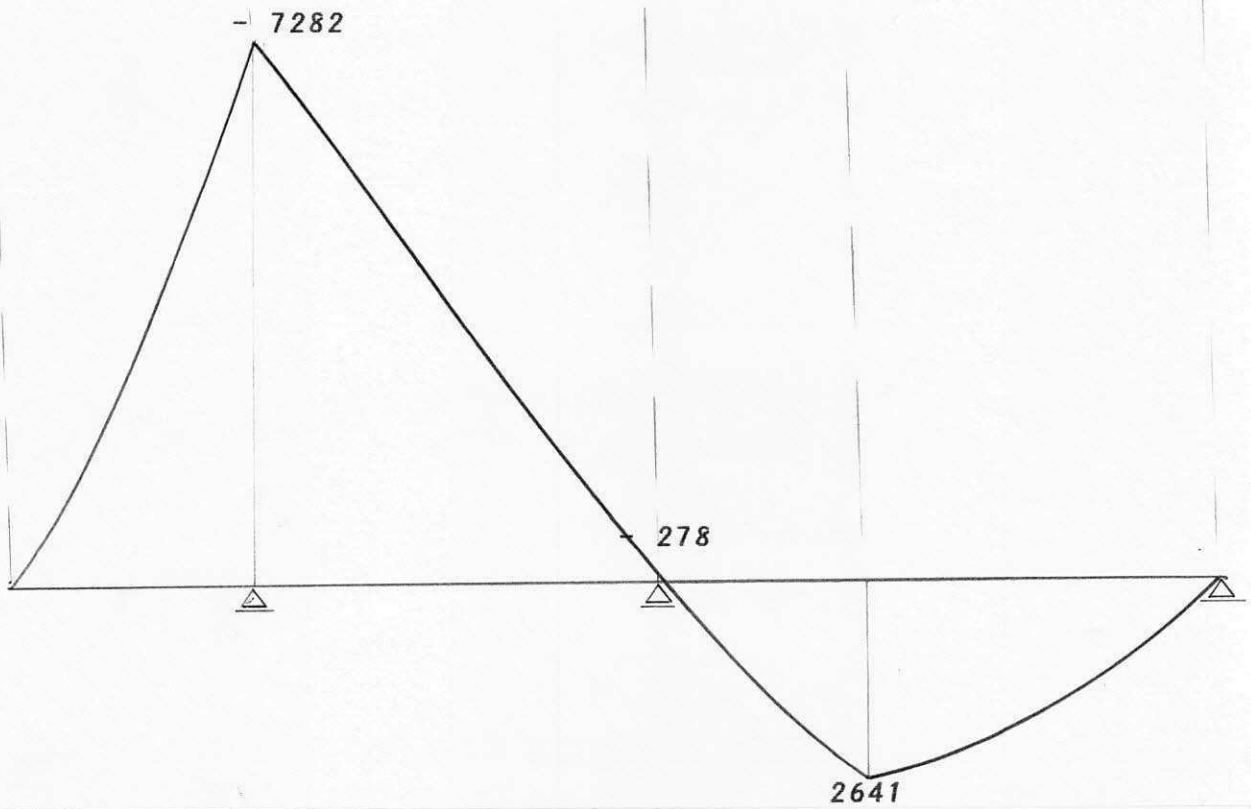
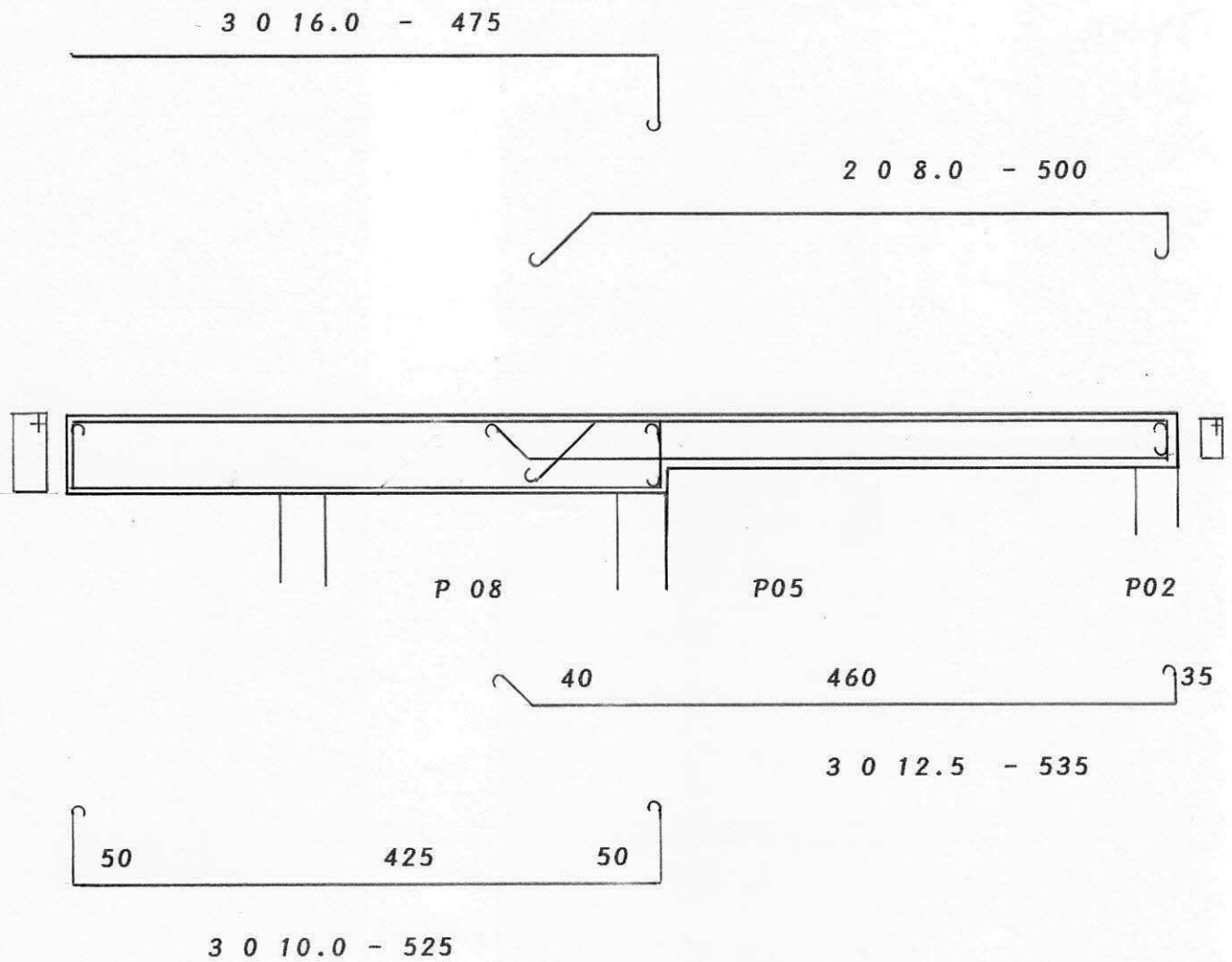


DIAGRAMA DE MOMENTO FLETOR - V07

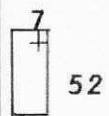


DETALHES - VIGA 07

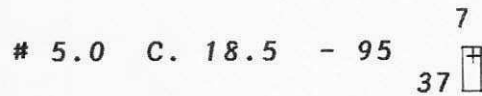
ARMADURA LONGITUDINAL



ESTRIBOS



5.0 C. 27.5 - 125



BIBLIOGRAFIA

1 - CURSO DE ANALISE ESTRUTURAAL, Volume 3.

José Carlos Sussekind

2 - CONCRETO ARMADO, Volume 1, 2, 3.

Aderson Moreira da Rocha

3 - CURSO DE CONCRETO, Volume 1, 2.

José Carlos Sussekind

4 - NORMAS BRASILEIRAS

C O N C L U S Ã O

Este estágio, serviu em grande parte, para sanar dúvidas e aumentar os conhecimentos com relação ao cálculo estrutural de edifícios, atingindo a princípio, o objetivo almejado no que concerne mostrar a realidade técnica ao engenheiro dentro dos padrões das normas brasileiras.

O estagiário, com a teoria adquirida nos livros e com os professores, necessita de exercícios práticos, no sentido de haver uma maior aplicabilidade da teoria com a prática, o que nesta oportunidade houve grande aproveitamento.

Todos os métodos empregados para os cálculos da edificação, foram vistos pelo estagiário na Universidade, o que facilitou muito, para o entendimento das estruturas.

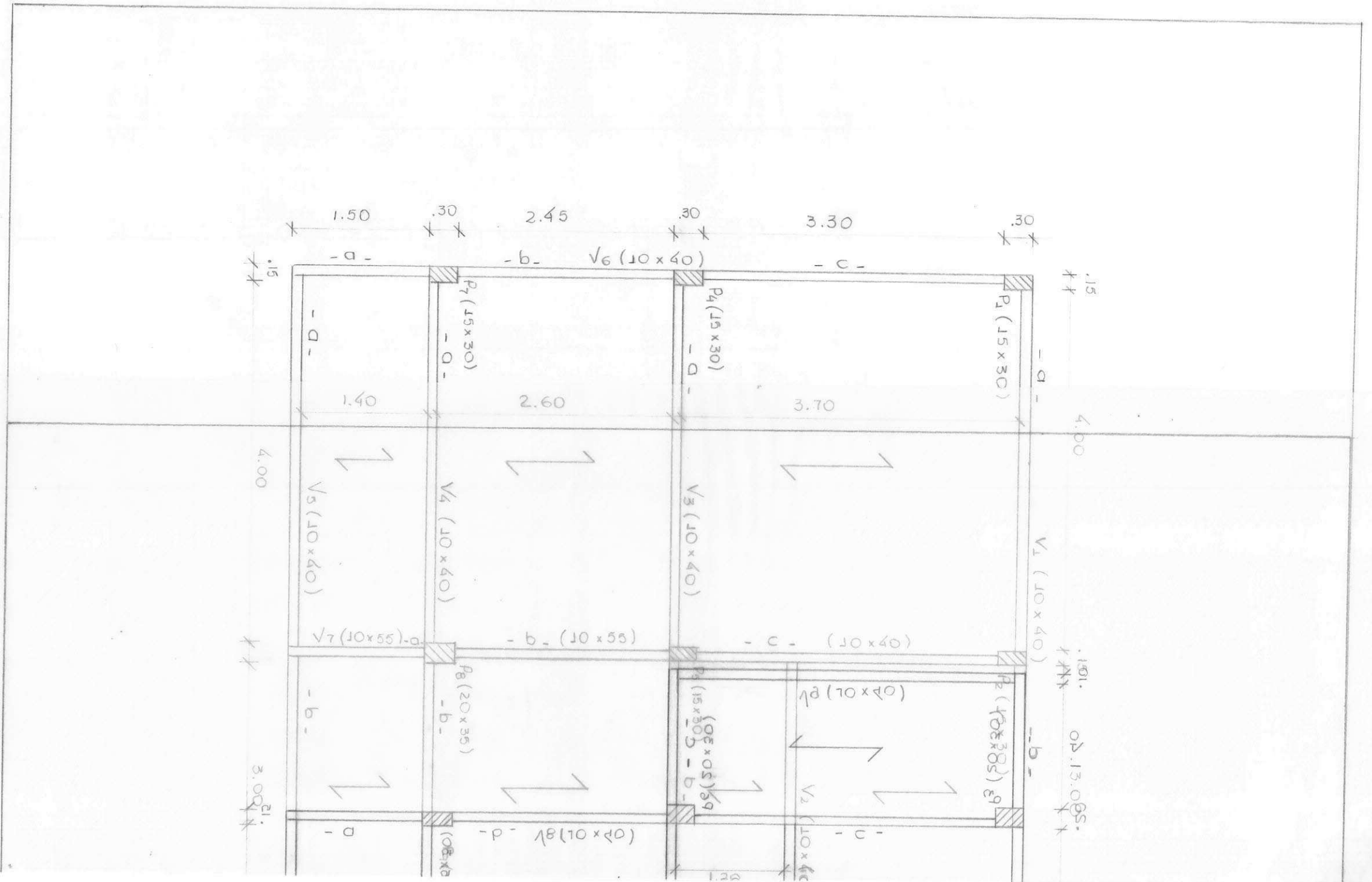
A grande oportunidade dada ao estagiário, foi no que diz respeito ao lançamento da estrutura, onde o mesmo já tinha alguns conceitos, os quais foram ampliados.

Concluimos então, que o estágio teve grande aproveitamento, dando ao estagiário, uma ampla visão de cálculo de estruturas em concreto armado.

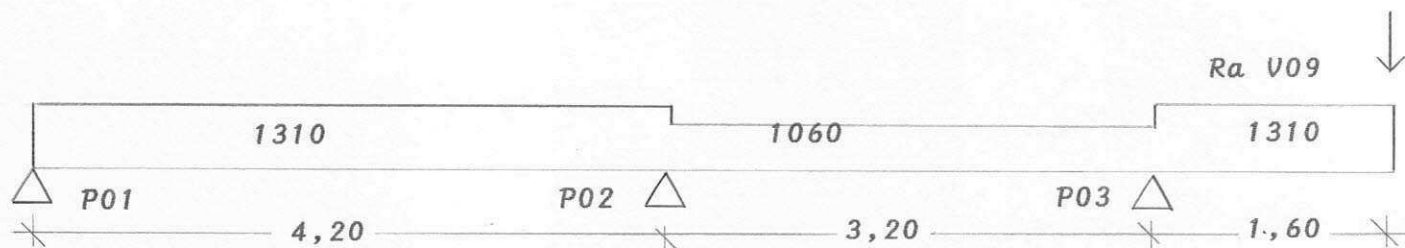


ANEXO I

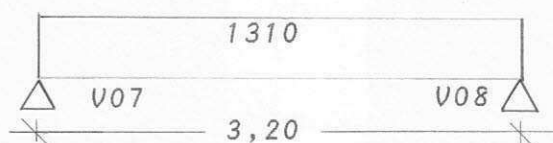
✓



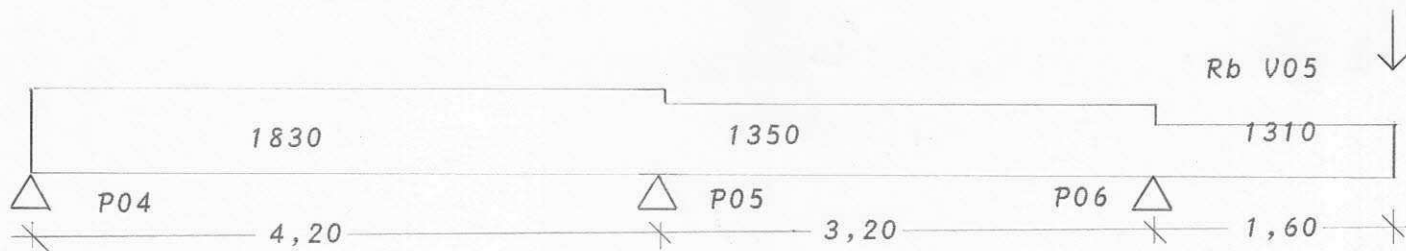
VIGA 01



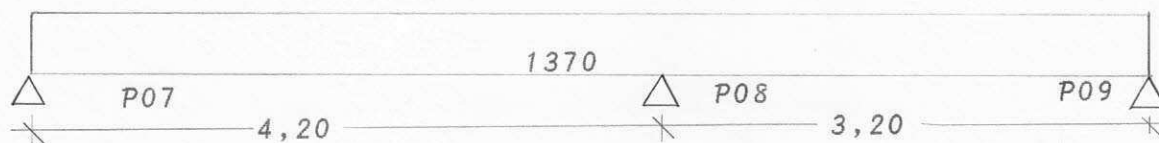
VIGA 02



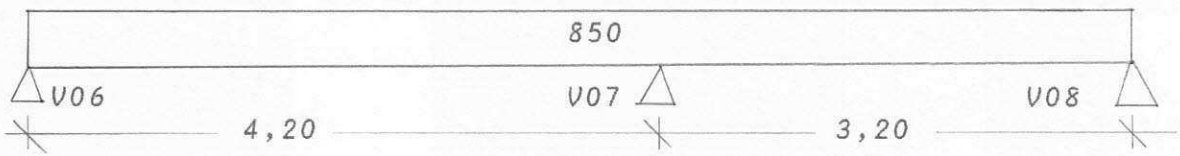
VIGA 03



VIGA 04

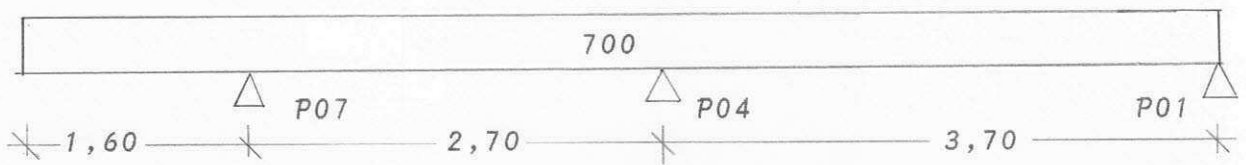


VIGA 05



VIGA 06

↓ Ra V05 :

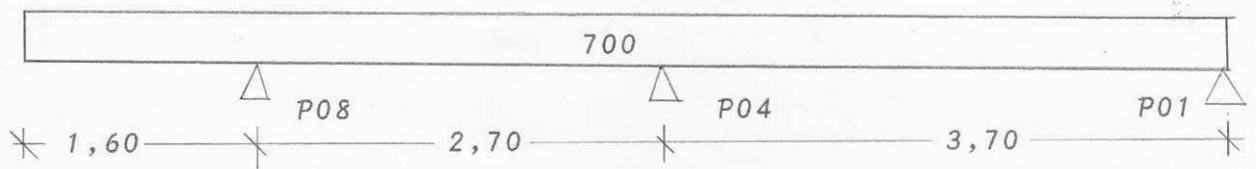


VIGA 07

↓ Rb V05

↓ Ra V02

1,30

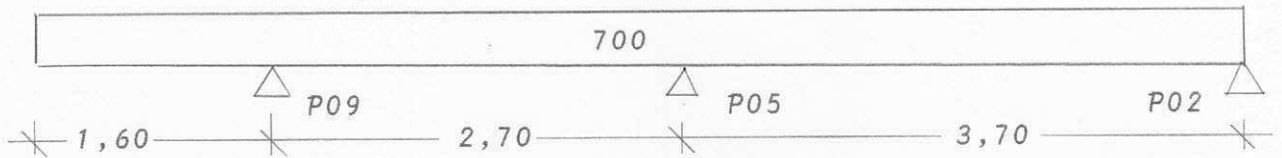


VIGA 08

↓ Rc V05

↓ Rb V02

1,30



VIGA 09

