

# Blocos sobre um número qualquer de estacas

• José Ricardo Brígido de Moura

*São mostradas fórmulas para o cálculo e dimensionamento de blocos de coroamento para um número de estacas superior a 5.*

*São apresentados os critérios de verificação do CEB, válidos para blocos com um número qualquer de estacas, acompanhados por um exemplo numérico.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com este artigo, procuramos dar seqüência à pesquisa iniciada no número anterior, sobre o cálculo de blocos de concreto de coroamento de estacas (Ref. 1).

Aqui serão tratados blocos para um número superior a 5 estacas.

No final do trabalho serão mostradas algumas incorre-

ções detectadas no artigo anterior, por colegas, aos quais agradecemos.

## 2. CÁLCULO DOS ESFORÇOS

A partir de 5 estacas será utilizado o seguinte método aproximado: serão consideradas duas linhas ortogonais de ruptura, passando pelos eixos do pilar. Calculam-se a seguir os momentos fletores das forças de reação nas estacas em torno destas linhas de ruptura (Ref. 2).

• Engenheiro Civil, Prof. Assistente da Unifor.

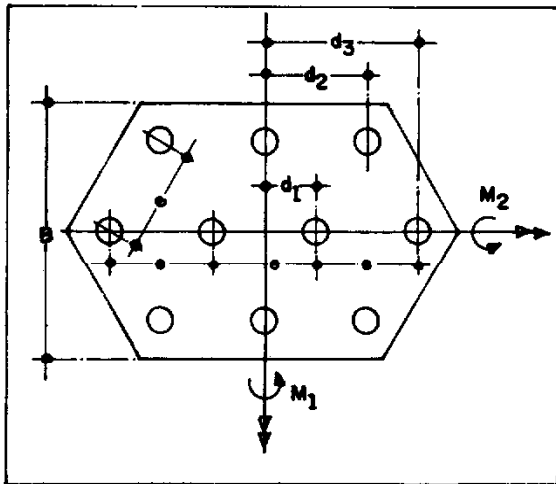


Figura 1

A figura acima ilustra o método. Se o número de estacas é 10 e P é a carga, então as reações serão iguais a P/10. Tem-se então que:

$$M_1 = \frac{P}{10} x d_1 + 2 \times \frac{P}{10} x d_2 + \frac{P}{10} x d_3$$

Esta flexão será absorvida por uma seção retangular Bxd, sendo B a largura do bloco na direção do eixo em torno do qual se dá o momento considerado, e d é a altura útil.

De uma maneira aproximada pode-se determinar:

$$A_{s1} = \frac{M_1 d}{0,85 f_{yd} d}$$

Considerações inteiramente análogas são válidas para a direção perpendicular.

A altura estipulada d será verificada no item 8.

Para pilares de grande inércia numa direção (Fig. 2), deve-se usar a seção recomendada pelo CEB (Refs. 4 e 5) a 0,15a da face do pilar.

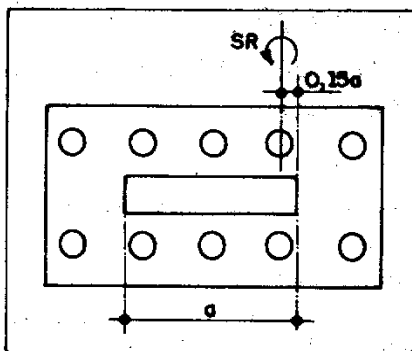


Figura 2

A seguir mostram-se os cálculos dos momentos para blocos usados na maioria dos casos da prática.

A não adoção das seções de referência do CEB leva a resultados conservadores.

### 3. BLOCOS PARA 6 ESTACAS

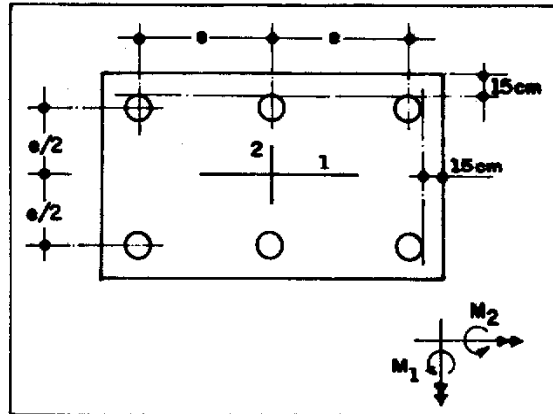


Figura 3

$$M_1 = \frac{P}{6} \cdot e \cdot 2; \quad M_1 = \frac{P \cdot e}{3}$$

$$M_2 = \frac{P}{6} \cdot \frac{e}{2} \cdot 3; \quad M_2 = \frac{P e}{4}$$

### 4. BLOCO PARA 7 ESTACAS

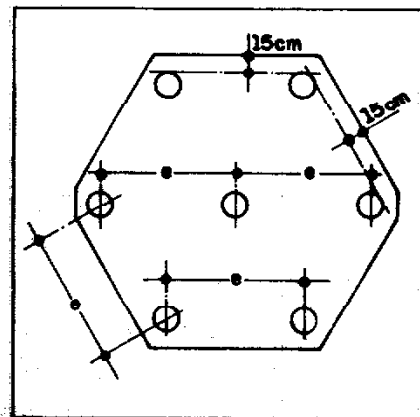


Figura 4

$$M_1 = \frac{P}{7} \cdot \frac{e}{2} \cdot 2 + \frac{P}{7} \cdot e; \quad M_1 = \frac{2Pe}{7}$$

$$M_2 = \frac{P}{7} \cdot \frac{e\sqrt{3}}{2} \cdot 2; \quad M_2 = \frac{Pe\sqrt{3}}{7}$$

### 5. BLOCO PARA 8 ESTACAS

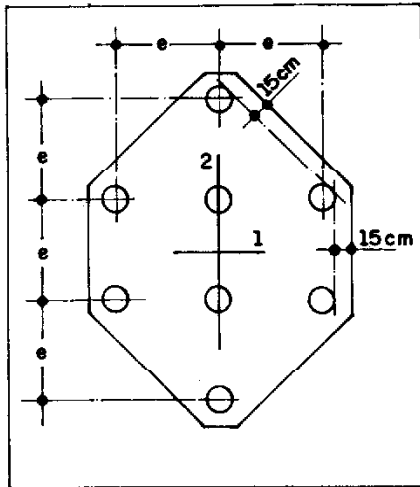


Figura 5

$$M_1 = \frac{P}{8} \cdot e \cdot 2; \quad M_1 = \frac{Pe}{4}$$

$$M_2 = \frac{P}{8} \cdot e \cdot 3; \quad \frac{P}{8} \cdot \frac{3e}{2} = \frac{3Pe}{8}$$

### 6. BLOCO PARA 9 ESTACAS

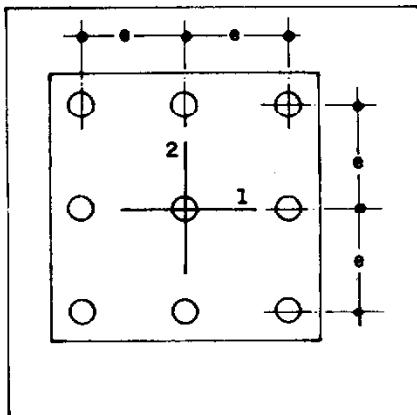


Figura 6

$$M_1 = \frac{P}{9} \cdot e \cdot 3; \quad M_1 = \frac{Pe}{3}$$

$$M_2 = M_1$$

### 7. BLOCO PARA 10 ESTACAS

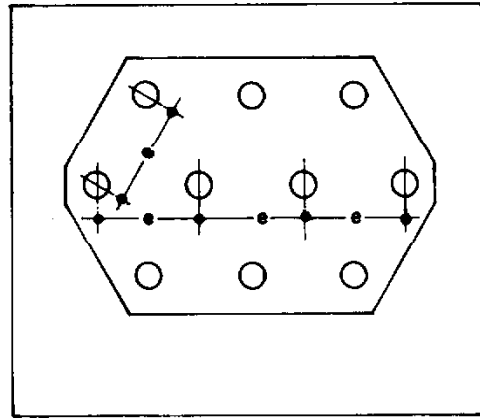


Figura 7

$$M_1 = \frac{P}{10} \cdot \frac{e}{2} + \frac{P}{10} \cdot e \cdot 2 + \frac{P}{10} \cdot \frac{3e}{2}$$

$$M_1 = \frac{2Pe}{5}$$

$$M_2 = \frac{P}{10} \cdot \frac{e\sqrt{3}}{2} \cdot 3; \quad M_2 = \frac{3Pe\sqrt{3}}{20}$$

### 8. VERIFICAÇÃO DA ALTURA

Os itens anteriores mostraram ser de grande facilidade a determinação dos momentos fletores atuantes nos blocos, para um número qualquer de estacas. O procedimento continuaria o mesmo para casos de blocos com mais de 10 estacas.

Caso o  $d$  estipulado se mostre suficiente, o cálculo das 2 malhas ortogonais será imediato (item 2). Costuma-se ainda dispor de uma armadura nas faces do bloco (estribos horizontais) igual a 1/8 da armadura principal maior (Ref. 6).

A verificação da altura será feita de acordo com as recomendações do CEB - 70 e CEB - 75 (Refs. 4 e 5), com pequenas adaptações para as aplicações práticas, comentadas na Ref. 3.

As recomendações do CEB sugerem o cálculo de uma tensão cisalhante  $\tau$  wd numa secção de referência (Fig. 8), comparando-a com um valor limite.

$S_1$  - secção de referência quando não há estacas à distância  $< d/2$ .

$S_1^*$  - secção de referência no caso de existir alguma estaca (em sua totalidade ou em parte) entre a face do pilar e a distância  $d/2$ .

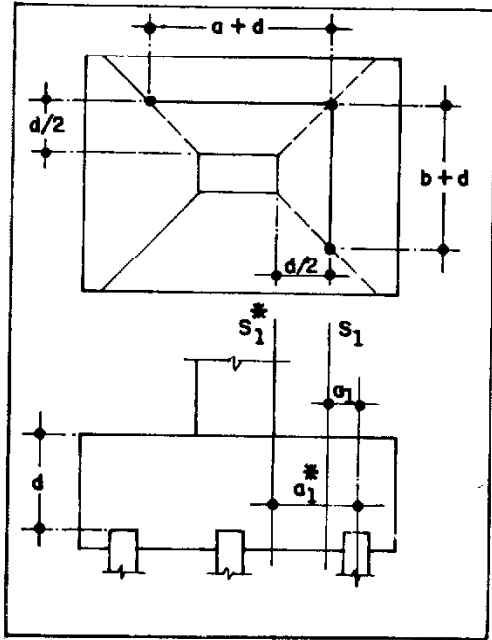


Figura 8

direção 1

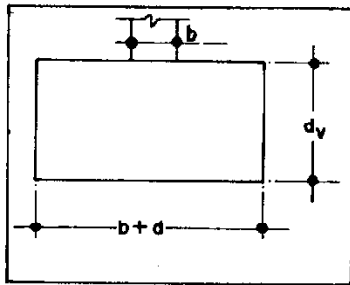


Figura 9  $d_v = \min (d ; 1,5 a_1)$  quando  $S_1$   
 $d_v = \min (d ; 1,5 a_1^*)$  quando  $S_1^*$

tensão de referência X tensão limite

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{(b + d)d_v} \leq 2 \left(1 - \frac{a_1}{5d}\right) \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctk} = 0,2 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

( $f_{ck}$ ,  $f_{ctk}$  em MPa)

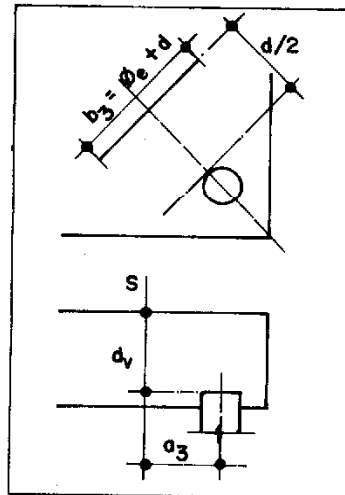
Fusco (Ref. 3) recomenda  $\tau_{ud} = 0,15f_{cd}$  o que não difere muito da limitação do CEB.

direção 2

Considerações análogas, com as dimensões da direção ortogonal.

$V_d$  - resultante das reações das estacas após  $S_1$  (ou  $S_1^*$ ).

O CEB recomenda adicionalmente a verificação da estaca de canto (Fig. 10).



$$d_v = \min (d ; 1,5 a_3)$$

$$\tau_{wd} = \frac{V_{estd}}{b_3 \cdot d_v} \leq \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$$

$V_{estd}$  = carga máxima por estaca

Figura 10

## 9. APLICAÇÃO NUMÉRICA

Calcular um bloco para 12 estacas de diâmetro  $\phi = 30$  cm, espaçadas de 1m. O pilar, de secção  $50 \times 130$ , está sujeito a uma carga de 700tf. O concreto tem  $f_{ck} = 150$  Kgf/cm<sup>2</sup> e o aço será o CA - 50B.

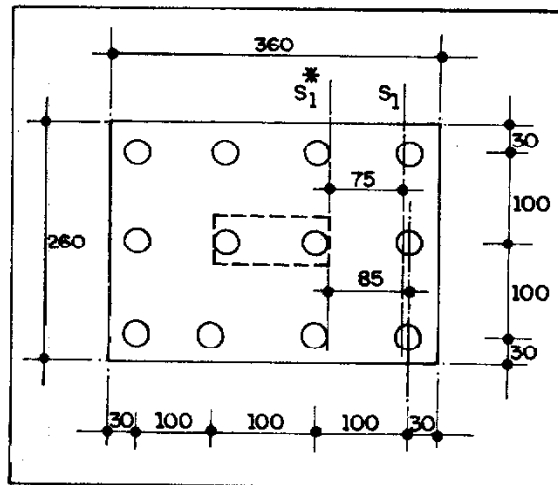


Figura 11

Solução:

$$f_{ck} = 150 \text{ Kgf/cm}^2 \approx 15 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0,2 \sqrt[3]{225} = 1,216 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 12,16 \text{ Kgf/cm}^2$$

Estipulando  $d = 150$ cm a seção de referência estará a  $d/2 = 75$  cm da face do pilar.

A seção de referência utilizada será  $S_1^*$

$$a_1^* = 85\text{cm}; 1,5a_1^* = 127,5\text{cm}$$

$$d_v = 127,5\text{cm}; b + d = 200\text{cm}$$

$$V = \frac{700}{12} \times 3 = 175 \text{ tf}$$

$$\tau_{wu} = 2 \left(1 - \frac{85}{5 \times 150}\right) \times \frac{12,16}{1,4} = 15,4 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{wd} = \frac{1,4 \times 175.000}{200 \times 127,5} = 9,6 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (OK!)}$$

Na direção ortogonal

$$a_2^* = 100 - 25 = 75\text{cm}; 1,5 a_2^* = 112,5\text{cm}$$

$$a + d = 130 + 150 = 280\text{cm}$$

$$V_d = \frac{700}{12} \times 4 = 233,33 \text{ tf}$$

$$\tau_{wu} = 2 \left(1 - \frac{75}{5 \times 150}\right) \times \frac{12,16}{1,4} = 15,63 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{wd} = \frac{1,4 \times 233.330}{280 \times 112,5} = 10,37 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK!)}$$

Verificação da estaca de canto:

$$a_3 = \frac{\phi}{2} + \frac{d}{2} = \frac{30 + 150}{2} = 90\text{cm}; 1,5 a_3 = 135\text{cm}$$

$$b_2 = \phi_e + d = 30 + 150 = 180 \text{ cm}$$

$$\tau_{wu} = \frac{12,16}{1,4} = 8,68 \text{ Kgf/cm}^2;$$

$$\tau_{wd} = \frac{1,4 \times 700.000}{12 \times 180 \times 135} = 3,36 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ (OK!)}$$

Cálculo das armaduras:

Deve-se utilizar as seções de referência permitidas pelo CEB.

$$\text{Na direção 1: } 0,15 a = 0,15 \times 130 = 19,5 \text{ cm}$$

$$M_1 = \frac{700}{12} \times 3 \times (0,85 + 0,195) + \frac{700}{12} \times 3 \times (0,195 -$$

$$0,15); M_1 = 190,75 \text{ tfm}$$

$$AS_1 = \frac{M_1 d}{0,85 f_{yd} d} = \frac{1,4 \times 190,75 \times 1,15}{0,85 \times 5 \times 1,5} = 48,17 \text{ cm}^2 + 25 \phi 16$$

(esp.  $\approx 10,5\text{cm}$ )

Na direção 2:  $0,15 b = 0,15 \times 50 = 7,5\text{cm}$

$$M_2 = \frac{700}{12} \times 4 \times (1 - 0,25 + 0,075) = 192,5 \text{ tf.m}$$

$$AS_2 = \frac{1,4 \times 192,5 \times 1,15}{0,85 \times 5 \times 1,5} = 48,6 \text{ cm}^2 + 25 \phi 16$$

(esp. = 15cm)

Armadura complementar:  $A_{sw} = \frac{1}{8} \times 48,6 \text{ cm}^2 = 6,08 \text{ cm}^2 + 13 \phi 8,0$   
(esp. = 11cm)

## BIBLIOGRAFIA

01. MOURA, J. Ricardo B. — *Blocos sobre estacas* — Revista Tecnologia no. 4 — Universidade de Fortaleza.
02. GUERRIN, A. — *Traité du Béton Armé* — Vol. 3 — 4a. ed. Dunod.
03. MACHADO, Claudinei P. — *Blocos sobre várias estacas* — Curso promovido por FDTE, FPU SP, IPT.
04. CEB/1970. *Anexo 4 do "Bulletin D' information no. 73"*.
05. CEB/1975. *Anexo 2 do "Bulletin D' information no. 111"*.
06. ALONSO, Urbano R. — *Exercícios de Fundações*. Ed. Edgard Blucher.

## ERRATAS DO ARTIGO ANTERIOR

São as seguintes as incorreções verificadas no artigo "Blocos sobre estacas", publicado no número anterior desta revista:

1) pg. 47:  $h \geq \sqrt{\frac{P(\ell - a)}{60 \ell}}$  (2a. linha, lado direito).

2) pg. 47:  $A_{sw} = \frac{1,4 \times 26 \cdot 666,7}{2 \times 4348} = 4,30 \text{ cm}^2$  ou 9 estribos de 8 mm.

3) pg. 48:  $\text{tg } \varphi = \frac{d}{e/2 - a/4}$  (início da página)

4) pg. 48: 7a. linha.  $\frac{P}{2Ae \text{ sen}^2 \varphi}$

5) pg. 48:  $45^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ$  (meio da página, lado direito)