

## ANÁLISE DE BLOCOS SOBRE ESTACAS COM CARGA CENTRADA

Mateus Gomes Sabion<sup>1</sup>

Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este artigo é destinado a demonstrar a importância das fundações e elaborar o cálculo do dimensionamento de blocos de fundação. Existem dois tipos de fundações: diretas, na qual a carga é transmitida diretamente ao solo através da base do elemento utilizado (sapata e radier). E profundas na qual a carga é transmitida ao solo através de estacas ou tubulões, por intermédio da base e atrito ou adesão lateral das mesmas. Os blocos de fundação são dimensionados levando em consideração os esforços solicitantes, as características do solo e os elementos estruturais que compõem a fundação, pois é através dele que a carga resultante da superestrutura subdivide se para a infraestrutura (estacas ou tubulões).

**Palavras- chaves:** Fundação. bloco de Fundação. Estaca. dimensionamento.

**ABSTRACT:** This article is intended to demonstrate the importance of foundations and to calculate the dimensioning of foundation blocks. There are two types of foundations: direct, in which the load is transmitted directly to the ground through the base of the element used (footing and raft). And deep in which the load is transmitted to the soil through piles or pipes, through the base and friction or lateral adhesion of the same. The foundation blocks are dimensioned taking into account the requesting efforts, the characteristics of the soil and the structural elements that make up the foundation, as it is through it that the load resulting from the superstructure is subdivided to the infrastructure (piles or pipes).

**Keywords:** Foundation. Foundation block. Pile. Dimensioning.

### INTRODUÇÃO

Inicia-se a análise naturalmente com uma introdução sobre o bloco de fundação, conhecendo sua finalidade, comportamento estrutural dos blocos rígidos, modelos de cálculo, métodos das bielas, análise dos tipos de blocos sobre respectivos números de estacas e demonstrações de exemplos de cálculo, com isso facilitando o entendimento do leitor.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Brasil – Campus Fernandópolis-SP.

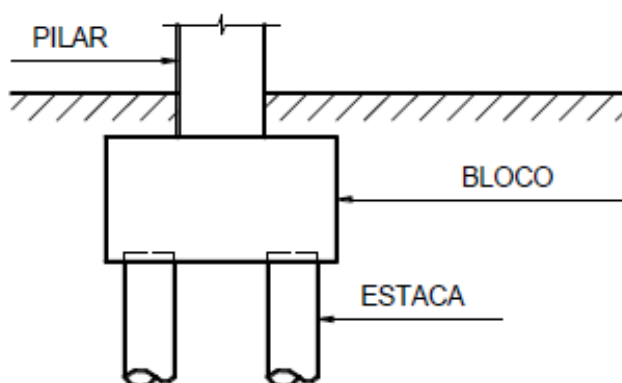
<sup>2</sup> Orientador do curso de Engenharia Civil pela Universidade Brasil – Campus Fernandópolis-SP.

## DEFINIÇÃO

Os blocos são considerados elementos de transição entre a superestrutura e as estacas ou tubulões. Em geral, o dimensionamento dos blocos é similar ao das sapatas, diferenciando-se dessas pelo fato de ter cargas concentradas no bloco devido à reação das estacas.

Estes são dimensionados conforme os procedimentos contidos na NBR 6118/2014 - “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”.

Os blocos sobre estacas podem ser para 1, 2, 3... e teoricamente para N estacas, depende da capacidade da estaca e das características do solo. Blocos sobre uma ou duas estacas costumam ser utilizadas em construções de pequeno porte, como residências térreas e de dois pavimentos (sobrado), galpões, entre outros, onde a carga vertical proveniente do pilar é geralmente de baixa intensidade. Nos edifícios de vários pavimentos, como as cargas podem ser altas (ou muito altas), a quantidade de estacas é geralmente superior a duas.



## COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DOS BLOCOS RÍGIDOS

O comportamento estrutural e o dimensionamento dependem da classificação do bloco quanto à rigidez, utilizando-se os mesmos critérios das sapatas. Portanto, quanto à rigidez, os blocos são classificados como flexíveis ou rígidos.

Conforme a NBR 6118, comportamento estrutural é caracterizado por:

### BLOCOS RÍGIDOS

a) “trabalho à flexão nas duas direções, mas com trações essencialmente concentradas nas linhas sobre as estacas (reticulado definido pelo eixo das estacas, com faixas de largura igual a 1,2 vez seu diâmetro);

- b) forças transmitidas do pilar para as estacas essencialmente por bielas de compressão, de forma e dimensões complexas;
- c) trabalho ao cisalhamento também em duas direções, não apresentando ruínas por tração diagonal, e sim por compressão das bielas, analogamente às sapatas. ”

## BLOCOS FLEXÍVEIS

“Para esse tipo de bloco deve ser realizada uma análise mais completa, desde a distribuição dos esforços nas estacas, dos tirantes de tração, até a necessidade da verificação da punção. ”

## MODELO DE CÁLCULO

Segundo a NBR 6118/2014, “Para cálculo e dimensionamento dos blocos, são aceitos modelos tridimensionais lineares ou não lineares e modelos biela-tirante tridimensionais. Esses modelos devem contemplar adequadamente os aspectos descritos em 22.7.2.

Na região de contato entre o pilar e o bloco, os efeitos de fendilhamento devem ser considerados, conforme requerido em 21.2, permitindo-se a adoção de um modelo de bielas e tirantes para a determinação das armaduras.

Sempre que houver forças horizontais significativas ou forte assimetria, o modelo deve contemplar a interação solo-estrutura.”

No Brasil, o dimensionamento dos blocos sobre estacas um dos mais utilizados é o “Método das Bielas” (Blévet, de 1967). Este método, deve ser empregado apenas nos blocos rígidos. No caso de blocos flexíveis, são aplicados métodos clássicos aplicáveis às vigas ou às lajes.

## MÉTODOS E DIMENSIONAMENTO DAS BIELAS

Em geral, os blocos sobre estacas têm dimensões tais que não se aplicam de forma satisfatória às hipóteses admitidas na resistência dos materiais para cálculo de esforços solicitantes em barras.

O método das bielas consiste em admitir, no interior do bloco, uma treliça espacial na qual as barras tracionadas (tirantes), situadas no plano médio das armaduras e barras comprimidas inclinadas (bielas), interceptam-se nos eixos das estacas e em um ponto do pilar.

As bielas têm suas extremidades na intersecção do eixo das estacas com o plano das armaduras de um lado e em um ponto conveniente do pilar (que é suposto sempre de secção quadrada) do outro. As forças de compressão das bielas são resistidas pelo concreto e as de tração, que atuam nas barras horizontais, são resistidas por armaduras colocadas na posição do eixo dessas barras.

Sempre que o pilar for retangular, pode se, a favor da segurança, admiti-lo quadrado, de lado igual ao menor deles. Há teorias mais elaboradas, que a das bielas nas quais se permite levar em conta as dimensões dos pilares retangulares.

As forças de compressão nas bielas (montantes inclinados) são resistidas pelo concreto e as forças de tração que atuam nos banzos (barras horizontais) são resistidas por armaduras ali posicionadas.

Para o dimensionamento, é necessário conhecer os esforços atuantes em cada estaca do bloco. Trivialmente, para o caso de cargas centradas, os estaqueamentos são simétricos com estaca atingindo a mesma profundidade.

Para cálculo e dimensionamento dos blocos são aceitos modelo tridimensionais lineares ou não, e modelos de biela-tirante tridimensionais, sendo estes últimos os preferidos por definir melhor a distribuição pelos tirantes. Sempre que houver esforços horizontais significativos ou forte assimetria, o modelo deve abranger a interação solo-estrutura (item 22.5.3 na Norma 6118/2014 ABNT).

No método biela-tirante a força normal do pilar é transmitida às estacas pelas bielas de compressão. O equilíbrio no topo das estacas é garantido pela armadura principal de tração.

O método das bielas também pode ser empregado para blocos submetidos a carregamentos não centrados, desde que se admita que se trabalhe, nas formulações de equilíbrio de forças, com a estaca mais carregada.

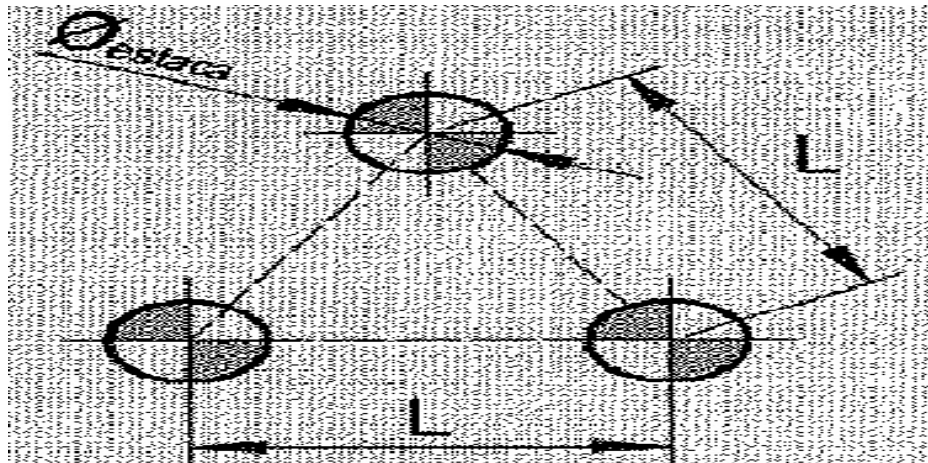
## ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DAS BIELAS

Além de permitir a ancoragem das barras longitudinais dos pilares, o bloco deve ter altura suficiente para permitir a transmissão direta da carga, desde a base do pilar (no topo do bloco) até o topo das estacas, por meio das bielas comprimidas. Para que isso aconteça de modo eficiente, a inclinação da biela mais abatida (menos inclinada) não deve ser inferior à 40° (ou 45). Além disso, ensaios experimentais indicam que o método das bielas fornece resultados a favor da segurança para inclinações de biela entre 40 e 55 graus em relação à horizontal.

Portanto, recomenda-se limitar o ângulo de inclinação das bielas em:

$$45^{\circ} \leq \theta \leq 55^{\circ}$$

Vale notar que o ângulo de inclinação da biela depende exclusivamente da geometria do bloco. Assim, as dimensões envolvidas são: a distância na horizontal do eixo da estaca ao ponto de aplicação da força normal do pilar; a altura útil da armadura principal.

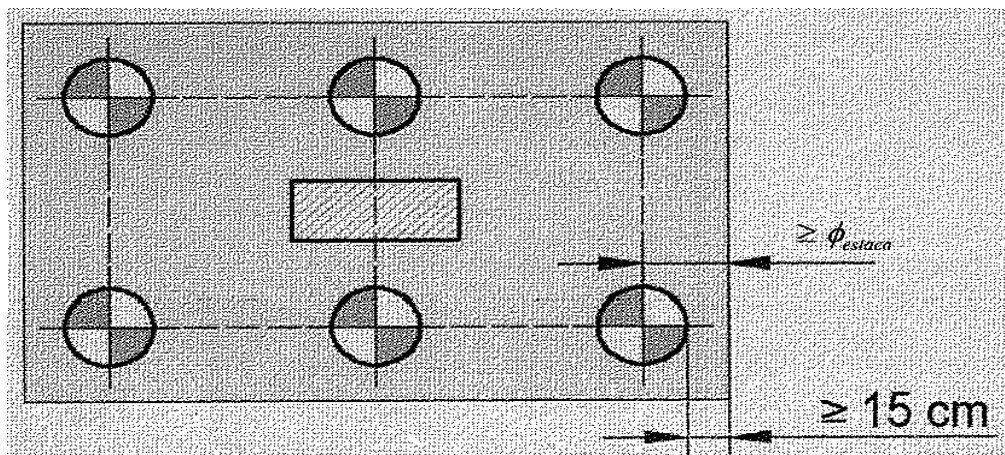


L é o afastamento entre as estacas, podendo ser:

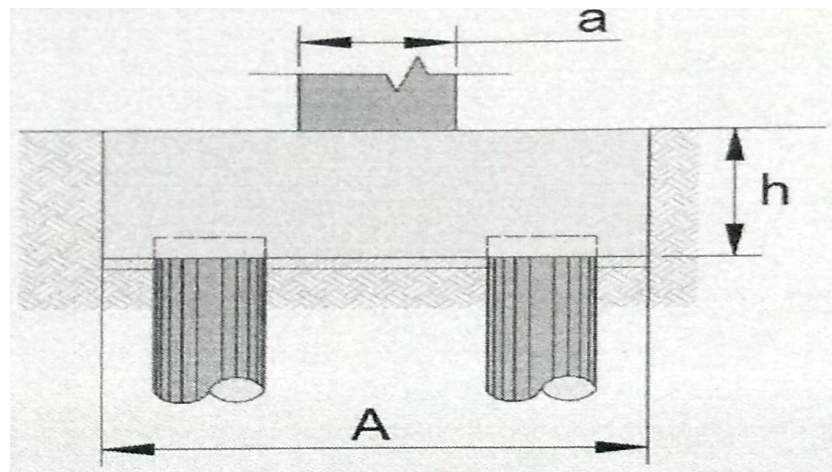
$$2,5 \cdot \phi \geq 60\text{cm} \text{ (Estacas pré – moldadas)}$$

$$3,0 \cdot \phi \geq 60\text{cm} \text{ (Estacas moldadas in loco)}$$

$$60\text{cm}$$



Afastamento mínimo entre a estaca e o bloco de fundação



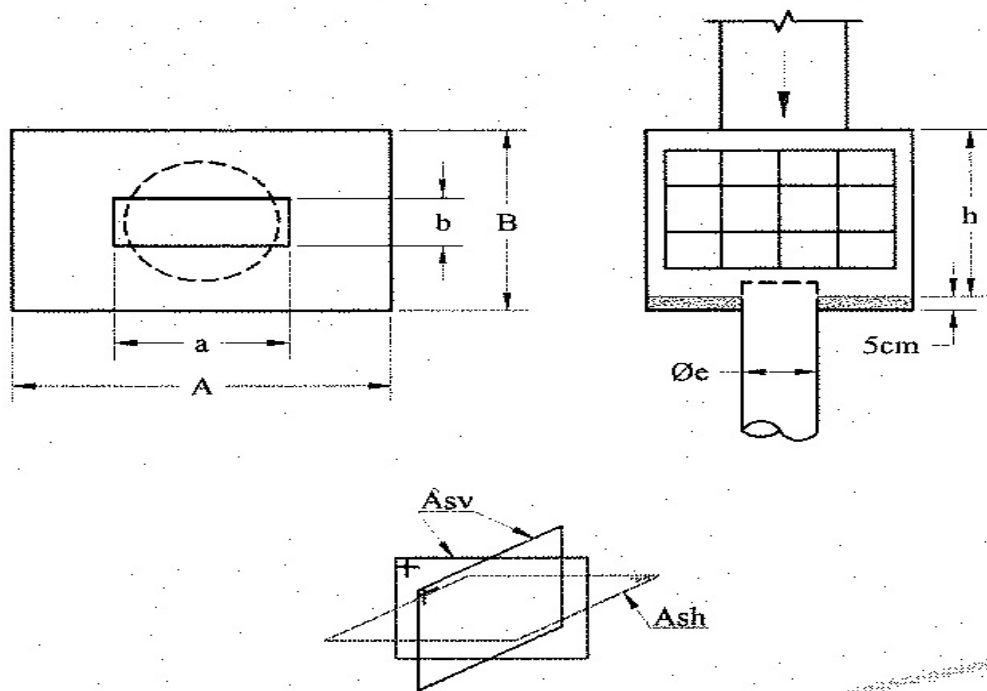
h corresponde a altura do bloco, podendo ser:



$$h \geq \begin{cases} \frac{A - a}{3} \rightarrow \text{Direção A} \\ \frac{B - b}{3} \rightarrow \text{Direção B} \\ 0,60 \cdot l_b \end{cases}$$

## BLOCO SOBRE UMA ESTACA

No caso de pilares com dimensões próximas à dimensão da estaca, o bloco atua como em um elemento de transferência de carga, necessário por razões construtivas, para a locação correta dos pilares, chumbadores, correção de pequenas excentricidades da estaca, uniformização da carga sobre a estaca, etc.



2939

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela.

✓ Junto ao pilar:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{N_d}{a \cdot b} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$

✓ Junto à estaca:

$$\sigma_{c,biela} = \frac{N_d}{A_{estaca}} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$

✓ Armadura vertical:

$$Z_d \geq \begin{cases} \frac{N_d \cdot (A - a)}{4 \cdot h} \\ \frac{N_d \cdot (B - \phi_e)}{4 \cdot h} \end{cases}$$

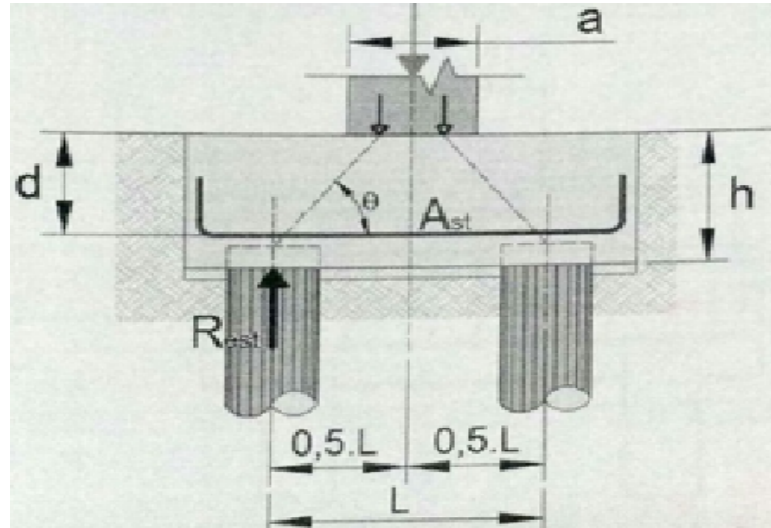
$$A_{sv} = \frac{Z_d}{f_{yd}}$$

✓ Armadura horizontal:

$$A_{sh} = \frac{0,8}{100} \cdot \frac{N_d}{0,85 \cdot f_{cd} + f_{yd}}$$

## BLOCO SOBRE DUAS ESTACAS

Sendo que a treliça tem a barra tracionada submetida a força T e as diagonais comprimidas submetidas a força C.



2940

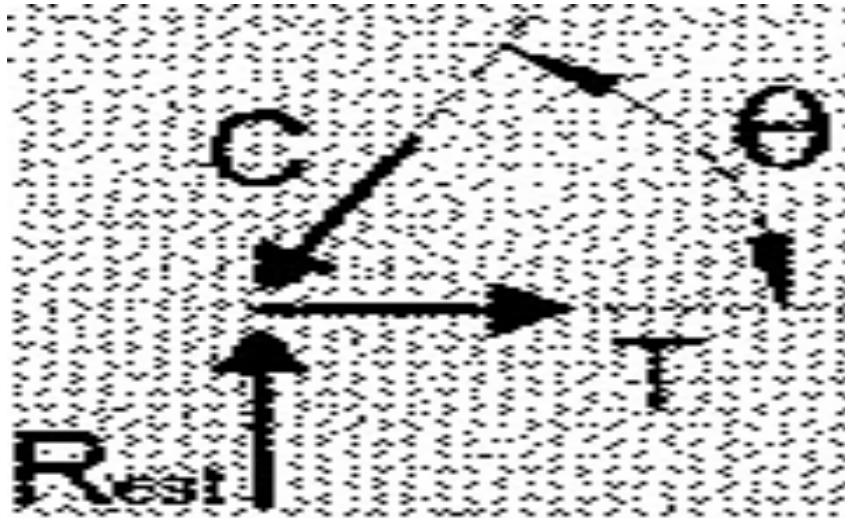
✓ Ângulo de inclinação da biela

$$\tan(\phi) = \frac{d}{\frac{L}{2} \cdot \frac{a}{4} \cdot b} \rightarrow b = \text{menor dimensão do pilar}$$

$$45^\circ \leq \phi \leq 55^\circ$$

✓ Resultante de compressão na biela e força de tração na armadura principal.

Por equilíbrio de forças do nó junto à estaca:



C é a resultante de compressão na biela junto à estaca;

T é a resultante de tração de cálculo no tirante;

Rest é a reação na estaca mais carregada (valor de cálculo da carga aplicada dividido pelo número de estacas) Ex: Carga admissível resultante do pilar de 200kn.

Rest= 200/2= 100kn.

$$C \cdot \sin(\theta) = R_{est} \rightarrow C = \frac{R_{est}}{\sin(\theta)}$$

$$T = C \cdot \cos(\theta) = \frac{R_{est}}{\sin(\theta)} \cdot \cos(\theta) \rightarrow T = \frac{R_{est}}{\tan(\theta)}$$

$$T = \frac{R_{est}}{d} \cdot \left( \frac{L}{2} - \frac{a}{4} \right)$$

✓ Área de aço da armadura principal

$$A_{st} = \frac{T}{f_{yd}}$$

Onde  $f_{yd}$  é a resistência de cálculo ao escoamento.

✓ Verificação das tensões de compressão atuantes na biela.

Para evitar o esmagamento da biela diagonal, deve-se limitar as tensões de



compressão atuantes na mesma.

- Junto ao pilar

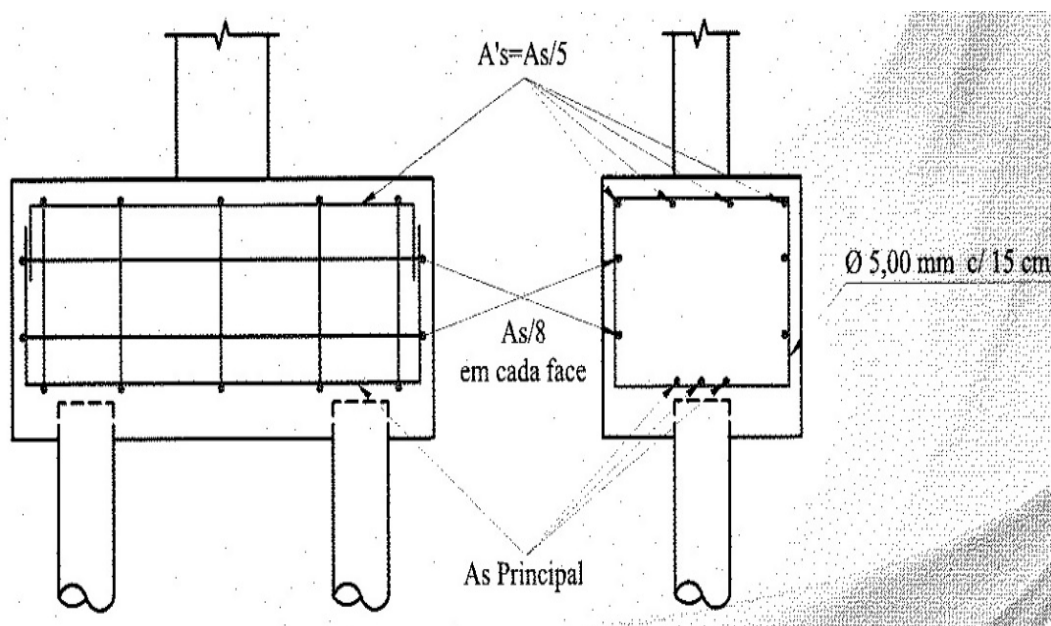
$$A_b = \frac{a}{2} \cdot \text{sen}(\theta) \cdot b \rightarrow \text{área da biela}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{C}{A_b} = \frac{R_{est}}{\text{sen}(\theta)} \cdot \frac{2}{a \cdot b \cdot \text{sen}(\theta)}$$

$$\sigma_{c,biela} = \frac{2 \cdot R_{est}}{a \cdot b \cdot \text{sen}^2(\theta)} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$

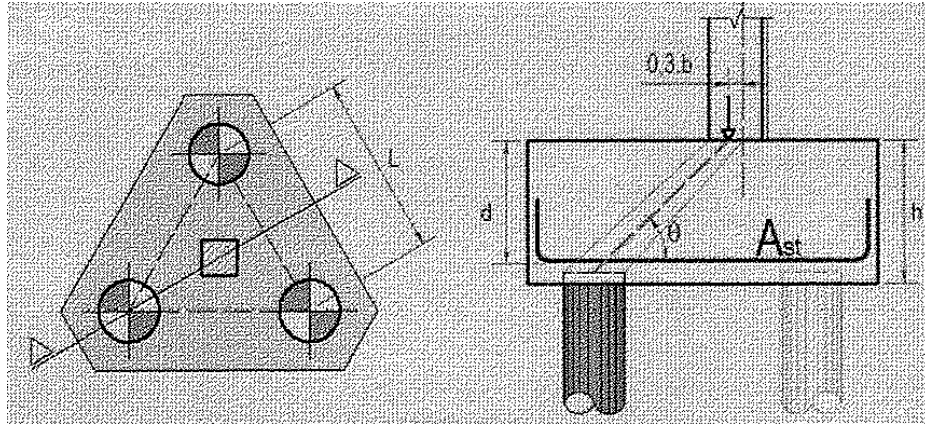
- Junto à estaca

$$\sigma_{c,biela} = \frac{R_{est}}{A_{estaca} \cdot \text{sen}^2(\theta)} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$



## BLOCO SOBRE TRÊS ESTACAS

A rotina de projeto para blocos sobre três estacas é praticamente o mesmo que o considerado para duas estacas, mas neste caso, a treliça é formada por três barras comprimidas. Os tirantes são representados pela armadura, que pode ter diferentes arranjos.



Ângulo de inclinação da biela:

$$\tan(\theta) = \frac{d}{L \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} - 0,3 \cdot b}$$

b é menor dimensão do pilar

$$45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$$

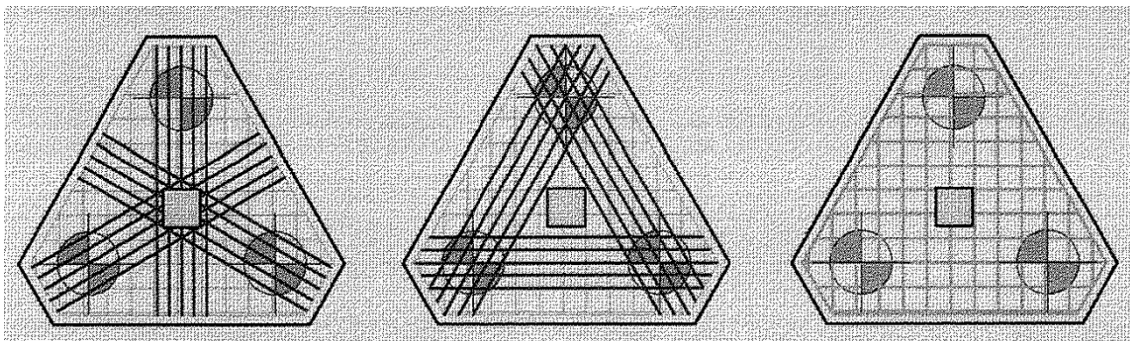
Verificação das tensões de compressão atuantes na biela.

✓ Junto ao pilar

$$\sigma_{cd(\text{Pilar})} = \frac{3 \cdot R_{est}}{(a \cdot b) \cdot \text{sen}^2\theta} \leq 1,75 \cdot f_{cd}$$

✓ Junto à estaca

$$\sigma_{cd(\text{Estaca})} = \frac{R_{est}}{\left(\frac{\pi \cdot \phi^2}{4}\right) \cdot \text{sen}^2\theta} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$



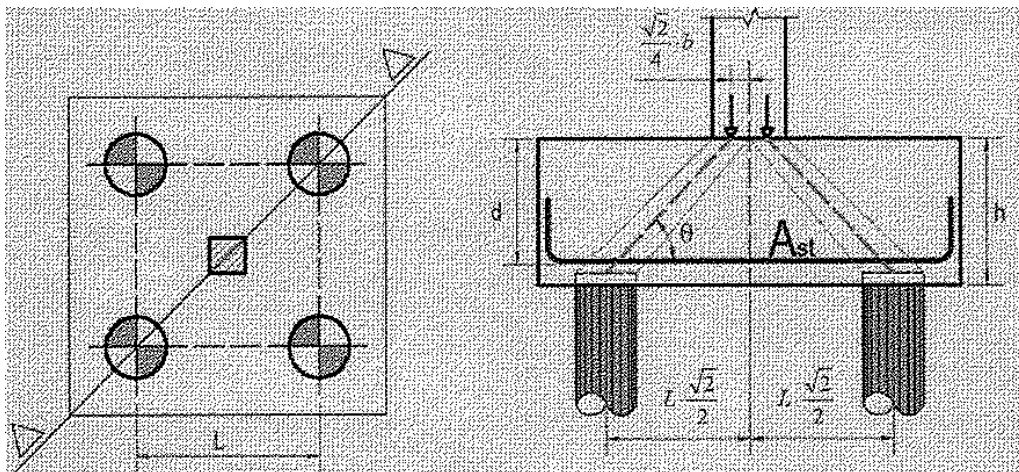
$$T_d = \frac{N_d}{d} \left( \frac{1\sqrt{3}}{3} - 0,3 \cdot b \right) \quad T_{d2} = \frac{T_d}{\sqrt{3}} \quad \text{Malha} = \frac{A_s}{5} \text{ (em cada direção)}$$

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad A_s = \frac{T_{d2}}{f_{yd}}$$

## BLOCO SOBRE QUATRO ESTACAS

O funcionamento estrutural dos blocos tem a força atuante no pilar pela transmissão para as estacas por quatro bielas diagonais comprimidas, cujo equilíbrio é garantido pela armadura que pode ter várias formas de distribuição.

Verificação das tensões de compressão atuantes na biela.



Ângulo de inclinação da biela:

$$\text{tg}(\theta) = \frac{d}{\frac{L\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot b} \rightarrow 45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$$

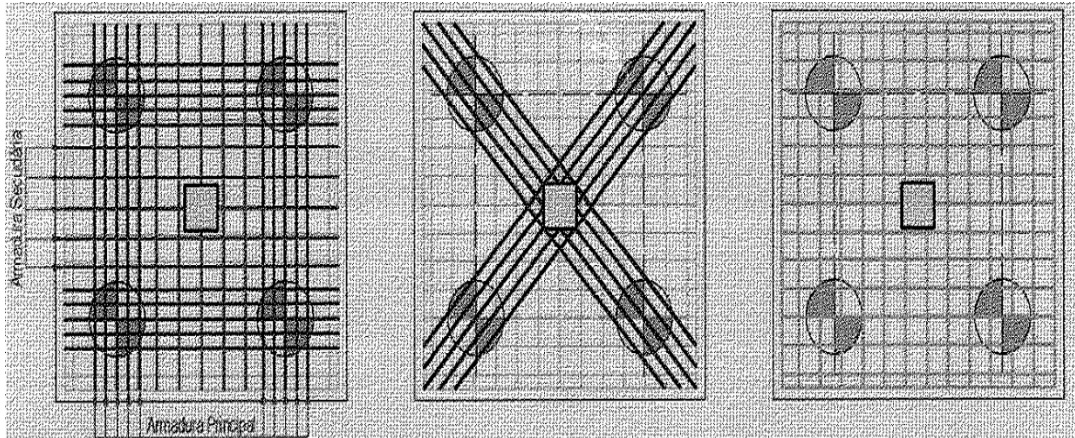
✓ Junto ao pilar

$$\sigma_{cd}(\text{Pilar}) = \frac{4 \cdot R_{est}}{(a \cdot b) \cdot \text{sen}^2\theta} \leq 2,1 \cdot f_{cd}$$

✓ Junto à estaca

$$\sigma_{cd}(\text{Estaca}) = \frac{R_{est}}{\left(\frac{\pi \cdot \emptyset e^2}{4}\right) \cdot \text{sen}^2\theta} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$





$$T_{d2} = \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot T_d \right) \quad T_d = \frac{R_{est}}{d} \left( L \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot b \right) \quad Malha = \frac{A_s}{5} \text{ (em cada direção)}$$

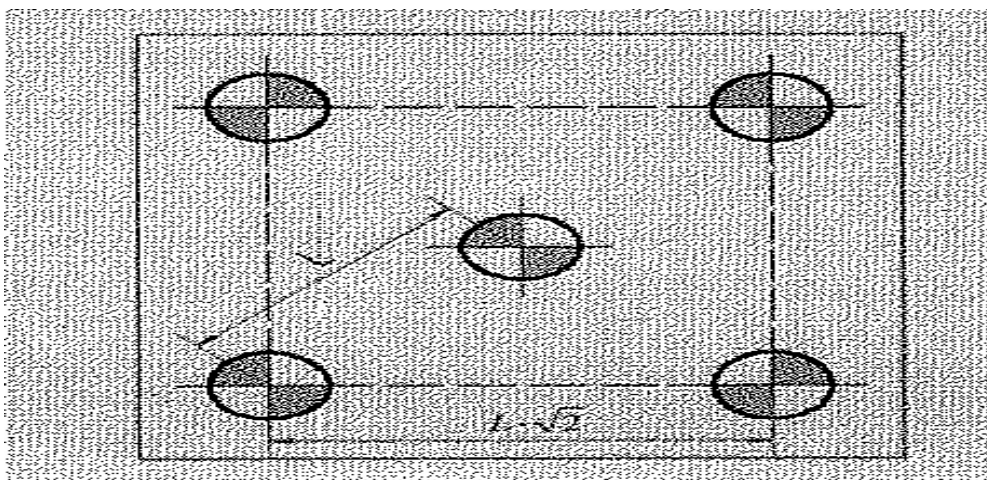
$$A_s = \frac{T_{d2}}{f_{yd}} \quad A_{s2} \rightarrow \text{Suspensão} \quad A_s = \frac{T_d}{f_{yd}}$$

## BLOCO SOBRE CINCO ESTACAS

Em princípio, nos blocos sobre cinco estacas, as estacas poderiam ser dispostas em planta de forma que seus eixos formassem um pentágono (cinco lados). Entretanto, existem outras disposições de estaqueamento mais econômicas com menor área ocupada. A forma mais prática e econômica é dispor 4 estacas na periferia – formando um quadrado ou um retângulo – e mais uma estaca no centro. Dessa maneira, o dimensionamento é similar ao caso de blocos com 4 estacas, obtendo-se inclusive expressões análogas.

Notar que estaca posicionada no centro do bloco (sob o pilar) não modifica a maneira de dimensionar das armaduras, sendo computada apenas cálculo da reação vertical em cada estaca na respectiva biela.

O detalhamento das armaduras principais de tração é próximo ao caso dos blocos de 4 estacas, podendo-se dispor as armaduras segundo as diagonais, segundo os lados em malha.

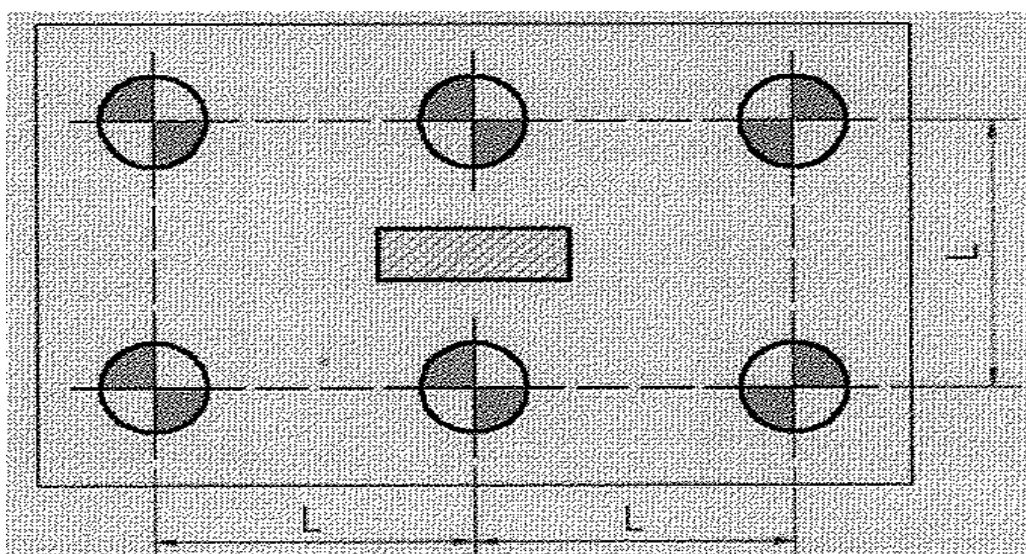


### BLOCO SOBRE SEIS ESTACAS

Em caso de bloco de seis estacas, deve-se colocar a maior dimensão do bloco a ser paralela à maior dimensão do pilar.

Neste caso, limita-se o ângulo de inclinação das bielas mais inclinadas do bloco, ou seja, as bielas formadas junto com as estacas dos cantos.

Toda a formulação referente ao dimensionamento das armaduras principais pode ser deduzida, sem grandes dificuldades de forma análoga à feita para os blocos sobre 2, 3, 4 e 5 estacas. Por outro lado, as tensões de compressão das bielas junto ao pilar não devem ultrapassar o valor de  $2,6 \cdot f_{cd}$ .





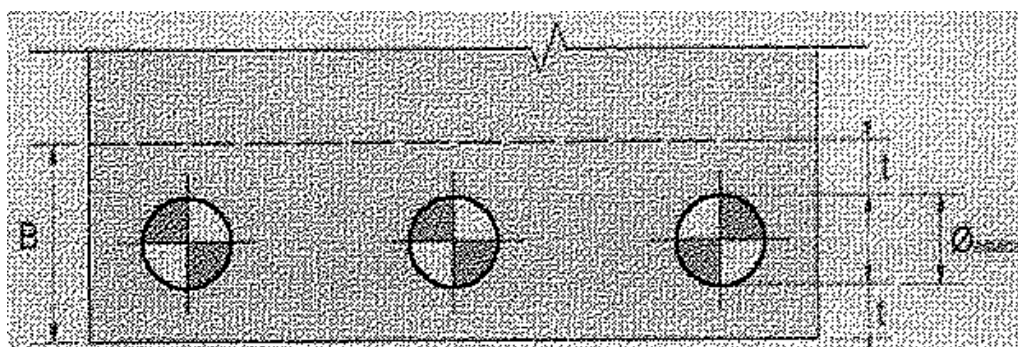
## ARMADURA DE PELE

Em peças com grande altura da seção ou com grandes cobrimentos da armadura principal, evita-se a fissuração superficial excessiva com o emprego de armadura de pele. Essa armadura é formada por barras de aço paralelas e próximas às faces dessas peças. Segundo a NBR 6118/2014, a armadura de pele é obrigatória para peças com altura de seção maior que 60 cm. A área total dessa armadura, em cada face da peça, deve ser igual a formula a seguir, sendo h igual a altura do bloco:

$$A_{S_{pele}} = \frac{0,1}{100} \cdot b \cdot h$$

Em blocos sobre duas estacas, a largura b é igual à do bloco. Nos blocos de três estacas ou mais, toma-se como b a largura definida pelo diâmetro da estaca mais o balanço livre em cada lado da estaca.

O espaçamento máximo entre as barras dessa armadura não deve ser superior a 20 cm.



## ARMADURA DE SUSPENSÃO

A armadura de suspensão tem a função de evitar o surgimento de fissuras nas regiões entre as estacas, que podem ocorrer pelo fato de formarem-se bielas de concreto comprimido que transferem partes da carga do pilar para as regiões inferiores do bloco, entre as estacas, e que se apoiam nas armaduras paralelas aos lados. Disso surgem tensões de tração que devem ser resistidas pela armadura de suspensão, a qual suspende as forças de tração para a região superior do bloco, e que daí caminham para as estacas.

A NBR 6118 especifica que “Se for prevista armadura de distribuição para mais de 25 % dos esforços totais ou se o espaçamento entre estacas for maior que 3 vezes o diâmetro da estaca, deve ser prevista armadura de suspensão para a parcela de carga a ser equilibrada”. De modo geral, independentemente da quantidade de armadura de distribuição e da distância entre as estacas, costuma-se prescrever uma armadura de



suspensão, com valor de:

$$A_{S_{susp}} = \frac{P}{1,5 \cdot n \cdot f_{yd}} \rightarrow \text{sendo } n \geq 3$$

Sendo:

n o número de estacas;

P é a força vertical de cálculo (força normal do pilar acrescida do peso próprio do bloco).

## VERIFICAÇÃO DE CISALHAMENTO POR FORÇA CORTANTE

Em blocos sobre estacas, assim como nas sapatas, evita-se colocar armaduras transversais para força cortante. Assim, projetasse o bloco de tal forma que apenas o concreto tenha resistência para resistir aos esforços de cisalhamento, dispensando a armadura para cortante.

Só é permitida a dispensa dessa armadura transversal para a força cortante se:

$$V_{sd} \leq V_{RD1} \rightarrow V_{RD1} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) \cdot b_w \cdot d$$

2948

A verificação do esforço cortante é feita numa seção de referência  $S_2$ , distante de  $d/2$  da face do pilar.

$$\tau_d = 0,09 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \text{ com } f_{ck} \text{ em MPa}$$

$$k = |1,6 - d| \geq 1,0$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

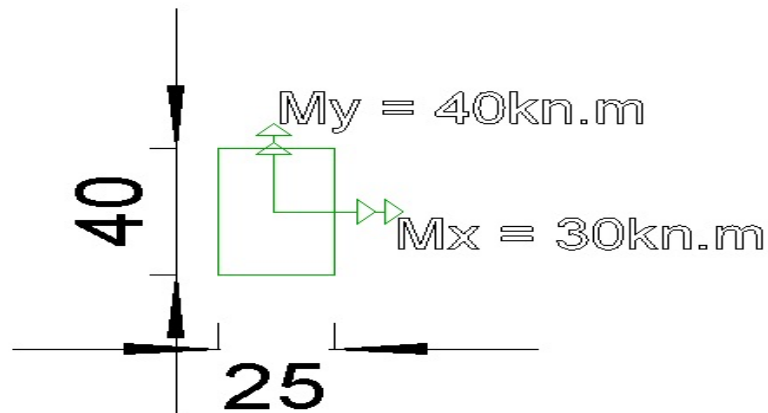
$A_s$  é a armadura longitudinal na direção analisada pela seção  $S_2$ ;

$b_w$  é a largura da seção  $S_2$ ;

$d$  é a altura útil média na seção  $S_2$ .

## EXEMPLO NUMÉRICO

Calculando e detalhando o bloco sobre estacas para um pilar de seção retangular 25x40 cm, destinado a uma edificação comercial.



Carga Vertical da edificação é de 850kn;

armadura longitudinal do pilar: 10  $\varnothing_{12,5}$ ;

estacas moldadas no local de 32cm de diâmetro;

carga admissível de 250kN;

materiais: Concreto C20 e Aço CA-50;

armaduras principais de tração segundo os lados;

cobrimento: 4cm;

penetração da estaca no bloco de 7 cm;

utilizar dimensões múltiplas de 10cm para as dimensões em planta.

## RESOLUÇÃO

Para levar em conta o peso próprio do bloco, majora-se a carga vertical em 5%:

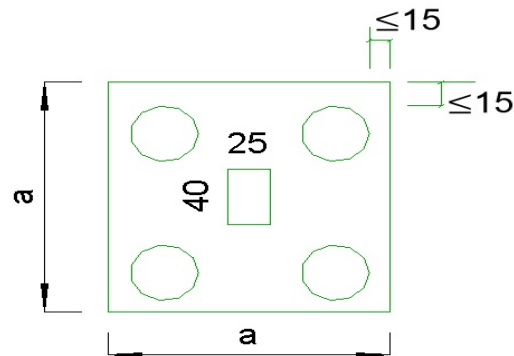
$$850 \cdot 1,05 = 892,50 \text{ kn}$$

Número de estacas

$$\frac{892,5}{250} = 3,57 \cong 4 \text{ estacas}$$

Distância mínima (como foi moldada no local  $3 \cdot \varnothing$ )

$$3 \cdot 32 = 96 \cong 100 \text{ cm}$$



(de 5 em 5 cm)

$$a \geq L + \phi_{\text{est}} + 2 \cdot 16 = 100 + 32 + 32 = 164 \cong 165 \text{ cm}$$

Limitação do ângulo de inclinação das bielas, sendo  $45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$

$$\text{tg}(\theta) = \frac{d}{\frac{100\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot b} \rightarrow 45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$$

$$\text{tg}(45) = \frac{d}{\frac{100\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot 25} = 61 \text{ cm}$$

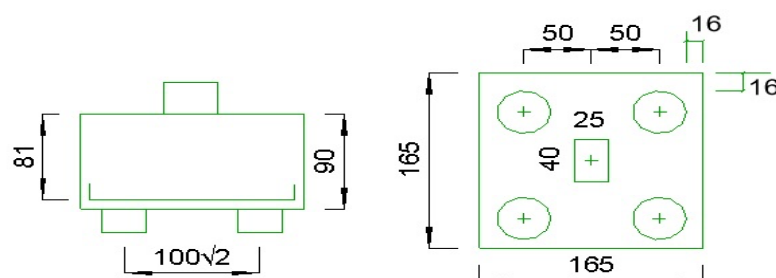
$$\text{tg}(55) = \frac{d}{\frac{100\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot 25} = 88 \text{ cm}$$

$$81 \text{ cm} \rightarrow \theta = 52,6^\circ$$

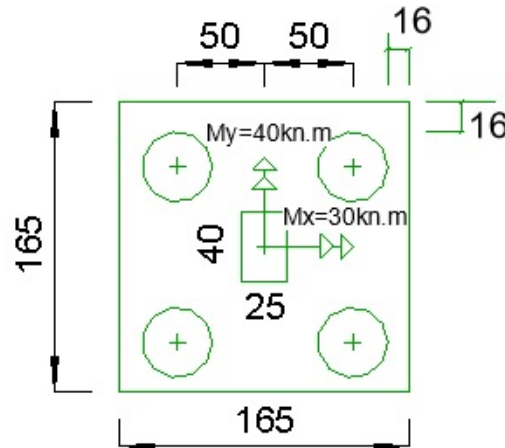
$\therefore 81 \text{ cm}$  ( $81+9=90\text{cm}$ ), sendo  $d=81 \text{ cm}$  e  $h =90 \text{ cm}$ .

Obs: +9 é devido ao arredondamento para melhor trabalhabilidade.

Com isso:



Estaca mais solicitada (mais comprimida):



$$R_{est} = \pm \frac{N}{n_e} \pm \frac{M_x \cdot y_e}{\Sigma y} \pm \frac{M_y \cdot x_e}{\Sigma x}$$

$$R_{est} = -\frac{850}{4} - \frac{30 \cdot 0,5}{(0,5)^2 \cdot 4} - \frac{40 \cdot 0,5}{(0,5)^2 \cdot 4} = 247,5 \text{ KN}$$

Obs. Nunca ficará negativo, sempre positivo.

2951

Verificação das bielas comprimidas

✓ Junto ao pilar

$$\sigma_{cd(\text{Pilar})} = \frac{4 \cdot R_{est} \cdot 1,4}{(a \cdot b) \cdot \text{sen}^2 \theta} \leq 2,1 \cdot f_{cd}$$

$$\sigma_{cd(\text{Pilar})} = \frac{4 \cdot 247,5 \cdot 1,4}{(40 \cdot 25) \cdot \text{sen}^2(52,6)} \leq 2,1 \cdot \frac{2,0}{1,4}$$

$$\sigma_{cd(\text{Pilar})} = 2,2 \text{ kn/cm}^2 \leq 3 \text{ kn/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

✓ Junto à estaca

$$\sigma_{cd(\text{Estaca})} = \frac{R_{est}}{\left(\frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4}\right) \cdot \text{sen}^2 \theta} \leq 0,85 \cdot f_{cd}$$

$$\sigma_{cd(\text{Estaca})} = \frac{247,5 \cdot 1,4}{\left(\frac{\pi \cdot 32^2}{4}\right) \cdot \text{sen}^2(52,6)} \leq 0,85 \cdot \frac{2,0}{1,4}$$

$$\sigma_{cd(\text{Estaca})} = 0,68 \text{ kn/cm}^2 \leq 1,21 \text{ kn/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Armadura Principal

$$T_d = \frac{R_{est} \cdot 1,4}{\text{tg}(\theta)}$$

$$T_d = \frac{247,5 \cdot 1,4}{\text{tg}(52,6)} = 264,92 \text{kn}$$

$$T_{d2} = T_d \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T_{d2} = 264,92 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 187,33 \text{kn}$$

$$A_s = \frac{T_{d2}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{187,33}{50/1,15} = 4,31 \text{ cm}^2$$

Com isso, utilizar 4Ø12,5 mm, totalizando 4,9 cm<sup>2</sup> de aço.

Armadura de pele

$$A_{s_{pele}} = \frac{0,1}{100} \cdot b \cdot h$$

$$A_{s_{pele}} = \frac{0,1}{100} \cdot 65 \cdot 90 = 5,85 \text{cm}^2 / \text{face}$$

Com isso, utiliza-se 5Ø12,5 mm, totalizando 6,25 cm<sup>2</sup> de aço.

Armadura de suspensão

$$A_{s_{susp}} = \frac{P}{1,5 \cdot n \cdot f_{yd}} \rightarrow \text{sendo } n \geq 3$$

$$A_{s_{susp}} = \frac{850 \cdot 1,05}{1,5 \cdot 4 \cdot 50/1,15} = 4,79 \text{cm}^2$$

Com isso, utilizar 4Ø12,5 mm, totalizando 4,9 cm<sup>2</sup> de aço.

Verificação cisalhamento

$$V_{sd} \leq V_{Rd}$$

$$V_{sd} = 2 \cdot R_{est}$$

$$V_{sd} = 2 \cdot 247,5 \cdot 1,4 = 693 \text{kn}$$

$$V_{Rd} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) \cdot b_w \cdot d$$

$$\tau_d = 0,09 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \text{ com } f_{ck} \text{ em Mpa}$$

$$\tau_d = 0,09 \cdot 20^{\frac{2}{3}} = 0,66 \text{Mpa}$$

$$k = |1,6 - d| \geq 1,0$$

$$k = |1,6 - 0,81| = 0,79 \geq 1,0$$

$$\therefore k = 1,0$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$\rho = \frac{(4,9 + 4,9) \cdot 4,9}{165 \cdot 81} = 1,1 \cdot 10^{-3}$$

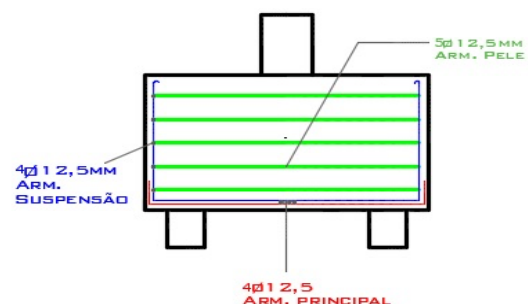
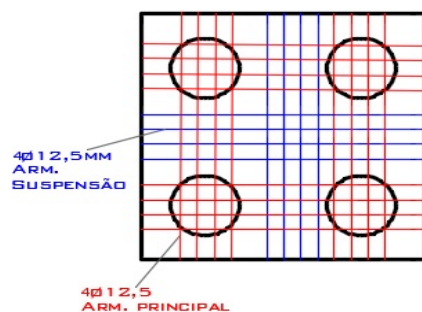
$A_s$  é a armadura longitudinal na direção analisada pela seção  $S_2$ , sendo no caso armadura principal multiplicado pela armadura de suspensão;

$b_w$  é a largura da seção  $S_2$ ;

$d$  é a altura útil média na seção  $S_2$ .

$$V_{Rd} = \frac{0,66}{10} \cdot 1 \cdot (1,2 + 40 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}) \cdot 165 \cdot 81 = 1097 \text{kn}$$

Com isso,  $V_{sd} \leq V_{Rd} \rightarrow OK$





## CONCLUSÕES

Através dos estudos, análises e dimensionamentos aqui realizados, respeitando os fatores de segurança tanto para o dimensionamento da área de aço quanto para as verificações junto as bielas, são suficientes para demonstração simples de como é relevante e notório a utilização de bloco de fundação para determinadas edificações.

Sendo realizado todas as verificações conforme sugere a Associação Brasileira de Normas Técnicas e comprovando-se através dos resultados obtidos no trabalho, podemos afirmar que foi reforçada a teoria do dimensionamento pelo modelo de biela e tirantes, já que no processo de cálculo há influência do ângulo da inclinação da biela mais comprimida.

Tendo em vista a análise dos resultados finais, os valores obtidos da área de aço no exemplo dado, são satisfatórios e a comparação da tensão das bielas comprimidas com a resistência junto ao pilar e a estacas são seguras e confiáveis para carga normal aplicada e momento nas duas direções.

2954

Conforme o analisado acima as estruturas teriam capacidade suficiente para sustentar qualquer tipo de carga, se inseridas corretamente de acordo com os cálculos e seguindo as normas da ABNT, assim formando uma obra rígida com seus perfis de sustentabilidade seguros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118/2014**: Projeto de estrutura de concreto – Procedimento