

FACULDADE EDUFOR

ENGENHARIA CIVIL

DIMMY GLEYSON FONSÊCA PINTO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**FUNDAÇÃO PROFUNDA: BLOCOS DE CONCRETO ARMADO SOBRE UMA
ESTACA**



São Luís

2023

P659f Pinto, Dimmy Gleyson Fonsêca

Fundação profunda: blocos de concreto armado sobre uma estaca
/ Dimmy Gleyson Fonsêca Pinto — São Luís: Faculdade Edufor, 2023.

18 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) —
Faculdade Edufor - São Luís, 2023.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt do Ó

1. Bloco de coroamento. 2. Estabilidade. 3. Dimensionamento
estrutural. 4. Fundação. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 624.15

FUNDAÇÃO PROFUNDA: BLOCOS DE CONCRETO ARMADO SOBRE UMA ESTACA

Dimmy Gleyson Fonsêca Pinto¹

Me. Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó²

Resumo

Fundação profunda é um elemento estrutural que trabalha na transferência de cargas superestruturais de uma construção para a faixa inferior mais resistente encontrada nas camadas da superfície e são consideradas como soluções de grande eficiência na engenharia de fundações. O objetivo deste artigo é de mostrar as definições, os tipos e como calcular o dimensionamento, tanto do concreto, como das ferragens do bloco de coroamento sobre uma estaca, utilizando como metodologia de estudo artigos científicos, livros, vídeos, palestras, visita in loco de execução de fundações e normas técnicas brasileiras que tratam do assunto proposto. Estabelecendo por base os resultados obtidos são apresentados os cálculos de dimensionamento estrutural do concreto e das ferragens do bloco de coroamento sobre uma estaca para, assim, manter uma estabilidade de segurança e de execução desse fundamental elemento estrutural de construção. Sendo assim, conclui-se na importância do estudo efetivo de todos os parâmetros tanto de definições, quanto de cálculos para a implantação de uma fundação de bloco sobre uma estaca.

Palavras-chave: Bloco de coroamento; Estabilidade; Dimensionamento estrutural; Fundação.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís. E-Mail: dimmy.gleyson.fonseca.pinto@alunoedufor.com.br

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-Mail: franklin.doo@edufor.edu.br

Abstract

Deep foundation is a structural element that works to transfer superstructural loads from a building to the more resistant lower range found in the surface layers and are considered highly efficient solutions in foundation engineering. The objective of this article is to show the definitions, types and how to calculate the dimensioning, both of concrete and of the hardware of the crowning block on a pile, using as a study methodology scientific articles, books, videos, lectures, on-site visits to execution of foundations and Brazilian technical standards that deal with the proposed object. Calculating based on the results obtained, the calculations for the structural design of the concrete and the hardware of the crowning block on a pile are presented, thus maintaining the safety and execution stability of this structural construction element. Therefore, the importance of effectively studying all parameters, both definitions and calculations for the implementation of a block foundation over a station, is concluded.

Keywords: Coronation block; Stability; Structural dimensioning; Foundation.

1. Introdução

A ciência do estudo da Engenharia Civil aplicada aos projetos de construções, administração e manutenção de todos os serviços estruturais, tem como principal e primeiro objeto o estudo de projetar e aplicar o elemento de fundação, pois ela é a base estrutural do empreendimento.

Também conhecida como subestrutura, a fundação torna-se o principal elemento estrutural responsável por suportar e fazer a transmissão de forças de cargas e tensões compatíveis ao solo proposto.

Conforme as condições do solo e as solicitações da estrutura, as fundações podem ser rasas, quando suas cargas são transmitidas ao terreno por meio de tensões distribuídas na base da fundação, ou profundas, quando conduzem a carga ao terreno através da ponta, ou sua superfície lateral, ou mesmo por uma combinação de ambas (NBR 6122, 2010).

Habitualmente, para solucionar casos de tensões em estacas exige-se a projeção/execução dos blocos de coroamento. Eles são partes estruturais fundamentais em cima das estacas, com parte dessas embutida em seu interior.

Blocos de concreto armado sobre estacas são construídos de concreto e têm em sua finalidade transferir as tensões dos esforços dos pilares para as estacas. Estes, em função da sua configuração geométrica, possuem dois tipos de classificação: rígidos e flexíveis. Para cada uma delas, um comportamento estrutural diferente, onde será demonstrado no presente artigo a projeção e execução da fundação bloco de concreto ou bloco de coroamento sobre uma estaca, definindo o seu dimensionamento geométrico e detalhamento.

A pesquisa bibliográfica incrementada neste trabalho foi realizada através de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, livros, vídeos de palestras, visita in loco em execução de fundações, normas técnicas brasileiras que tratam do assunto proposto neste artigo.

O principal fator motivacional para a elaboração deste artigo, sobre este tema, foi minha participação na elaboração dos projetos e execução de um muro em um terreno utilizando o modelo de fundação bloco de coroamento sobre uma estaca.

2. Propriedades dos solos

Cada tipo de fundação escolhida para uma obra deve se adequar ao solo por sua natureza e mecânica de suas estruturas. HACHICH, Valdemar; et al. Fundações: Teoria e Prática, 1998 afirmam:

“Todo projeto de fundações contempla as cargas aplicadas pela obra e a resposta do solo a estas solicitações. Os solos são muito distintos entre si e respondem de maneira muito variável, por isto, toda a experiência transmitida pelas gerações de construtores sempre se relaciona ao tipo de solo existente”

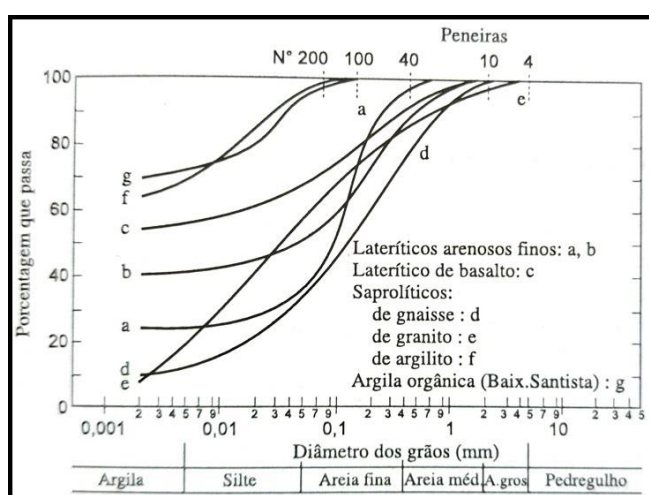
O estudo das propriedades e do comportamento dos solos são fundamentais para solucionar os problemas de fundações. A Engenharia de Fundações interpreta suas peculiaridades e nos faz atentar para quais técnicas e tipos de projetos e execução das fundações, após o entendimento comportamental da mecânica dos solos.

2.1 Classificação dos solos

Devido a grande diversidade e comportamento dos solos perante as solicitações de tensões feitas na engenharia, foi necessário que houvesse uma classificação por agrupamento distinto para poder prever um provável mecanismo comportamental do solo com intuito de investigar e analisar um futuro problema.

Existem muitas situações em que o solo é classificado, sendo por sua origem, evolução, presença ou não presença de material orgânico, estrutura, preenchimento dos vazios. Sendo esses tipos os mais citados como solos granulares, solos finos (argilas e siltes), solos residuais, solos transportados, solos lateríticos, aterros e solos compactados, porém, ainda assim, existem outras classificações importantes com informações detalhadas, conforme figura representada a seguir.

Figura 01: Curvas granulométricas



Fonte: HACHICH. FALCONI. SAES. FROTA. CARVALHO. NIYAMA. Fundações teoria e prática, 1998.

2.2 Relatórios de sondagens do solo

Conforme diz a ABNT NBR 6122 (2010), em qualquer tipo de obra de engenharia, deve-se fazer um estudo e investigação geotécnica inicial, sendo um processo realizado para a inspeção e atribuição de informações do solo proposto (determinação do perfil do solo, nível do lençol freático, resistência, etc.). Através dessas informações coletadas, podemos, assim, fazer um estudo de viabilidade técnica e financeira sobre os projetos de fundações que serão executadas na obra.

Figura 02: Solo com diversas camadas



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-solo.htm>, 2023.

2.2.1 Escolha do método de sondagem

Alguns fatores são determinantes para a escolha do método de sondagem à ser aplicado no local, tais como:

- O tipo de solo mais comum da região;
- Vias de acesso, infraestrutura do local e acessibilidade até o terreno;
- Empresas que atuam na região;

2.2.2 Tipos de sondagens do solo

Para auxiliar nesse processo, existem alguns tipos de sondagem de solo, cada um sendo direcionado para um determinado terreno. Enquanto alguns são mais comuns, outros são menos utilizados. Mas, é necessário conhecer todos eles para entender como podem agregar ao projeto de obra (ETESCO, 2021). Seguindo, vale destacar os principais tipos.

- **Sondagem SPT**

SPT – Standard Penetration Test, significa ensaio de penetração padrão. Sendo um dos métodos mais utilizado, consiste na penetração do solo através de golpes em padrão e com auxílio de um equipamento para ser cravado e coletar as amostras. A ABNT NBR 6484 é a norma que trata todas as questões e requisitos técnicos relativos a sondagem de percussão SPT.

- **Sondagem Rotativa (SR)**

É um tipo de investigação do solo por meio de um sistema motomecanizado para obter as amostras necessárias do solo, sendo executada por meio de força de penetração e rotação contínua. Observa-se que esse método normalmente é executado em solos de difícil acesso para o uso da sondagem SPT.

- **Sondagem CPT**

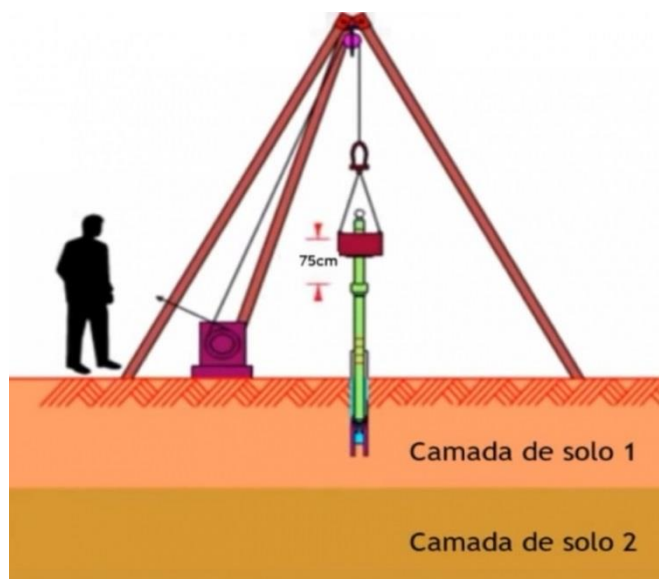
O CPT é um método de ensaio in situ usado para determinar as propriedades de engenharia geotécnica e delinear a litologia do seu solo. O método de ensaio CPT consiste na utilização de um equipamento hidráulico para empurrar uma ponta do cone instrumentado para dentro do solo através de várias hastes. Ele mede continuamente a resistência necessária para penetrar no solo a uma velocidade constante de dois centímetros por segundo. A força total que atua sobre o cone é chamada de resistência de cone e verifica a qualidade de seu solo. A força que age sobre as hastes de sondagem fornece a fricção total. Medidas com um cone elétrico, equipado com uma luva de atrito, fornecem a resistência ao atrito lateral local (Société Générale de Surveillance SA – SGS, 2023).

Assim, o CPT – Cone Penetration Test, refere-se ao teste com equipamento hidráulico que deve estar juntamente ligado a um caminhão, em um local com dimensões aptas para a adaptação do veículo. Então um cone é penetrado lentamente junto ao solo onde ele coleta e armazena os dados em um computador.

- **Sondagem Mista**

É a execução de sondagem que envolve os tipos SPT e rotativa simultaneamente, trabalhando em conjunto, a sondagem SPT sendo usada em solo e a rotativa em rochas. É um método de investigação geológica direta, atuante com a mesma metodologia da sondagem rotativa agrupada aos métodos de sondagem a percussão em solo.

Figura 03: Modelo de método de sondagem mais comum utilizado (SPT)



Fonte: <https://engenharia.cravestak.com.br/sondagens-tipo-spt/sondagem-a-percussao-spt/sondagens-a-percussao-spt-maua>, 2023.

3. Fundações profundas – blocos de concreto armado sobre estacas

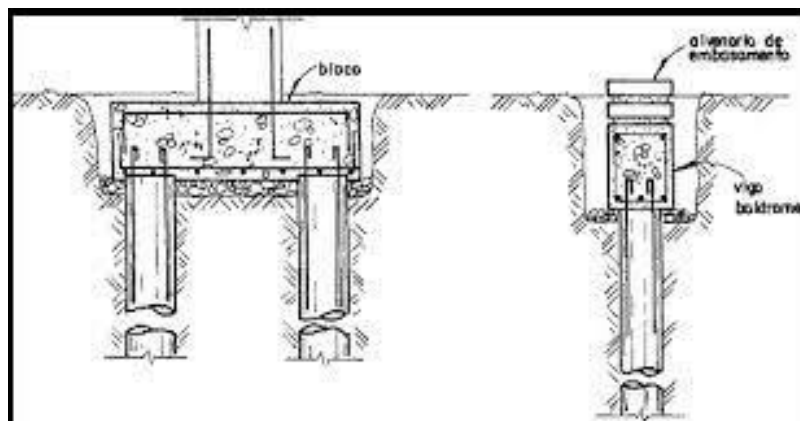
Segundo NELSO SCINEIDER (2020), os blocos de coroamento são elementos de concreto que exercem a função de transferir os esforços dos pilares, provenientes da superestrutura para as fundações profundas. Também são classificadas como fundações profundas e são definidas quando as primeiras camadas do solo não tem capacidade e resistir às solicitações advindas da superestrutura.

A ABNT NBR6118 (2014) diz que blocos sobre estacas são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis por critério análogo ao definido para sapatas.

Segundo MUNHOZ (2004) os blocos sobre estacas possuem um funcionamento complexo, pois o comportamento mecânico do conjunto aço/concreto, a determinação de vínculos e a interação solo/estrutura são problemas agravantes no complexo grau de análise.

As fundações blocos de concreto/coroamento sobre estacas são determinados para uma, duas, três... ou n números estacas. Os fatores que levarão a definição do projeto de quantidade de estacas realizadas serão unicamente a capacidade de suporte carga de cada estaca e as características geotécnicas do local proposto.

Figura 04: Imagem de um modelo de bloco de concreto sobre 01 e 02 estacas



Fonte: <https://construcaociviltips.blogspot.com/2011/07/blocos-de-coroamento-das-estacas.html>, 2023.

3.1 Fatores que influem e determinam a utilização de fundação bloco sobre estacas

Assim como em qualquer projeto de fundação, as condições do subsolo são fatores cruciais na escolha das fundações profundas para a solução, atento sempre para a segurança, pela agilidade e pelos custos em geral reduzidos.

Um estudo preliminar do solo, já citado neste, irá definir e explicar tecnicamente a aplicação e execução desta fundação profunda.

3.2 Quando são indicadas tecnicamente?

As fundações blocos de coroamento sobre estacas (fundações profundas) serão definidas para implantação sempre que não houver possibilidade técnica para a execução das fundações diretas (rasas). Alguns fatores levam a essa escolha, assim quando:

- Existir a previsibilidade de recalques e deformações nas camadas superficiais do solo;
- A camada mais resistente está a uma profundidade de três metros ou mais;
- Houver existência de camadas de solos moles abaixo onde seriam implantadas as fundações diretas.

4. A importância estrutural do bloco de coroamento

Em toda a obra existem problemas de execução. Erros de execução causam problemas de excentricidade entre os pilares (desaprumo ou às vezes o pilar está locado no lugar errado).

Quando acontecem essas situações, que podem passar despercebidos, geram um momento na base e esse momento pode acontecer até chegar à fundação e quando chega, teremos uma única estaca para fazer esse “alinhamento”. Então, se tiver apenas uma viga baldrame ao invés de um bloco de coroamento, a fundação não “funciona” estruturalmente

falando, pois a função básica do bloco de coroamento é absorver todos esses momentos e excentricidades que são gerados por esses erros de projeção e execução, corrigindo-os e distribuindo-os corretamente (uniformemente) em toda a sua área e transmitir essas tensões no eixo da estaca para haver o equilíbrio, através de sua resistência de atrito lateral e atrito de ponta, zerar e tornar-se estruturalmente estável.

5. Tipos de blocos de coroamento

Conforme rege a NBR 6118 (2014), os blocos de coroamento são definidos como rígidos ou flexíveis por meio de parâmetros parecidos aos utilizados para definir as fundações rasas como sapatas. Essa definição é de fundamental importância, visto que o comportamento estrutural de cada modelo de bloco comporta-se de maneira diferente.

E-ZIGURAT (2020) cita que na visão estrutural, o quesito mais importante para determinar as dimensões dos blocos de coroamento é o fator da distância entre a (as) estaca (as) e o ponto onde será aplicada a carga do pilar. Isso ocorre porque, com a atividade dos momentos fletores, os parâmetros das solicitações nas estacas encaminham para a diminuição conforme o aumento da distância do espaçamento em relação ao pilar.

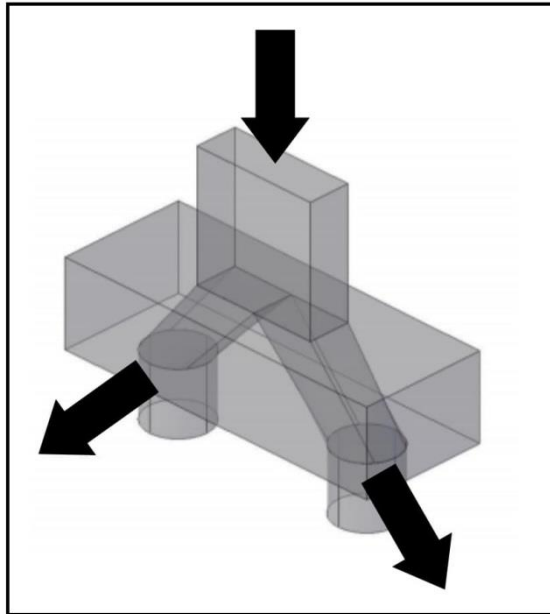
Em comparação nos dois tipos, considera-se que nos blocos de coroamento rígidos, as deformações não ocorrem durante sua execução na obra, sendo assim, o estado rígido da fundação não interfere na transmissão de cargas advindas das estruturas até as fundações.

5.1 Blocos de coroamento rígidos

Desse modo, o bloco de coroamento rígido apresenta um teor estrutural possuinte de algumas características, tais como:

- A concentração de cargas que são distribuídas no bloco de coroamento transforma-se em uma força de tração na linha das estacas.
- O trabalho da estrutura torna-se por meio de flexão em 2 sentidos direcionais, similar ao trabalho exercido nas estruturas estrutura das lajes. Ou seja, o trabalho solicitado da carga no bloco, tende à deformação do mesmo nas 2 direções.
- Quando ocorre a “diagonal Comprimida” – Sendo as bielas diagonais, definidas e limitadas pelas fissuras, formando, assim as diagonais comprimidas.

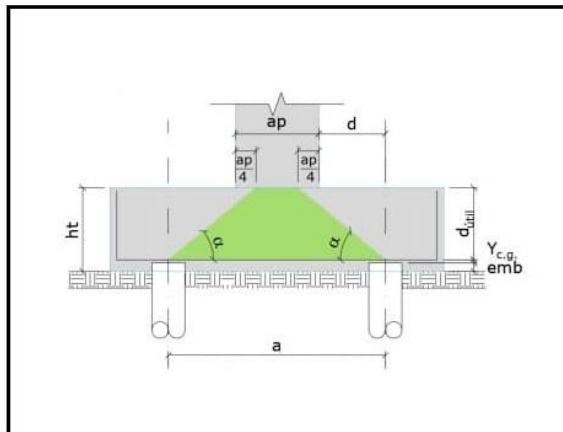
Figura 05: Concentração e distribuição dos carregamentos no bloco de coroamento.



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/bloco-de-coroamento>, 2023.

- Para definir que um bloco de coroamento seja rígido, o ângulo mais distante da biela deve ser de, no mínimo, $33,69^\circ$, porém se o ângulo for menor, será considerado um bloco de coroamento flexível.

Figura 06: Cálculo de definição do ângulo α para a classificação do bloco de coroamento



Fonte: <https://www.e-zigurat.com/pt-br>, 2023.

Conforme figura acima, devemos adotar algumas classificações para direcionamento de cálculo do bloco rígido, assim como:

a – faz referência da distância maior entre as estacas no sentido proposto;

d – informa a distância da face do pilar e do eixo de centro até as estacas com maior afastamento;

ap – dimensão do pilar no sentido da face definida;

ht – altura do bloco;

emb – altura do embutimento da estaca no bloco de coroamento;

$Y_{c,g}$ – distância entre o topo da estaca e o centro de gravidade do feixe de armaduras;

dútil – altura útil do bloco de coroamento;

α – ângulo da biela.

5.2 Blocos de coroamento flexíveis

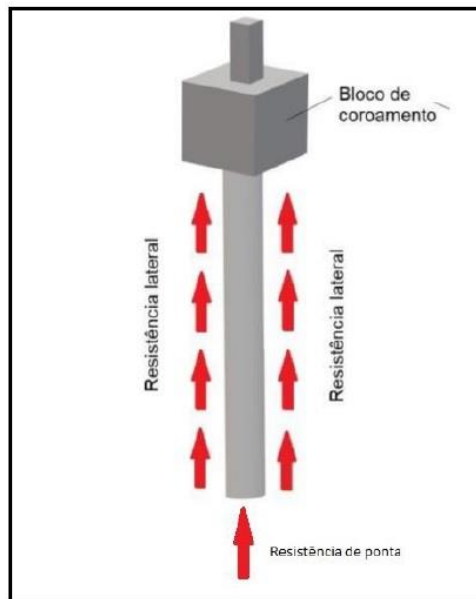
Conforme cita a NBR 6118 (2014): “Para esse tipo de bloco deve ser realizada uma análise mais completa, desde a distribuição dos esforços nas estacas, dos tirantes de tração, até a necessidade da verificação da punção.” Sendo assim, é necessário estudar, durante o processo de elaboração de dimensionamento, todas as possibilidades de deformações e movimentações que o bloco se sujeitará.

Em comparação com os blocos rígidos, nos blocos flexíveis a distribuição de esforços é bem mais complexo de ser estudado, geralmente sendo realizado com o auxílio de programas de softwares utilizam método dos elementos finitos.

6. Bloco de coroamento sobre uma estaca

O bloco de coroamento sobre uma estaca é elemento que atua como transferência de carga entre o pilar, de qualquer seção, para a estaca (única), sendo indispensável por questão estrutural, por motivo da não sincronia da base do pilar com a área da estaca. Abaixo mostro um modelo de situação onde o bloco faz o papel de transferência de carga citado. Também faz-se necessário a implantação do bloco para a locação correta dos pilares, carga uniforme sobre a estaca, etc.

Figura 07: Transferência de cargas – bloco de coroamento



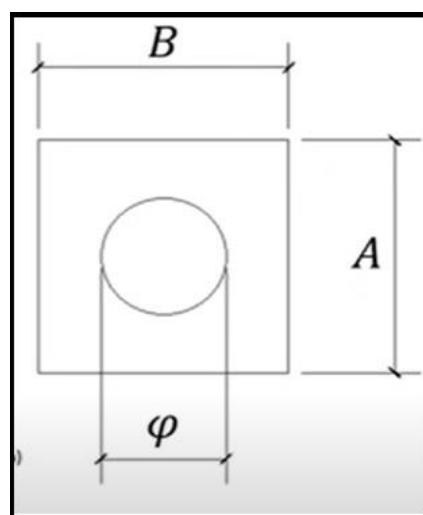
Fonte: Google imagens, 2023.

6.1 Dimensionamento geométrico do concreto do bloco de coroamento

A NBR 6122 (2010) determina que a menor projeção horizontal de um elemento de fundação, seja ele qualquer, é de 60cm, ou seja, o menor bloco de coroamento possível e admissível é de 60 x 60 cm. Adota-se a expressão:

$$A = B = 2 \phi \geq 60 \text{ cm}$$

Figura 08: Dimensionamento do bloco



Fonte: Google imagens, 2023.

6.2 Posicionamento da estaca

Como temos apenas 01 (uma) estaca, ela deve estar no centro de gravidade do bloco, para que no cálculo das bielas, ao calcular as armaduras, possa direcionar exatamente para o centro.

6.3 Projeção dos lados do bloco

Primeiramente, para informação, vemos que se trata de um bloco quadrado por ter apenas 01 estaca, então para cálculo da geometria, precisaremos de um recuo de 15 cm da face do bloco até a estaca (NELSO SCINEIDER, 2020). Logo:

$$B = \phi \text{ est} + 2,15$$

Utilizando valor de $\phi \text{ est} = 30 \text{ cm}$, temos:

$$B = 30 + 30 = 60 \text{ cm}$$

Observamos que comprimento dos lados do bloco depende diretamente do ϕ da estaca, ou seja, quanto maior o ϕ da estaca, maior será o bloco.

6.4 Projeção da altura do bloco

Quando trata-se da definição da altura do bloco de coroamento, temos que adotar o maior de um dos valores da seguinte equação (ANDRADE, 1989):

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \cdot \phi \text{ est} \\ lb + \phi sB + 10 \text{ cm} \end{cases}$$

Onde lb = comprimento de ancoragem, que depende do f_{ck} e da utilização ou não de gancho para ancoragem do aço do pilar.

sB = área do aço do Lado B

Sendo assim, utilizando a ancoragem para gancho, $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$, ϕ do aço que vem do pilar de 10 mm e observando os dados na tabela de comprimento de ancoragem (figura 09), temos

$$lb = 26 \cdot \phi sP, \text{ então } lb = 26\phi 1 = 26 \text{ cm.}$$

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ cm} \\ 26 + 1s + 10 \text{ cm (pedaço da estaca que entra no bloco)} = 37 \text{ cm} \end{cases}$$

O maior valor obtido foi de 37 cm, porém para trabalhar com valores mais exatos arredonda-se para 40 cm de altura. Então já planejamos um bloco de 60 x 60 cm com 40 cm de altura.

Figura 09: Tabela de comprimento de ancoragem

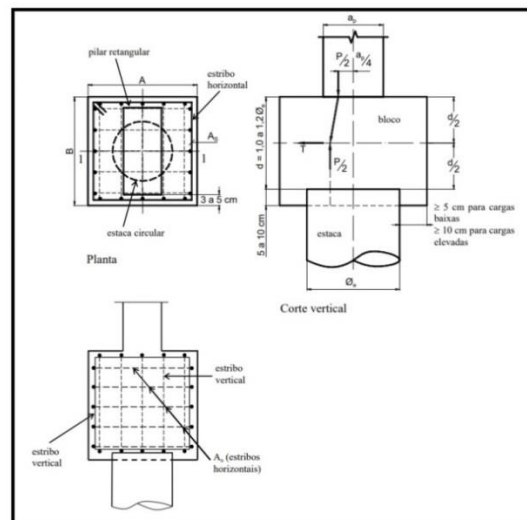
COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICO								
Concreto	Zona de Aderência	CA-50		CA-60			CA-25	
		Nervurado $\eta_1=2,25$		Liso $\eta_1=1,0$		Entalhado $\eta_1=1,4$	Liso $\eta_1=1,0$	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Com
C10	Má	99 ϕ	69 ϕ	268 ϕ	187 ϕ	191 ϕ	134 ϕ	78 ϕ
	Boa	69 ϕ	49 ϕ	187 ϕ	131 ϕ	134 ϕ	94 ϕ	55 ϕ
C15	Má	76 ϕ	53 ϕ	204 ϕ	143 ϕ	146 ϕ	102 ϕ	60 ϕ
	Boa	53 ϕ	37 ϕ	143 ϕ	100 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	42 ϕ
C20	Má	62 ϕ	44 ϕ	169 ϕ	118 ϕ	120 ϕ	84 ϕ	49 ϕ
	Boa	44 ϕ	31 ϕ	118 ϕ	83 ϕ	84 ϕ	59 ϕ	34 ϕ
C25	Má	54 ϕ	38 ϕ	145 ϕ	102 ϕ	104 ϕ	73 ϕ	42 ϕ
	Boa	38 ϕ	26 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	73 ϕ	51 ϕ	29 ϕ
C30	Má	48 ϕ	33 ϕ	129 ϕ	90 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	38 ϕ
	Boa	33 ϕ	23 ϕ	90 ϕ	63 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	27 ϕ
C35	Má	43 ϕ	30 ϕ	116 ϕ	81 ϕ	83 ϕ	58 ϕ	34 ϕ
	Boa	30 ϕ	21 ϕ	81 ϕ	57 ϕ	58 ϕ	41 ϕ	24 ϕ
C40	Má	39 ϕ	28 ϕ	106 ϕ	74 ϕ	76 ϕ	53 ϕ	31 ϕ
	Boa	28 ϕ	19 ϕ	74 ϕ	52 ϕ	53 ϕ	37 ϕ	22 ϕ
C45	Má	36 ϕ	25 ϕ	98 ϕ	69 ϕ	70 ϕ	49 ϕ	29 ϕ
	Boa	25 ϕ	18 ϕ	69 ϕ	48 ϕ	49 ϕ	34 ϕ	20 ϕ
C50	Má	34 ϕ	24 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	65 ϕ	46 ϕ	27 ϕ
	Boa	24 ϕ	17 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	46 ϕ	32 ϕ	19 ϕ

Fonte: https://www.ecivilnet.com/artigos/calculo_sapata_rigida_exercicio1_parte2.htm, 2022.

7. Armadura do bloco de coroamento

Conforme BASTOS (2023), a armadura principal do bloco de coroamento é composta por estribos horizontais fechados, servindo de resistência ao esforço de **fendilhamento** (esforço de tração transversal), e estribos verticais, nos dois sentidos direcionais do bloco.

As armaduras devem ser constituídas de estribos verticais nas duas direções e estribos horizontais, formando uma armadura tipo “gaiola” (PT.SCRIB, 2013).

Figura 10: Detalhe do trabalho das forças sobre as armaduras

Fonte: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Blocos.pdf>

7.1 Dimensionamento dos estribos horizontais

A área dos estribos na horizontal será calculado pela seguinte fórmula:

$$AeH = 0,10\%B.h \text{ logo:}$$

$$AeH = \frac{0,10}{100} \cdot 60 \cdot 40 = 2,4 \text{ cm}^2$$

O número de estribos horizontais é calculado pela área do estribo horizontal dividido pela área de uma barra (utilizando a barra de ϕ 10 mm como exemplo, teremos uma área de $0,78 \text{ cm}^2$), seguindo:

$$NeH = \frac{AeH}{A\phi SB} = \frac{2,4}{0,78} = 3,07 \text{ (aproximasse para 04 barras)}$$

O comprimento dos estribos horizontais (L) será 4 vezes o lado do bloco menos 2 vezes o cobrimento (5 cm) somando com 2 vezes a 10 de sobra, logo:

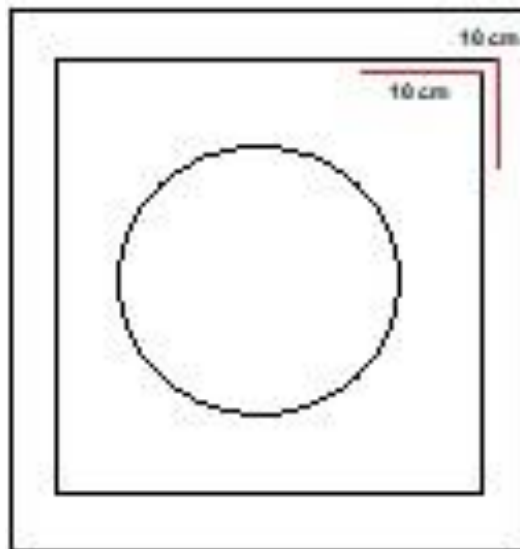
$$LEH = 4(B-2.C)+2.10$$

$$LEH = 4(60-2.5)+2.10$$

$$LEH = 220 \text{ cm}$$

Concluindo, temos 04 barras de 220 cm.

Figura 11: Detalhe transpasse do ferro para amarração do estribo



Fonte: Própria, 2023.

7.2 Dimensionamento dos estribos verticais

A área do estribo vertical será 0,15% do lado x altura do loco, então:

$$AEV = 0,15\%.B.H$$

$$AEV = \frac{0,15}{100} \cdot 60 \cdot 40 = 3,6 \text{ cm}^2$$

Para cálculo da quantidade de estribos verticais relacionamos a área dos estribos dividido pela área do ferro ($0,78 \text{ mm}^2$):

$$NEV = \frac{AEV}{A\phi b} = \frac{3,6}{0,78} = 4,61 \text{ (05 barras)}$$

Em definição do comprimento do estribo vertical será 2 vezes o lado do bloco menos 2 vezes o cobrimento somando com 2 vezes a altura menos 10 cm de estaca que entra no bloco menos o cobrimento somando com 2 vezes 10 (transpasse da ferragem):

$$LEV = 2.(B-2.C) + 2(h-10-C)+2.10$$

$$LEV = 2(60-2.5)+2(40-10-5)+2.10$$

$$LEV = 170 \text{ cm}$$

No caso de edificações de pequeno porte com cargas baixas do pilar, a armadura A_s resulta pequena e diâmetros como 4,2 ou 5 mm são geralmente suficientes para os estribos horizontais. Como consequência, por simplicidade os estribos verticais podem ser adotados com área igual à da armadura principal A_s , nas duas direções do bloco, e inclusive com o mesmo diâmetro. Para edifícios de múltiplos pavimentos, dependendo da carga vertical, do diâmetro e capacidade da estaca, etc., a dimensão A do bloco pode ser tomada como: $A = \phi_e + 2 \cdot 10 \text{ cm}$. Sendo a estaca circular o bloco resulta quadrado em planta, com $B = A$. No caso de edificações de pequeno porte, com cargas baixas sobre o bloco (casas, sobrados, galpões, etc.), a dimensão A do bloco em planta pode ser tomada como: $A = \phi_e + 2 \cdot 5 \text{ cm}$. Exemplo: para pilarete de sobrado e estaca com diâmetro $\phi_e = 20 \text{ cm}$, o bloco resulta com dimensões em planta de $30 \times 30 \text{ cm}$. Neste caso, o pilarete sobre o bloco deve ter seção transversal com dimensão máxima $\leq 25 \text{ cm}$, para que exista uma distância mínima de 2,5 cm entre a face do pilarete e a face vertical do bloco. Para pilaretes com dimensões maiores deve-se aumentar as dimensões do bloco em planta (BASTOS, 2023).

Considerações finais

As fundações são o principal elemento estrutural para estabilidade de uma obra. Durante o andamento do artigo proposto, foram citados alguns autores que colaboraram para uma melhor análise de estudo da engenharia de fundação em geral. Assim, conseguimos um conteúdo teórico de fundamental importância relacionado assunto.

Através dos resultados obtidos na pesquisa deste, conclui-se que o bloco sobre uma estaca atua como um elemento de transferência de carga, do pilar de seção qualquer para a estaca, também a conclusão da importância dos blocos para a locação correta de pilares, correção de pequenas excentricidades da estaca, uniformização da carga sobre a estaca, etc. sendo necessário realizar todos os estudos pautados nas Normas Brasileiras regulamentadores para, assim, definir a geometria dos blocos.

Visando otimizar a compreensão do conteúdo apresentados neste trabalho, foram elaborados os cálculos dos temas, no qual são demonstradas todas as variáveis que compõem a solução e entendimento do assunto.

Sendo assim, o estudo e acompanhamento deste artigo trará grande importância no tema proposto tanto para os alunos estudantes na graduação como também para os profissionais que

estejam interessados em melhorar o aprendizado na área de Engenharia de Fundações. Assim, o objetivo de estudar, dimensionar e detalhar estruturalmente os blocos de coroamento deu por concluído.

Referências

BASTOS, P. Sergio. **Blocos de Fundação**. Bauru – SP. Págs 1 – 73, outubro 2023.

Pt.scribd. **Bloco de Coroamento sobre estacas**. 2013. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/169546999/Blocos-de-Coroamento>>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

Detalhamento de vigas de concreto: seção transversal, 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/detalhamento-vigas-transversal/>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

E-Civil: **Artigos técnicos – Cálculo de fundação**. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/artigos/calculo_sapata_rigida_exercicio1_parte2.htm>. Acesso em: 14 nov. 2023.

PEREIRA, Caio. **Bloco de Coroamento: o que é, método de cálculo e execução**. Escola Engenharia, 2021. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/bloco-de-coroamento/>>. Acesso em: 8 de outubro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122 – Projeto de Execução de Fundações**. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8036:1983 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**.

HACHICH W. FALCONI F.F SAES J.L. RÉGIS G.Q. CARVALHO C.S. e NIYAMA SUSSUMU. **Fundações teoria e prática**. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1998.

ESCOLAENGENHARIA. Bloco de coroamento, 2021. Disponível em: <

CONSTRUÇÃO CIVIL. Bloco de coroamento sobre estacas, 2011. Disponível em: <<https://construcaociviltips.blogspot.com/2011/07/blocos-de-coroamento-dasestacas.html/>>. Acesso em: 10 out. 2023.

E-ZIGURAT. **Análise da classificação dos blocos de coroamento sobre estacas quanto à sua rigidez**, 2020. Disponível em: < <https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/classificacao-dos-blocos-de-coroamento-sobre-estacas-quanto-a-sua-rigidez/>>. Acesso em: 17 out. 2023.

NELSOSCINEIDER. **Bloco de coroamento: Definição, aspectos técnicos e normativos de dimensionamento**, 2020. Disponível em: < <https://nelsoschneider.com.br/bloco-de-coroamento/>>. Acesso em: 17 out. 2023.

MUNHOZ FABIANA STRIPARI. **Análise do comportamento de blocos de concreto armado sobre estacas submetidos à ação de força centrada**. São Carlos – SP. Págs 1 – 160, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento, NBR 8681**. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

ETESCO. **Construção e gerenciamento: Quais são os diferentes tipos de sondagem do solo?**, 2021. Disponível em: < <https://etesco.com.br/quais-sao-os-diferentes-tipos-de-sondagem-do-solo/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANDRADE, J. R. L. (1989). **Dimensionamento estrutural de elementos de fundação**. Notas de aula. São Paulo. EESC/USP.

PEREIRA Gabriela Santana. NETO Osvaldo Santo Ribeiro. LIMA Paulo Victor Carneiro Rios. **Análise de avaliação técnica e econômica de blocos sobre estacas em relação à sapatas isoladas: Estudo de caso na região comercial de Feira de Santana - Bahia**. Feira de Santana - BA. Págs 1 – 25, dezembro 2022.

BRASILESCOLA. **Geografia física: solo**, 2011. Disponível em: < <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/o-solo.htm/>>. Acesso em: 03 set. 2023.

CRAVESTAKCONSTRUÇÃOSECOMÉCIO. **Sondagens a percussão SPT Mauá**, 2021. Disponível em: < <https://engenharia.cravestak.com.br/sondagens-tipo-spt/sondagem-a-percussao-spt/sondagens-a-percussao-spt-maua, 2023/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CERAMICAMONACO. Fundações profundas: conheça os principais tipos e quando usar, 2023. Disponível em: < <https://ceramicamonaco.com.br/blog/fundacoes-profundas//>>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE SURVEILLANCE SA – SGS. Ensaaios de penetração de cone (CPT), 2023. Disponível em: <<https://www.sgs.com/pt-br/services/ensaios-de-penetracao-de-cone-cpt/>>. Acesso em: 19 nov. 2023.