

DIMENSIONAMENTO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS

FLÁVIO LUIS DE OLIVEIRA

e-mail: Flavinhoybr@gmail.com

VITOR HUGO DE ALMEIDA PINHEIRO

e-mail: Victorhugoalmeidapinho@gmail.com

Orientador: Marcelo Cavalcanti

Alunos do curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista.

Professor Orientador Marcelo Cavalcanti, Curso de engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista.

RESUMO

A determinação do tipo de fundação utilizado em uma construção depende de diversos fatores, entre eles, condições técnicas e econômicas, tipo de solo, as cargas atuantes.

As fundações estão divididas em dois grupos, as fundações superficiais e as profundas.

As estacas e tubulões estão no grupo das fundações profundas e são utilizados quando as camadas mais resistentes do solo são profundas. Quando adotado este tipo de fundação é necessário a construção de um elemento para transferir as cargas atuantes até as estacas ou tubulões, este elemento é denominado blocos de fundação.

A maior parte de pesquisas sobre blocos de fundação envolvem pilares com seções regulares bem conhecidas, portanto o caminho das cargas até as estacas ou tubulões já estão bem definidos. As dúvidas existentes sobre o caminho das cargas até as estacas ou tubulões, aparecem quando se possui um pilar de seção composta, como por exemplo, pilar com seção "L", faz com que este trabalho seja interessante e de grande importância para engenharia civil.

Neste trabalho dois blocos foram analisados, para isto iniciou-se verificando as suas dimensões, posterior a isto os dois modelos foram dimensionados e suas armaduras foram detalhadas. Para o dimensionamento foi utilizado duas teorias distintas, (teoria tirante biela e teoria da flexão), os resultados obtidos nos dois cálculos foram comparados. Todos os cálculos necessários para análise estão apresentados no trabalho. Para obter conhecimento sobre o tema foi realizada uma revisão bibliográfica.

Palavras-chave: Dimensionamento, Blocos de Fundação, Pilares de seção composta.

SUMMARY

Determining the type of foundation used in a construction depends on several factors, including technical and economic conditions, soil type, loads.

Foundations are divided into two groups, shallow foundations and deep foundations.

The piles and pipes are in the group of deep foundations and are used when the most resistant layers of the soil are deep. When this type of foundation is adopted, it is necessary to construct an element to transfer the loads acting to the piles or pipes, this element is called foundation blocks.

Most research on foundation blocks involves columns with well-known regular cross-sections, so the load path to the piles or pipes is already well defined. Existing doubts about the path of loads to the piles or pipes, appear when you have a column with a composite section, such as a column with an "L" section, makes this work interesting and of great importance for engineering civil.

In this work two blocks were analyzed, for this it started by verifying their dimensions, after that the two models were dimensioned and their structures were detailed. For the design, two different theories were used, (the strut theory and the bending theory), the results obtained in the two calculations were compared. All calculations necessary for analysis are presented in the work. To obtain knowledge on the subject, a literature review was carried out.

Keywords: Design, Foundation Blocks, Composite Section Columns.

INTRODUÇÃO

Tanno (2012) aponta que na construção de uma edificação a escolha do tipo de fundação é de suma importância, pois ela suporta toda carga, transmitindo as ações provenientes da superestrutura ao solo. A fundação, pois, é que a manterá fixa e nivelada no terreno.

Ao projetar uma estrutura, como aponta Lopes (2011) são imprescindíveis a realização de sondagem do terreno e a análise das cargas a serem transmitidas ao solo. Deve-se ainda considerar as posições das edificações limítrofes e os aspectos econômicos, para a partir daí determinar qual elemento estrutural será o indicado (Oliveira 2009). Segundo Carvalho e Pinheiro (2013) também é fundamental um detalhamento correto da armadura para conferir a estabilidade necessária, boa funcionalidade e durabilidade à edificação. Essas análises garantirão de forma permanente a estabilidade que a mesma suporta com um coeficiente de segurança adequado.

Ainda segundo Oliveira (2009) “as fundações em estacas são adotadas quando o solo em suas camadas superficiais não é capaz de suportar ações originadas na superestrutura, sendo necessário, portanto buscar resistência em camadas mais profundas”. A NBR 6122:1996, item 3.8 define a fundação profunda como:

“fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3m, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões”(NBR 6122:1996, p.2).

Delibera (2006) destaca que quando for necessária a utilização de fundação em estacas, deve-se utilizar outro elemento estrutural de transição, o bloco de coroamento, que no caso de estacas, denominado bloco sobre estacas.

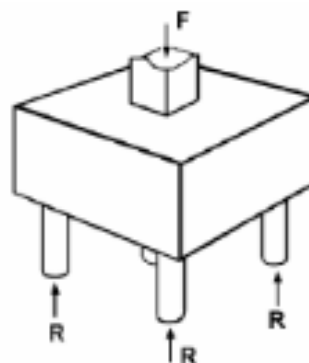


Figura 1 Bloco sobre estacas – Fonte De libera (2003)

A NBR 6118:2014, em seu item 22.7.1 conceitua os blocos sobre estacas como estruturas usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação conforme indicam a figura 2.

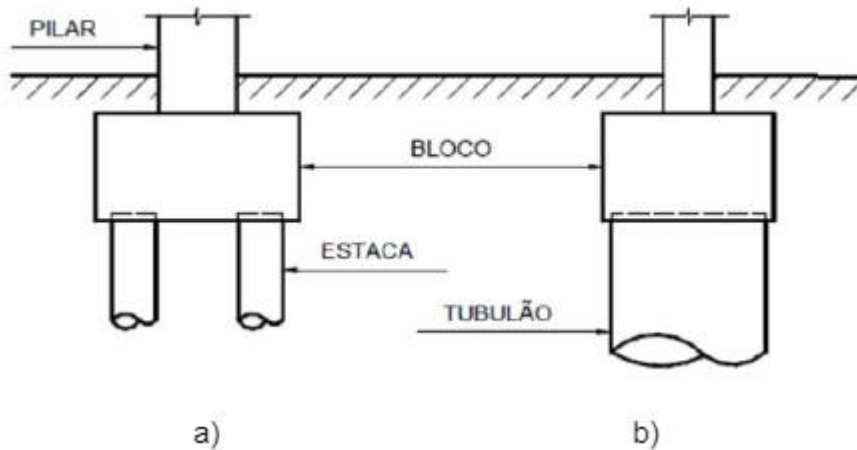


Figura 2 Bloco sobre: a) estacas; b) tubulão – Fonte: Fonte: Alva 2007

Para o dimensionamento dos blocos sobre estacas, a ponta Alva (2007), faz-se necessária a análise do comportamento estrutural desses elementos e classificá-los em blocos rígidos ou flexíveis. A figura e a baixo indica os critérios matemáticos para que o bloco seja considerado rígido.

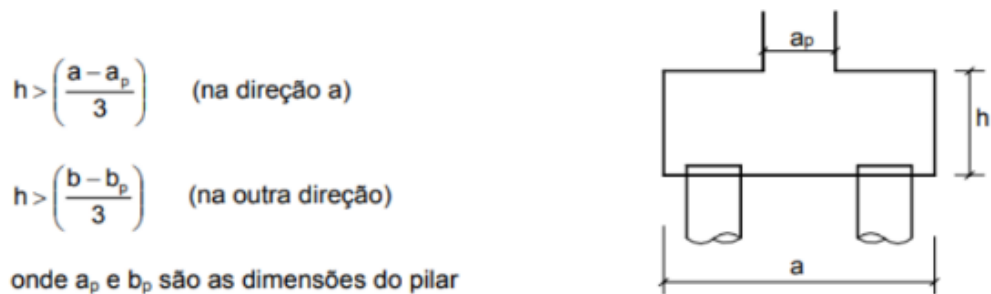


Figura 3 Condições para blocos e sapatas rígidas. (N BR 6118:2014, item 26.6.1) Fonte: Alva 2007

De acordo com Alva (2007), os blocos rígidos são mais utilizados que os flexíveis, sendo o método de cálculo utilizado para os flexíveis, o similar ao das sapatas flexíveis – o método clássico da flexão (balanços). Para os blocos rígidos, o método mais apropriado baseia-se nos modelos de biela e tirante.

O presente artigo fará um estudo sobre os blocos rígidos desenvolvendo um roteiro de cálculo usando software chamado solidworks das armaduras principais e complementares de blocos de uma a três estacas, utilizando a metodologia de estudo de caso.

Referencial teórico para o dimensionamento de blocos de 3 estacas 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 que agravam o grau de complexidade da análise. Para Fusco (1930) a princípio, os blocos de fundação devem ser peças suficientemente rígidas para que sua deformidade não afete os esforços atuantes na superestrutura nem no próprio terreno de fundação. Para que isso ocorra, a altura do bloco deve permitir a transmissão direta da carga, desde a base do pilar no topo do bloco até o topo das estacas na base do bloco, por meio de bielas comprimidas. De acordo com a NBR 6118 (item 22.2.7.1), o comportamento estrutural dos blocos rígidos é caracterizado por:

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.”

De acordo com a referida norma e apoiados em resultados experimentais dos estudos de Blévy e Frémy (1967), admite-se, na grande maioria dos casos, a hipótese de blocos rígidos, aplicando-se a chamada “teoria das bielas” como hipótese de encaminhamento dos esforços de compressão do pilar até a cabeça das estacas, por dentro do bloco (ALMEIDA 2004).

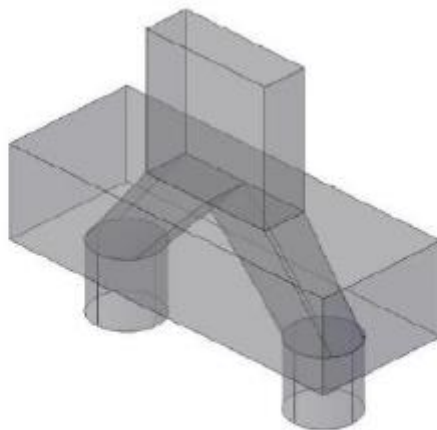


Figura 4 – bielas de concreto no bloco sobre duas estacas.
Fonte: (Bastos 2017)

Conforme já mencionado, no dimensionamento dos blocos, aplica-se o método das bielas, com a carga do pilar sendo transmitidas às estacas através de bielas de concreto comprimidas, ou seja, a carga proveniente do pilar é transmitida pelo seu interior até as estacas através de “bielas” e comportam-se como se fossem as barras da treliça espacial existente no interior do bloco e essa carga, que chega inclinada da estaca, faz com que as estacas se afastem entre si, criando tensões que são absorvidas pelas barras entre as estacas, os “tirantes”. O número de estacas do bloco está relacionado com a magnitude dos esforços solicitantes na base do

pilar e a capacidade geotécnica do solo e da capacidade portante das estacas, sua resistência lateral e de ponta. (Oliveira, Barros e Gioigo 2014).

O objetivo do dimensionamento é evitar o escoamento da armadura do tirante e evitar o encurtamento último do concreto comprimido das bielas. Devido a diferenças de esforços e de área de seção transversal, a tensão na biela de compressão deve ser verificada junto ao pilar e junto à estaca, conforme aponta Almeida (2004). Considere um pilar é de seção retangular, cujo centro geométrico é coincidente com o centro geométrico do bloco. O esquema de forças é analisado segundo uma das medianas do triângulo formado, conforme indicado na figura 5 abaixo

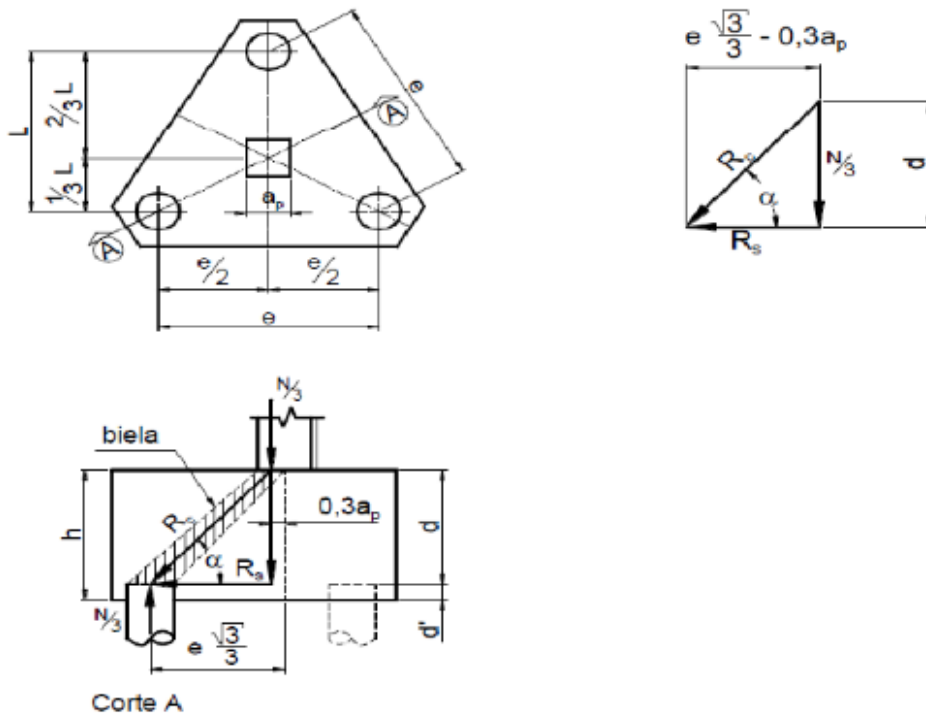


Figura 5 – Diagrama de cargas atuantes nos blocos sobre três estacas – Fonte: Bastos (2017)

Para o dimensionamento da armadura principal A_s , devemos determinar a resultante atuante no aço R_s . Sendo assim considere o triângulo retângulo indicado na Figura 5, de onde podemos obter as seguintes equações:

- $$tg\alpha = \frac{\frac{N}{3}}{R_s} = \frac{d}{e\frac{\sqrt{3}}{3} - 0,3a_p}$$
- $$R_s = \frac{N}{9} \left(\frac{e\sqrt{3} - 0,9 a_p}{d} \right)$$
- $$R_c = \frac{N}{3 \text{ sen } \alpha}$$

Para pilares retangulares de lados a_p e b_p , pode-se adotar o pilar de seção quadrado que possui a mesma área $a_p \cdot b_p$, este pilar é denominado pilar quadrado de seção equivalente. Sendo assim o lado deste pilar quadrado é dado por:

$$a_{p,eq} = \sqrt{a_p \cdot b_p}$$

Altura Útil Os estudos de Blévoit e Frémy (1967) apontam que o ângulo α , da biela de compressão, pode assumir valores de 45° e 55° , com isso temos:

$$0,58 \left(e - \frac{a_p}{2} \right) \leq d \leq \left(e - \frac{a_p}{2} \right), \text{ portanto:}$$

$$d_{\min} = 0,58 \left(0,9 - \frac{0,37}{2} \right) = 41,47 \text{ cm (caso } \alpha = 45^\circ)$$

$$d_{\max} = 0,9 - \frac{0,37}{2} = 58,99 \text{ cm (caso } \alpha = 55^\circ)$$

A altura h do bloco pode ser determinada, segundo Bastos (2017) pela soma $d + d'$:

$$d' \leq \left\{ 5 \text{ cm } \frac{a_{est}}{5} \right.$$

Verificação das Bielas A seção ou área das bielas varia ao longo da altura do bloco e, por isso, são verificadas as seções junto ao pilar e junto às estacas.

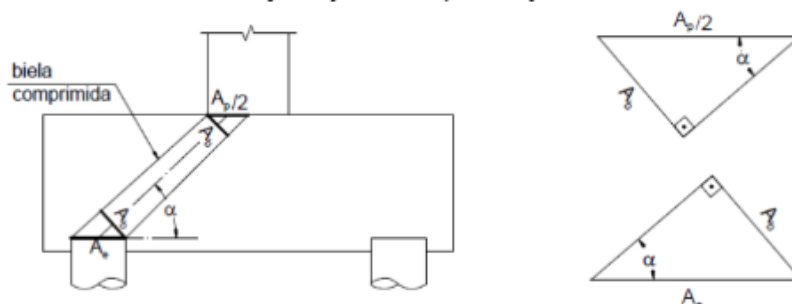


Figura 6 – Área da biela (A_b) de concreto comprimido, na base do pilar e no topo da estaca.

A seção ou área (Figura 5) das bielas varia ao longo da altura do bloco e, por isso, são verificadas as seções junto ao pilar e junto às estacas.

No pilar:

$$\text{sen } \alpha = \frac{A_b}{\frac{A_p}{3}} \rightarrow A_b = \frac{A_p}{3} \text{sen } \alpha$$

Na estaca:

Onde:

- A_b = área da biela;
- A_p = área do pilar;
- A_e = área da estaca.

Considerando a equação básica de tensão ($\sigma_{cd} = \frac{R_{cd}}{A_b}$), a tensão de compressão na biela, relativa ao pilar e à estaca, é:

- no pilar:

$$\sigma_{cd,b,pil} = \frac{N_d}{3 \operatorname{sen} \alpha \frac{A_p}{3} \operatorname{sen} \alpha} = \frac{N_d}{A_p \operatorname{sen}^2 \alpha}$$

- na estaca:

$$\sigma_{cd,b,est} = \frac{N_d}{3 \operatorname{sen} \alpha A_c \operatorname{sen} \alpha} = \frac{N_d}{3 A_c \operatorname{sen}^2 \alpha} =$$

A tensão última ou máxima pode ser adotada com o seguinte valor empírico (experimental), adotado por Blévoit e Frémy (1967), é dada por:

$$\sigma_{cd,b,lim,pil} = \sigma_{cd,b,lim,est} = 1,75 K_R f_{cd}, \text{ onde } K_R \text{ é uma constante que pode variar entre } 0,9 \text{ e } 0,95, \text{ inclusive.}$$

A condição de segurança será atendida se:

$$\sigma_{cd,b,pil} \leq \sigma_{cd,b,lim,pil} \text{ e } \sigma_{cd,b,est} \leq \sigma_{cd,b,lim,est}$$

Armadura Principal Segundo Tanno (2012), com base nos ensaios de Blévoit e Frémy (1967), existem diferentes modos de posicionamento e detalhamento da armadura principal nos blocos sobre três estacas, conforme descrito na abaixo:

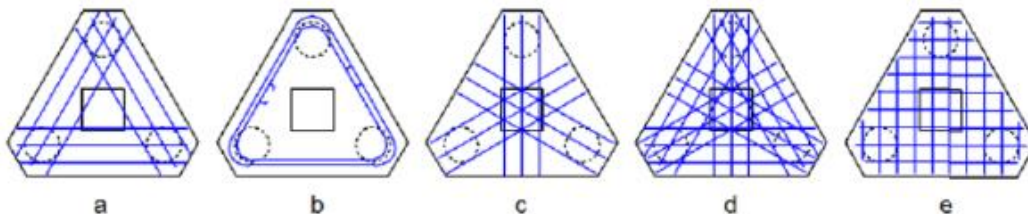


Figura 7 – Arranjos das armaduras nos blocos sobre 03 estacas – Fonte Blévoit

Armaduras segundo os lados, formando um triângulo:

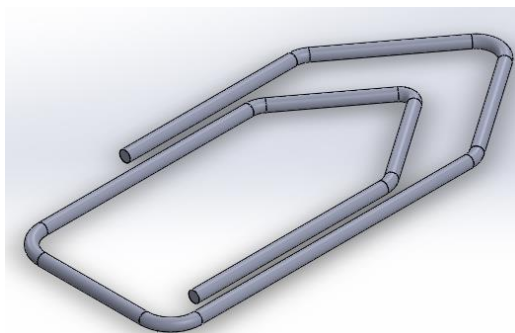
- a) Armadura paralela aos lados unindo as estacas (armadura em cinta);
- b) Armadura sobre as medianas do triângulo;
- c) Combinação da armadura em “a” e armadura em “c”;
- d) Armadura em malha.

METODOLOGIA

Antes de iniciar o projeto de **dimensionamento de blocos de concreto armado sobre duas estacas**, definimos junto com o Orientador qual software que era possível desenvolver e mostrar resultados que satisfazia estudos realizados por Blévo e Frémy (1967). Para isso, o software que definimos foi BS SOLIDWORKS. Após, realizou-se consultas bibliográficas por meio da biblioteca USF (Universidade São Francisco), Campus de Bragança Paulista com a finalidade de encontrar “manual” de desenvolvimento para este fim.

Através do livro Tutoriais de Modelagem 3D dos autores Edison Rohleder, Henderson José Speck e Júlio César da Silva (2011), criou-se peça de metal, como por exemplo, Figura 8 – clips de papel. Com esse primeiro contato prático, contribuiu para sanar dúvidas e dificuldades no qual havia tido ao iniciar o projeto.

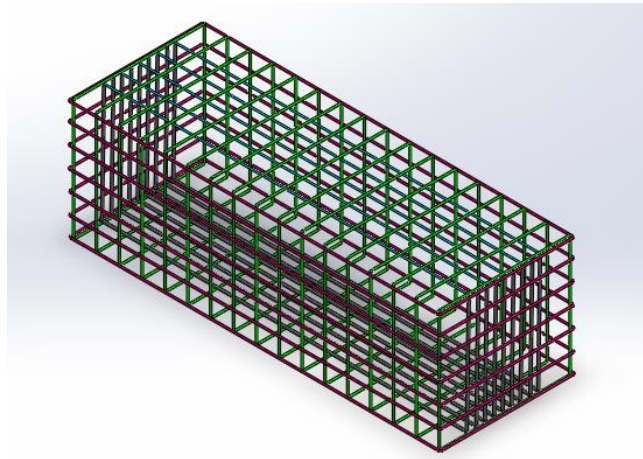
Figura 8 – Clips de papel



Fonte: Autor

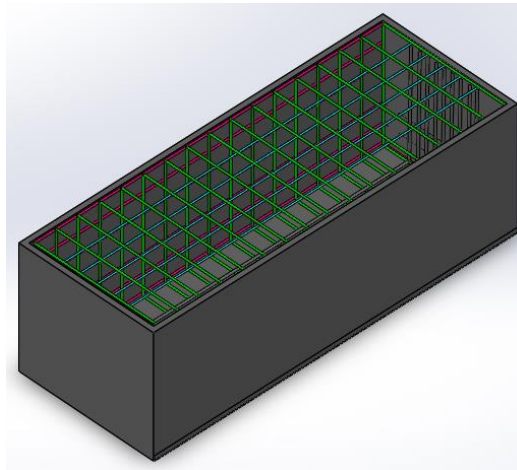
Após o modelo de exemplo, criou-se o bloco com as armaduras (Figura 9 e 10), onde foram definidas as armaduras, que são: Cor (Cinza) – armadura principal com 7 barras de $\text{Ø}12,5$ mm, comprimento de 3,384 m; Cor (Verde) – estribos com 17 barras de $\text{Ø}10,0$ mm, comprimento de 2,72 m; Cor (Rosa) – armadura de pele com 7 barras de $\text{Ø}10,0$ mm, comprimento de 5,36 m e Cor (Azul) – armadura superior com 5 barras de $\text{Ø}8,0$ mm, comprimento de 2,02 m. Além de definir o cobrimento de 0,03m de concreto nas partes superior e inferior e nas laterais conforme exigências da ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.

Figura 9 – Detalhamento das armaduras



Fonte: Autor

Figura 10 – Armaduras com cobertura



Fonte: Autor

CONCLUSÃO

O roteiro de cálculo manual auxilia no dimensionamento, pois estabelece critérios e uma ordem das ações, que eventualmente diminui erros de projeto. Porém, evidencia-se a necessidade de se maximizar o tempo de cálculo do dimensionamento, pois em um projeto estrutural temos muitos pilares e blocos com cargas diferentes, com isso, fazer todos manualmente demanda muito tempo, além de aumentar a probabilidade de eventuais erros. Com isso, desenvolvendo uma planilha no Excel ou até mesmo um Software para efetuar o dimensionamento e detalhamento das armaduras de blocos de concreto armado sobre estacas é de

fundamental importância, aumentando assim, a produtividade e minimizando erros de cálculo. Vale ressaltar que o cálculo manual fornece a competência e a habilidade para o engenheiro civil ter uma expectativa das respostas, isto é primordial, pois software e planilhas podem fornecer resultados incorretos caso sejam manipulados sem o devido conhecimento da teoria utilizada para seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força e perseverança durante o curso e pela vitória de me formar como Engenheiro Civil.

Ao meu orientador Prof. Marcelo Cavalcanti da Silva, pelo apoio e incentivo a minha pesquisa e pela oportunidade de poder desfrutar um pouco de seus conhecimentos.

A minha Professora Cândida Maria Costa Baptista, pelo auxílio no desenvolver do meu trabalho e por todo ensinamento transmitido a nós, alunos, ao longo do curso.

A minha mãe Edna e minha esposa Katarina, por todo o carinho, dedicação e esforço na concretização de um sonho que hoje podemos desfrutar juntos.

A todos os meus colegas de sala: pelos anos de experiência que passamos juntos nesses últimos cinco anos; pelos momentos vividos; pelas agradáveis lembranças que nunca sairão do meu coração e pela eterna amizade consolidada entre todos nós.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste artigo.

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me trazido até aqui com boa saúde e disposição em querer aprender cada vez mais, que é o essencial para mim – o conhecimento.

Segundo, quero agradecer imensamente a minha mãe por ter contribuído na minha formação como um bom cidadão e um bom marido.

Terceiro, quero agradecer a minha esposa Jamily Fábiana de Lima Almeida por ter contribuído na essência do meu ser – compaixão, companheirismo e lealdade.

E por fim, agradecer imensamente ao Coordenador Marcelo Silva, professores e mestres que contribuíram na minha formação, compartilhando seus conhecimentos e experiências de vida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). **NBR 6118:2014 – Procedimento Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro. Acesso em: 25.10.2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1996). **NBR 612 2:2014 – Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro. Acesso em: 25.10.2022.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M.. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: volume 2. 2. Ed. São Paulo: Pini, 2013 p. 462. Acesso em: 25.10.2022.

TANNO, D. C. S.. **Blocos de concreto sobre estacas posicionados nas divisas de terre nos: es tudo analítico e análise numérica linear**. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Ciências, engenharia de Estru turas) – E scola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, SÃO Pau lo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-03072012-101640/en.php>. Acesso em 25.10.2022.

DELIBERA, R. G. **Análise numérica e experimental de blocos de concreto armado sobre duas estacas submetidas à ação de força centrada e excêntrica**. São Carlos, 2006. Tese (Doutoramento) – Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 2006. Acesso em: 25.10.2022. Disponível em :<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-19072006-093551/pt-br.php>. Acesso em: 25.10.2022.

CAMPOS, J. C. de. **Elementos de fundações em concreto**. São Pa ulo: Of icina de textos, 2015. Acesso em: 25.10.2022.

BASTOS, P. S. S.. **Blocos de Fundação**. Notas de aula. Bauru: Unesp, 2017. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Blocos.pdf> acesso em 25.10.2022.

FUSCO, P. B., 1930. **Técnica de armar as estruturas de concreto** – São Paulo: Pini, 1995.

ALVA, G. M. S., **Projeto Estrutural de Blocos s obre estacas – Estruturas de Concreto**. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Departamento de Estruturas e Construção Civil Disciplina: ECC 1008. Disponível em: http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Apostila_Blocos.pdf. Acesso em 25.10.2019

ALMEIDA, L. C., **Blocos sobre Estacas – Notas de aula do Curso de EC 802 da FEC – UNICAMP**. Campinas SP. Disponível em http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Blocos%20sobre%20estacas/Blocos_sobre_estacas.pdf. Acesso em 25.10.2022.

OLIVEIRA, D. S. de; BARROS, R.; GI ONGO, J. S.. **Blocos de concreto armado sobre seis estacas: simulação numérica e dimensionamento pelo método de bielas e tirantes**. (Artigo) Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. On-line version IS SN 1983-41 95: Vol 7 nº 1 São Paulo Feb 2 014. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952014000100002.
Acesso em 25.10.2022.

ROHLER, EDISON; JOSÉ SPECK, HENDERSON; CÉSAR DA SILVA, JÚLIO.
Tutoriais de Modelagem 3 D Utilizando o SolidWorks 3. – Florianópolis: Visual
Books, 2011. Acesso em 11.10.2022.