



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

**CLAUDIMIRO ALMEIDA MORENO JUNIOR
WERBETH FERREIRA RODRIGUES**

**CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE BLOCOS DE COROAMENTO SOBRE
ESTACAS PELO MÉTODO DAS BIELAS E TIRANTES**

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**CLAUDIMIRO ALMEIDA MORENO JUNIOR
WERBETH FERREIRA RODRIGUES**

**CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE BLOCOS DE COROAMENTO SOBRE
ESTACAS PELO MÉTODO DAS BIELAS E TIRANTES**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof: Me. Mauro Alexandre Paula de Sousa

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**CLAUDIMIRO ALMEIDA MORENO JUNIOR
WERBETH FERREIRA RODRIGUES**

**CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE BLOCOS DE COROAMENTO SOBRE
ESTACAS PELO MÉTODO DAS BIELAS E TIRANTES**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentada e defendida em 06 / 12 / 2017 (x) APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador: Prof.^a Me. Mauro Alexandre Paula de Sousa

Prof.^a Me. Larissa Jácome Barros Silvestre

Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus. Ele Primeiro nos Amou. Sem suas Bênçãos, jamais conseguiríamos.

Aos nossos Pais, que não mediram forças para colocarmos no melhor lugar;

Aos nossos irmãos, por sempre achar que somos mais, do que nos vemos;

Aos amigos, por sempre fazer algo que não tinham obrigação;

Aos parceiros de curso, pela colaboração nas atividades, provas e amizade;

Aos professores do curso, em especial o nosso orientador, que exigiu o melhor de nós para a realização deste trabalho. E a professora da disciplina, com sua maneira única de despertar-nos para fazê-lo da forma correta;

A todos que se sentiram impelidos a torcer, a motivar e advertir-nos para chegarmos até aqui.

Somos muito gratos a todos vocês, não conseguiríamos expressar em palavras, a importância e o valor de cada um, mas desde já, oferecemos a todos vocês, os nossos sinceros agradecimentos. Obrigado.

RESUMO

As fundações são estruturas complexas devido ao seu material de suporte, o solo, reagir de forma variável aos esforços recebidos. Os blocos de fundações são estruturas que interligam o pilar às estacas ou tubulões, possibilitando a distribuição da carga a esses elementos de fundação profunda. O dimensionamento dos blocos demanda uma série de critérios e fórmulas, sendo o método das bielas e tirantes o mais usado para o seu cálculo. O método das bielas e tirantes, consiste em um trabalho extenso que segue diversos parâmetros de cálculo, onde destacam-se: a delimitação da altura útil segundo o ângulo mínimo e máximo de inclinação das bielas; cálculo da armadura de tração; verificação das tensões de compressão do concreto nas bielas; entre outros. Esses procedimentos de dimensionamento dessas estruturas, são passíveis de erros e omissões por parte dos projetistas, devido as muitas repetições e informações envolvidas. Para agilizar o cálculo de blocos sobre estacas propôs-se a criação de uma ferramenta capaz de realizar todas estas etapas automaticamente através da linguagem de programação do *Visual Basic for Applications* (VBA) aplicado a planilha eletrônica do *Microsoft Office Excel*. O VBA automatiza os cálculos do bloco permitindo a obtenção do detalhamento de armaduras e formas do bloco. Através da ferramenta criada foi possível realizar o cálculo dos blocos a que ela se propôs a fazer, gerando os detalhamentos de armadura e de forma. A ferramenta também considera a ação de momentos fletores muitas vezes omitidos nos cálculos, sendo, portanto, uma ferramenta que consegue ser útil no ambiente de graduandos e de profissionais em problemas de média complexidade.

Palavras-chaves: Fundações. Estruturas. Blocos de fundação. Dimensionamento. Método das Bielas. VBA.

ABSTRACT

The foundations are complex structures due to their support material, the soil, to react variably to the efforts received. The foundation pile caps are structures that interconnect the column to the piles or caissons, allowing the distribution of the load to these deep foundation elements. The dimensioning of the pile caps demands a series of criteria and formulas, being the strut and tie method the most used for its calculation. The strut and tie method consists of an extensive work that follows several parameters of calculation where they stand out: the delimitation of the useful height according to the minimum and maximum angle of inclination of struts; calculation the steel bars strength; the concrete checked the compressive stresses of struts; among others. These procedures for sizing these structures are subject to errors and omissions on the part of the designers, due to the many repetitions and the information involved. To expedite the calculation of pile caps on piles is proposed the creation of a tool capable of performing all these steps automatically through the programming language of Visual Basic for Applications (VBA) applied to the Microsoft Office Excel spreadsheet. VBA automates the pile caps calculations allowing you to obtain the detailing of reinforcement and shapes of the piles cap. Through the tool created, it was possible to calculate the pile caps that she set out to do generating the armor and shape details. The tool also considers the action of bending loads often omitted in the calculations, and is therefore a tool that can be useful in the environment of undergraduates and professionals in problems of medium complexity.

Keywords: Foundations. Structures. Foundation pile caps. Dimensioning. Strut and tie method. VBA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bloco de Fundação	16
Figura 2 – Exemplo de um radier.....	17
Figura 3 – Sapata isolada	17
Figura 4 – Sapata associada.....	17
Figura 5 – Sapata corrida.....	18
Figura 6 – Cravação de estaca de concreto pré-moldado.....	19
Figura 7 – Escavação de estaca com perfuratriz	19
Figura 8 – Execução estaca Mega ou Prensada	20
Figura 9 – Execução estaca Raiz	20
Figura 10 – Execução estaca injetada.....	21
Figura 11 – Execução estaca escavada mecanicamente.....	21
Figura 12 – Execução estaca Strauss	22
Figura 13 – Caçamba escavando estaca com fluido estabilizante.....	22
Figura 14 – Execução de estaca Franki	23
Figura 15 – Exemplos de estaca Mista	23
Figura 16 – Cravação de estaca Metálica	24
Figura 17 – Execução estaca Hélice contínua.....	24
Figura 18 – Execução estaca Hélice contínua com deslocamento	25
Figura 19 – Trado vazado segmentado	25
Figura 20 – Execução de Tubulão a céu aberto.....	26
Figura 21 – Execução do Tubulão a ar comprimido	26
Figura 22 – Bloco em três dimensões.....	27
Figura 23 – Esquema das bielas e dos tirantes em um bloco.....	29
Figura 24 – Espaçamento entre estacas	30
Figura 25 – Espaçamento máximo de estaca a face do pilar	31
Figura 26 – Indicação dos espaçamentos (c') e (c'')	31
Figura 27 – Dimensão mínima do centro da estaca a face do bloco	32
Figura 28 – Modelo de cálculo para bloco sobre estacas.....	33
Figura 29 – Polígono das forças	34
Figura 30 – Posição da face da estaca no bloco	35
Figura 31 – Altura da armadura principal no bloco	35
Figura 32 – Parâmetros de Geometria dos Blocos	35
Figura 33 – Definição do ponto de início das bielas no pilar	36
Figura 34 – Posição de início das bielas em pilares de seção alongada.....	37
Figura 35 – Esquema de bloco para cálculo das reações das estacas.....	37
Figura 36 – Exemplos de blocos sobre muitas estacas	38
Figura 37 – Análise realizada em bloco sobre 16 estacas, em solo tipo muito rígido (c)	39
Figura 38 – Dimensões para verificação de bloco rígido	40
Figura 39 – Posição da seção S1A e S1B	41
Figura 40 – (a) seção S2 padrão, (b) seção S2 imposta.....	42
Figura 41 – Detalhamentos das seções do cortante no bloco	43
Figura 42 – Detalhe de posicionamento da seção S2 '	44
Figura 43 – Faixa de disposição da armadura principal sobre a estaca	46
Figura 44 – Detalhe do posicionamento do arranque do pilar	48
Figura 45 – Esquema da força da biela aplicada a área junto ao pilar.....	49
Figura 46 – Esquema força da biela aplicada a área junto a estaca	50
Figura 47 – Janela do Visual Basic Editor no <i>MS Excel</i>	52
Figura 48 – Exemplo de Sub procedure	52
Figura 49 – Exemplo de Function procedure.....	52

Figura 50 – Forma de observar a gravação de macros	53
Figura 51 – Interface de escolha do tipo de bloco no programa.....	54
Figura 52 – Imagem de um bloco gerada pelo <i>MS Excel</i> através das coordenadas inseridas	55
Figura 53 – Inserção do formulário do bloco de duas estacas na linha de código	55
Figura 54 – Imagem de um bloco pre-visualizado após o calculo.....	56
Figura 55 – Detalhamento da armadura do bloco em planta	56
Figura 56 – Pagina de entrada de dados do programa.....	57
Figura 57 – Limitações para os blocos: (a) bloco de 01 estaca e (b) bloco de 02 e 03 estacas linear	58
Figura 58 – Sugestão quando o espaçamento é insuficiente em relação ao diâmetro do agregado.....	59
Figura 59 – Campos de espaçamento do bloco, diâmetro e capacidade de carga da estaca	59
Figura 60 – Aviso do programa sobre a capacidade de carga da estaca menor que a solicitante.....	60
Figura 61 – Botão mudar bloco	60
Figura 62 – Dados do exemplo da apostila.....	61
Figura 63 – Planta do exemplo da apostila.....	62
Figura 64 – Detalhamento de armadura, corte e forma do bloco do exemplo da apostila	63
Figura 65 – Dados da apostila no programa.....	64
Figura 66 – Detalhamento de armadura em planta do bloco da apostila pelo programa	65
Figura 67 – Detalhamento da armadura em corte do bloco da apostila pelo programa	65
Figura 68 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco da apostila pelo programa	66
Figura 69 – Comparativo entre os valores da armadura principal.....	66
Figura 70 – Comparativo entre os valores da armadura de pele	67
Figura 71 – Comparativo entre os valores da armadura de suspensão.....	67
Figura 72 – Comparativo entre os valores das dimensões	68
Figura 73 – Escolha do bloco 01 no programa.....	69
Figura 74 – Dados inseridos no programa	69
Figura 75 – Armadura principal em planta	70
Figura 76 – Armadura em corte: armadura de pele.....	70
Figura 77 – Dimensões de forma.....	71
Figura 78 – Inserção dos dados do bloco de 02 estacas no programa.....	72
Figura 79 – Detalhamento do bloco de 02 estacas em planta.....	72
Figura 80 – Detalhamento do bloco de 02 estacas em corte	73
Figura 81 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco de 02 estacas.....	73
Figura 82 – Inserção dos dados no programa.....	74
Figura 83 – Detalhamento de armadura do bloco de 03 estacas em planta	75
Figura 84 – Detalhamento da armadura do bloco de 03 estacas em corte	75
Figura 85 – Detalhamento das formas do bloco de 03 estacas.....	76
Figura 86 – Inserção dos dados do bloco de 10 estacas.....	77
Figura 87 – Detalhamento da armadura do bloco de 10 estacas em planta	77
Figura 88 – Detalhamento do bloco de 10 estacas em corte	78
Figura 89 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco de 10 estacas.....	78

LISTA DE SIMBOLOS

a	Maior lado do bloco
b	Menor lado do bloco
a_p	Maior lado da seção do pilar
b_p	Menor lado da seção do pilar
h	Altura do bloco
d	Altura útil do bloco
d'	Altura/posição do tirante
$\geq$	Maior ou igual
$\leq$	Menor ou igual
S	Espaçamento entre eixos das estacas
L_c	Espaçamento entre face do pilar e o eixo da estaca mais afastada
c'	Espaçamento de eixo de estaca a face do bloco
c''	Espaçamento de face de estaca a face do bloco
θ	Ângulo de inclinação da biela
$\phi_{aço}$	Bitola da armadura do tirante
R	Raio de dobramento da armadura
e	Cobrimento da armadura = 3 cm
ϕ_{est}	Diâmetro da estaca
F_d	Carregamento do pilar
R_{cb}	Força de compressão na biela
R_{st}	Força de tração no tirante
$L_{máx}$	Distância máxima do eixo do pilar ao eixo da estaca mais afastada
a_0	Distancia de face da estaca a face do bloco
L_b	Comprimento básico de ancoragem
ϕ_e	Bitola da estaca
c	Distância do CG do pilar circular ao ponto B
R	Raio da seção do pilar circular
Δ	Ângulo interno em graus do setor circular
F	Carga vertical atuante
n_e	Número de estacas
M_x	Momento no eixo x
M_y	Momento no eixo y
S_1	Seção 1
$M_{1A,d}$	Momento referente a distância do eixo da estaca a seção 1 pela força de reação da estaca
S_2	Seção 2
$Lc2$	Medida da seção S_2 ao eixo da estaca mais afastada
V_d	Esforço cortante
$V_{d,lim}$	Esforço cortante limite
γ_c	Coeficiente de ponderação do concreto (1,2 para estruturas especiais);
f_{ck}	Resistência característica do concreto a compressão
b_2	Lado menor do bloco na seção S_2
d_2	Altura útil do bloco na seção S_2

Vd'	Esforço cortante na seção S_2'
S_2'	Seção 2' onde se verifica o esforço cortante local
f_{yd}	Resistencia de cálculo característica do aço
γ_f	Coeficiente de minoração do aço = 1,15
$l_{b,nec}$	Comprimento de ancoragem necessário
α	Coeficiente referente a barras com e sem gancho
$A_{s,calc}$	Área de aço calculada para ancoragem
$A_{s,ef}$	Área de aço efetiva útil
$l_{b,min}$	Comprimento de ancoragem mínimo
f_{bd}	Resistência de aderência
η_1	Coeficiente do tipo de barra
η_2	Coeficiente quando a aderência
η_3	Coeficiente quanto a bitola
$f_{ctk,inf}$	Resistencia característica inferior do concreto
A_{bp}	Área da biela junto ao pilar
A_{be}	Área da biela junto à estaca
σ_{cbp}	Tensão de compressão da biela junto ao pilar
A_e	Área de seção da estaca
A_p	Área de seção do pilar referente a biela
σ_{cbe}	Tensão de compressão da biela junto à estaca
$\sigma_{cbe,lim,pilar}$	Tensão de compressão limite da biela junto ao pilar
$\sigma_{cbe,lim,estaca}$	Tensão de compressão limite da biela junto à estaca
f_{ck}	Resistencia característica do concreto a compressão
f_{ck}	Resistencia característica do concreto a compressão
γ_c	Coeficiente de minoração do concreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos geral	14
2.2 Objetivo específico	14
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 FUNDAÇÕES.....	15
3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES	15
3.2.1 Fundação Superficial	16
3.2.2 Fundação Profunda.....	18
3.2.2.1 Estacas.....	18
3.2.2.2 Tubulão	26
3.3 BLOCOS DE COROAMENTO	27
3.3.1 Tipos de Blocos.....	28
3.3.2 Método das Bielas e Tirantes	29
3.3.2.1 Espaçamento entre eixos das estacas (S)	30
3.3.2.2 Espaçamento entre face do pilar e o eixo da estaca mais afastada (Lc).....	31
3.3.2.3 Espaçamento, de eixo de estaca a face do bloco (c') e de face de estaca a face do bloco (c'')	31
3.3.2.4 Ângulo de inclinação das bielas (θ)	32
3.3.2.5 Altura útil do Bloco (d)	33
3.3.2.6 Traspasse das estacas no bloco e posição da armadura principal (d')	34
3.3.2.7 Altura do Bloco (h).....	35
3.3.3 Posição de início da Biela no Pilar	36
3.3.4 Cálculo de reação nas estacas	37
3.3.5 Blocos sobre muitas estacas	38
3.3.5.1 Análise numérica em blocos sobre muitas estacas	39
3.3.5.2 Considerações para o dimensionamento de blocos sobre muitas estacas ...	40
3.3.6 Método FIB Model Code 2010.....	40
3.3.6.1 Resistência a Força cortante	42
3.3.6.2 Resistência a Força cortante Local	44
3.3.7 Armadura	44
3.3.7.1 Armadura principal	44
3.3.7.2 Armadura de distribuição.....	46
3.3.7.3 Armadura de suspensão	46
3.3.7.4 Armadura Lateral e Superior	46
3.3.7.5 Arranque dos pilares	47
3.3.8 Concreto.....	48
3.3.8.1 Tensão de compressão nas bielas	48
3.3.8.2 Tensão de compressão da biela junto ao pilar	49
3.3.8.3 Tensão de compressão da biela junto à estaca	49
3.3.8.4 Tensões limites nas Bielas	50
3.3.9 Visual Basic for Applications (VBA)	51
4 METODOLOGIA	54
4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
5.1 INTERFACE DE ENTRADA DE DADOS	57
5.1.1 Seção do Pilar.....	57
5.1.2 Solicitação	58

5.1.3 Armadura do Pilar	58
5.1.4 Concreto do bloco	58
5.1.5 Diâmetro da estaca e Espaçamento do bloco (balanço).....	59
5.1.6 Capacidade de carga da estaca	59
5.1.7 Armadura do bloco.....	60
5.1.8 Botão Mudar Bloco.....	60
5.1.9 Botão Calcular Bloco	60
5.2 VALIDAÇÃO	61
5.3 RESULTADOS	68
5.2.1 Bloco de 01 estaca	68
5.2.2 Bloco de 02 estacas	71
5.2.3 Bloco triangular de 03 estacas.....	74
5.2.4 Bloco de 10 estacas	76
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICE A – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: OCULTAR CARREGAMENTO (RESTRIÇÕES).....	85
APÊNDICE B – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘AVANÇAR’	89
APÊNDICE C – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘CALCULAR BLOCO’	90
APÊNDICE D – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 01 ESTACA	92
APÊNDICE E – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 02 ESTACAS ..	93
APÊNDICE F – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 03 ESTACAS ‘LINEAR’	95
APÊNDICE G – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 03 ESTACAS ‘TRIÂNGULAR’	97
APÊNDICE H – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 04 ESTACAS ‘QUADRADO’	99
APÊNDICE I – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 05 ESTACAS ‘PENTAGONO’	101
APÊNDICE J – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 05 ESTACAS ‘TRAPÉZIO’	104
APÊNDICE K – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 06 ESTACAS ‘RETÂNGULO’	107
APÊNDICE L – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 06 ESTACAS ‘HEXÁGONO’	109
APÊNDICE M – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 07 ESTACAS ‘HEXÁGONO’	113
APÊNDICE N – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 08 ESTACAS	117
APÊNDICE O – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 10 ESTACAS	120
APÊNDICE P – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: ARMADURA	124
APÊNDICE Q – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: VERIFICAÇÕES.....	127
APÊNDICE R – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘MUDAR BLOCO’	132
ANEXO A – CURRÍCULO LATTES DOS AUTORES	134
ANEXO B – CURRÍCULO LATTES DO ORIENTADOR	136

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil nas últimas décadas alcançou grande crescimento em diversas áreas, com novas técnicas construtivas, novos produtos fabricados e também novas ferramentas capazes de acelerar processos tanto nas fases de projeto, quanto nas fases de execução e manutenção dos produtos criados. Dentre as que mais contribuíram para essa eficiência, estão os softwares, que são capazes de prover um produto fictício, com todos os detalhes e possibilidades ao produto real.

Os *softwares* em sua maioria buscam como finalidade a simulação de situações que só poderiam ser avaliadas após a construção, como eventuais defeitos, erros e também verificar a viabilidade técnica do projeto. Geralmente estão divididos por área de atuação na engenharia civil com suas respectivas finalidades, sendo uns para projeto arquitetônico, outros para cálculo de estruturas e alguns poucos com dedicação ao cálculo de fundações.

As fundações são um caso específico da engenharia que merecem atenção especial, por serem uma área da engenharia civil com um desenvolvimento um pouco tardio, a mecânica do solo foi introduzida ainda no século passado como matéria de formação técnica. Um dos motivos para o cuidado quanto aos trabalhos de fundação é que o seu material de suporte, o solo, é um composto instável com respostas as tensões de forma variável.

Os blocos de fundação se inserem na conjuntura da estrutura que ligas as fundações do tipo profunda, estacas e tubulões, aos pilares da superestrutura recebendo suas cargas. As cargas recebidas são distribuídas as estacas por compressão do concreto, através de bielas comprimidas, que são regiões de tensões concentradas interligando a seção de apoio do pilar ao topo da cabeça da estaca. Com intuito de compensar a fraca resistência a tração do concreto, é colocado barras interligando as estacas de forma a solidariza-los.

Para o dimensionamento dos blocos de coroamento, ainda se utilizam métodos práticos adquiridos de ensaios realizados e também do histórico dos projetistas, pois não se conhece bem o real comportamento das bielas a baixas inclinações. Essas particularidades geram processos onerosos e repetitivos no cálculo desses elementos de fundação podendo ocorrer erros e omissões como a ação de momentos e de forças nos eixos ortogonais.

Com a finalidade de favorecer os projetistas profissionais e estudantes, propôs-se a criação através deste trabalho de uma ferramenta de cálculo de blocos sobre estacas através do *Visual Basic for Applications* (VBA) e Planilha eletrônica *Microsoft Office Excel*.

O *software Microsoft Excel* associado a linguagem de programação VBA transforma-se em uma ferramenta otimizada para cálculos, relatórios, entre outras aplicações, podendo ser usado para a criação de *softwares*, como o que se propõe. Através do VBA se inserem as novas funções e rotinas no *MS Excel*, possibilitando o dimensionamento do bloco, as verificações de segurança e o detalhamento das armaduras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos geral

Desenvolver um *software* utilizando a linguagem de programação VBA (*Microsoft Excel*) com a finalidade de realizar o dimensionamento do bloco de coroamento, isto é, fornecer o detalhamento das armaduras e fôrmas do bloco de coroamento utilizado para solidarizar estacas de diferentes tipos.

2.2 Objetivo específico

Para atingir o objetivo geral será necessário seguir os objetivos específicos descritos abaixo:

- Desenvolver uma interface amigável para o programa proposto;
- Tornar o programa atrativo e de fácil manuseio pelo usuário;
- Aplicar a teoria de bielas e tirantes para o dimensionamento do bloco de coroamento.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 FUNDAÇÕES

Desde os primórdios das construções o homem utiliza o solo como componente estrutural de suas obras. Nos dias atuais isso ainda é válido, entretanto, a forma de trabalho passou por mudanças. As fundações passaram a ser mais estudadas por profissionais de diferentes ramos da engenharia, destes profissionais pode-se citar os engenheiros geotécnicos e estruturais.

As fundações são a parte das edificações que ficam submersas no solo (não podendo ser vista na maioria das vezes) dissipando as cargas provenientes da superestrutura e seu peso próprio ao solo. As fundações trabalham de forma análoga as raízes de uma árvore, de forma que as raízes transferem as cargas ao solo e as mantem de pé em momentos de tormenta, assim são as fundações para os edifícios e demais estruturas.

De acordo com Consoli, Milititsky e Schnaid (2015), uma fundação provem por necessidade de uma estrutura transmitir sua carga ao solo, sendo, portanto, uma conexão da estrutura com o maciço de solo. Hachich *et al.* (1998) também contextualizam que toda fundação tem a finalidade de receber as cargas do edifício, sendo dependente da resposta do solo. Porém, lembram que o solo é um material não homogêneo, tendo diferentes reações de acordo com sua composição.

Os principais elementos de fundações são as placas e as estacas, classificando os elementos de fundações em diretas e indiretas respectivamente.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

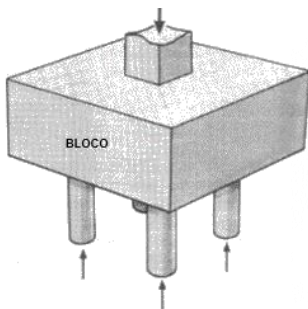
As fundações são classificadas pela Norma Brasileira (NBR) 6122 da Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT, 2010) em fundações superficiais (também chamadas de fundações diretas ou rasas) e em fundações profundas (ou indiretas). Outra forma de classificar as fundações, consiste em observar a dissipação de cargas para o solo. Em sapatas (placas) é unicamente pela base, em estacas (barras) é feita por atrito lateral (ALBIERO; AOKI; CINTRA, 2011).

3.2.1 Fundação Superficial

A fundações superficiais são elementos estruturais de suporte que transferem diretamente a carga que recebem dos pilares, vigas, lajes e paredes ao solo. Conforme explica Alonso (2010) as fundações superficiais têm sua área de atuação na superfície do solo, o que consiste em dissipar as cargas no subsolo através da sua base. A NBR 6122 (ABNT, 2010) classifica como fundações superficiais os seguintes elementos estruturais:

1. Blocos: estrutura em forma de bloco de concreto, dimensionado de forma a resistir com satisfação as tensões de tração, sem dependência das armaduras (ALONSO, 2010). Araújo (2010) afirma que a forma dos blocos de coroamento é delimitada pela organização das estacas, assumindo as formas mais convencionais (triangular, quadrados, etc.), sendo também classificados em rígidos e flexíveis. A Fig. 1, apresenta um bloco que transfere a carga do pilar a quatro estacas;

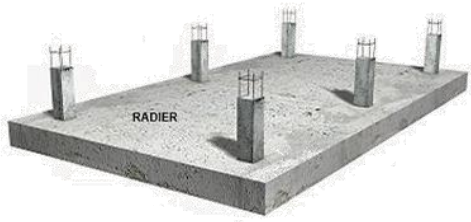
Figura 1 – Bloco de Fundação



Fonte: Adaptado de Koerich (2014).

2. Radier: consiste em uma placa (laje) de concreto armado apoiada diretamente no solo com área correspondente a área útil da edificação que se apoiara sobre ela. Os radiers são indicados para solos de baixa tensão admissível (BOTELHO; MARCHETTI, 2011). A Fig. 2 apresenta um radier com os seis pilares principais da edificação;

Figura 2 – Exemplo de um radier

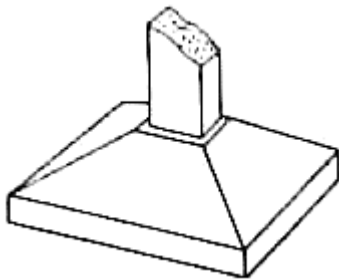


Fonte: Adaptado de Xavier (2015).

3. Sapata: as sapatas têm forma semelhante aos blocos, mas diferem destes, pois são projetadas de modo que a armadura resista as tensões de tração e, portanto, possuem dimensões reduzidas (ALONSO, 2010). As sapatas podem ser classificadas quanto a aplicação e quanto ao tipo de solo. As sapatas quanto a aplicação, podem ser definidas conforme ABNT (2010) em:

3.1. Sapata isolada: é a sapata dimensionada para suportar o carregamento de apenas um pilar, conforme é apresentado na Fig. 3;

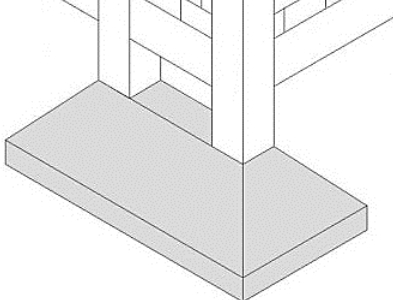
Figura 3 – Sapata isolada



Fonte: Adaptado de Alonso (2011).

3.2. Sapata associada: é a sapata dimensionada de modo a suportar o carregamento de mais de um pilar. No exemplo da Fig. 4, dois pilares apoiam-se sobre a mesma sapata

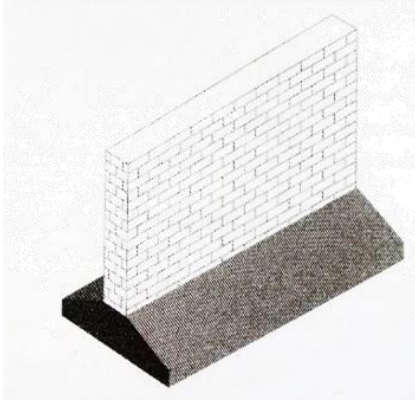
Figura 4 – Sapata associada



Fonte: Adaptado de Engeplificando (2017).

3.3. Sapata corrida: é sapata sujeita ao carregamento de uma carga distribuída linearmente, como paredes e até mesmo pilares. Na Fig. 5, observa-se uma sapata corrida que recebe a carga de uma parede;

Figura 5 – Sapata corrida



Fonte: Adaptado de Joppert Junior (2007).

As sapatas quanto o tipo de solo, podem ser:

3.4. Rígidas: esse tipo de sapata consome menos aço e possui concreto de menor resistência, indicada a solos de melhor resistência (ARAÚJO, 2010).

3.5. Flexíveis: esses tipos de sapata são mais leves pois consomem menos concreto, porém, exigem maior consumo de armadura. São indicadas para solos de menor tensão admissível (ARAÚJO, 2010).

3.2.2 Fundação Profunda

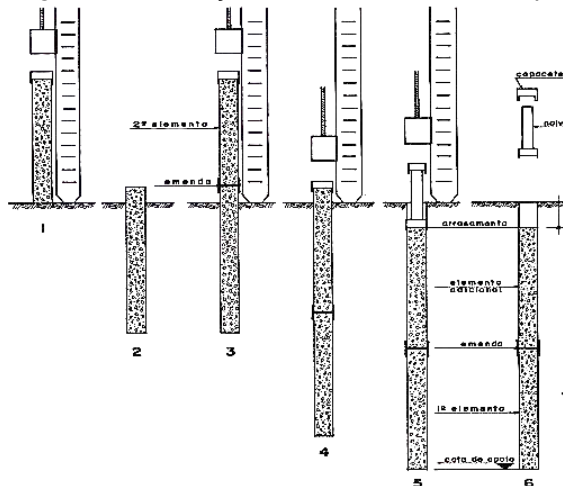
A NBR 6122 trata como fundação profunda o elemento de fundação que transfere as solicitações ao solo as vezes pela ponta (base), as vezes pelo atrito do fuste (barra) com solo e também pela combinação das duas resistências, a de ponta e de fuste. Com a condição de que o assento da ponta deverá estar a uma profundidade acima de duas vezes o menor lado ou diâmetro e no mínimo três metros. Dentro desses termos estão as estacas e o tubulões (ABNT, 2010).

3.2.2.1 Estacas

A Norma NBR 6122 (ABNT, 2010) classifica e define as seguintes estacas:

1. Estaca pré-moldada: estaca pronta de concreto pré-moldado que é fincada no solo através de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou vibratório. Na Fig. 6, apresenta-se o esquema em seis etapas da cravação de uma estaca pré-moldada por um bate-estacas;

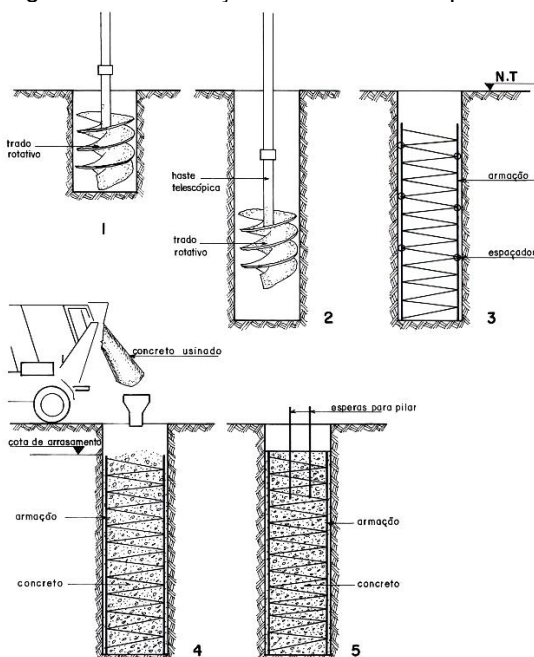
Figura 6 – Cravação de estaca de concreto pré-moldado



Fonte: Adaptado de Ribeiro [entre 2011 e 2013].

2. Estaca de concreto *in loco*: estaca cuja concretagem é feita após perfurações com trado ou perfuratriz. No esquema da Fig. 7, observa-se as cinco etapas de execução de uma estaca de concreto *in loco*, onde o furo é escavado retirando a terra onde, em seguida é colocado a armadura e concretado;

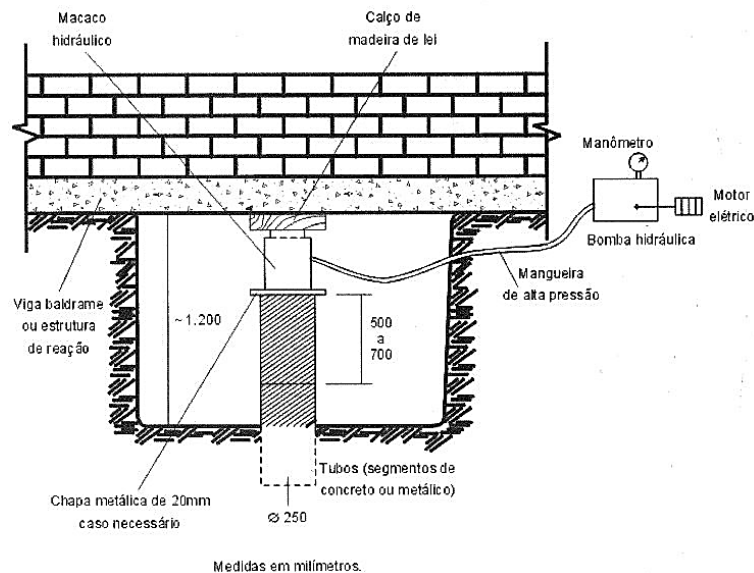
Figura 7 – Escavação de estaca com perfuratriz



Fonte: Adaptado de Ribeiro [entre 2011 e 2013].

3. Estaca mega ou prensada: estaca que é penetrada no solo com macaco hidráulico que se apoia em uma estrutura para causar a reação. Na Fig. 8, observa-se que um macaco hidráulico se contrapõe a fundação existente para empurrar os segmentos da estaca no solo;

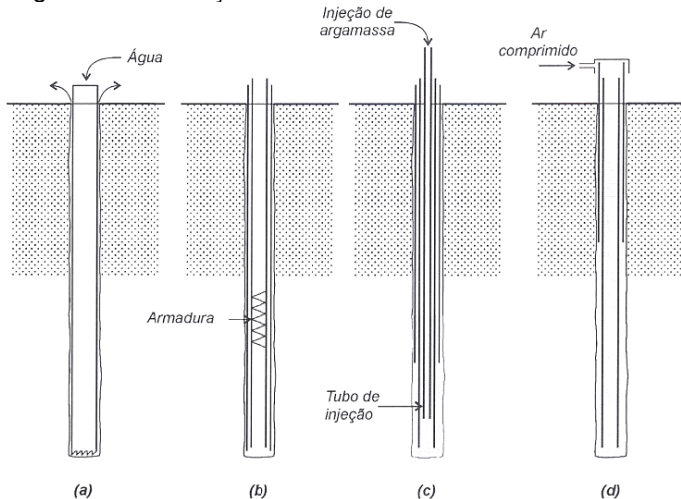
Figura 8 – Execução estaca Mega ou Prensada



Fonte: ABEF (2012).

4. Estaca raiz: estaca moldada *in loco* com uma mistura de cimento e areia, que é injetada através de perfuração rotativa, cujo o trecho de execução é revestido por tubos. Na Fig. 9, apresenta-se o esquema de execução da estaca raiz em quatro etapas: a escavação, colocação da armadura, injeção da mistura e pressurização da mistura no tubo vedado que será retirado em etapas;

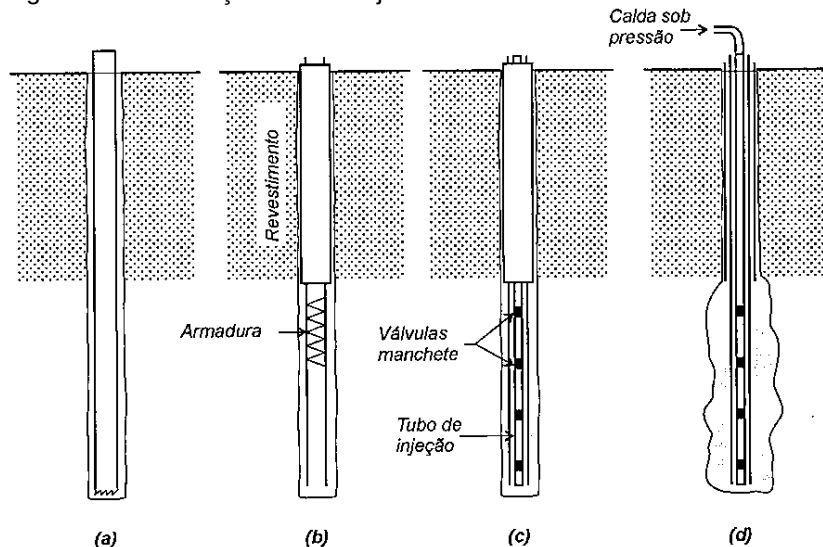
Figura 9 – Execução estaca Raiz



Fonte: Adaptado de Hachich *et al.* (1998).

5. Estaca escavada com injeção: micro estaca moldada *in loco* injetada com calda de cimento por perfuração rotativa, por tubo manchete. Na Fig. 10, observa a semelhança de execução com os procedimentos da estaca raiz, porém o tubo principal possui válvulas que vedam a calda para que não retorne após a pressurização em cada segmento;

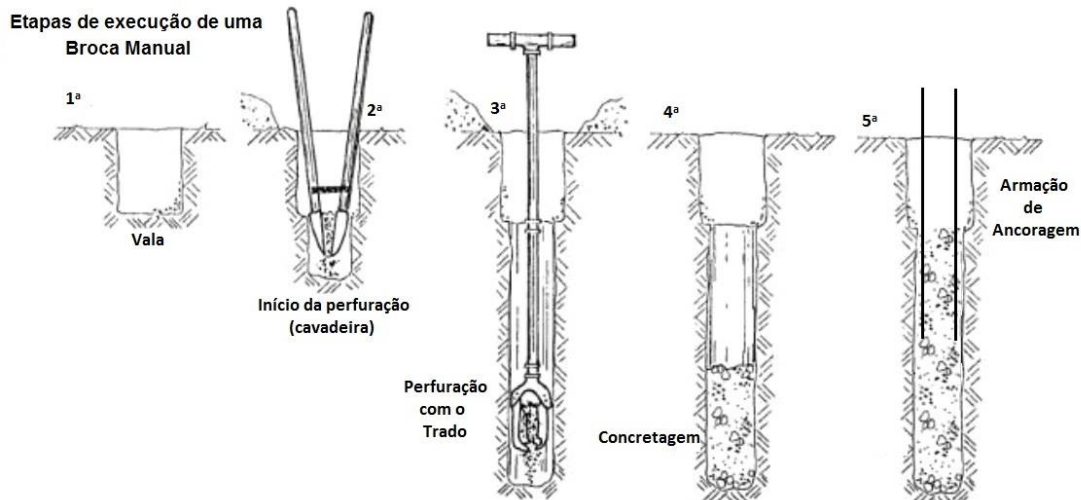
Figura 10 – Execução estaca injetada



Fonte: Velloso e Lopes (2012).

6. Estaca escavada mecanicamente: estaca escavada com trado manual sem auxílio de fluido estabilizante. Na Fig. 11, observa-se cinco etapas de escavação da estaca escavada com trado manual;

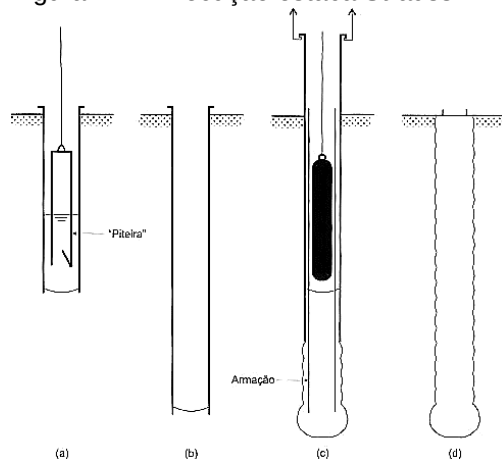
Figura 11 – Execução estaca escavada mecanicamente



Fonte: Engcarlos [2015].

7. Estaca Strauss: estaca executada através da perfuração do solo com sonda (piteira) e revestimento com camisa metálica, o buraco é preenchido de concreto e apilado e o revestimento é retirado gradativamente. Na Fig. 12, apresenta-se as fases de execução da estaca estrauss, em que após a escavação e revestimento, é colocada a armadura e lançado o concreto que é pilado enquanto o revestimento é retirado simultaneamente;

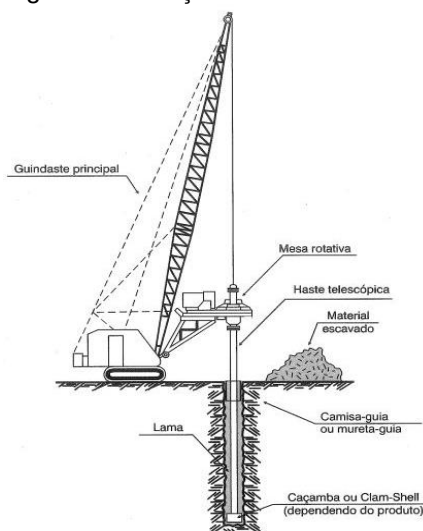
Figura 12 – Execução estaca Strauss



Fonte: Adaptado de Velloso e Lopes (2012)

8. Estaca escavada com fluido estabilizante: estaca moldada *in loco* escavada com perfuratriz adaptada com caçamba ou *clam-shell*, com auxílio de fluido estabilizante ou água no caso de revestimento metálico. Na Fig. 13, observa a caçamba executando a escavação da estaca com auxílio de fluido estabilizante para o furo;

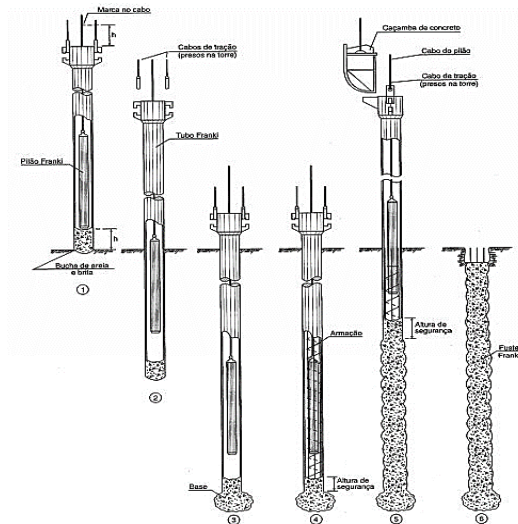
Figura 13 – Caçamba escavando estaca com fluido estabilizante



Fonte: ABEF (2012).

9. Estaca Franki: estaca moldada *in loco* constituída de um tubo de ponta fechada com bucha de pedra e areia na ponta, que é cravada no solo através de golpes de pilão. A Fig. 14, apresenta o método de execução da estaca Franki, em seis etapas cujo a finalidade é obter o fuste Franki que é composto por concreto pilado.

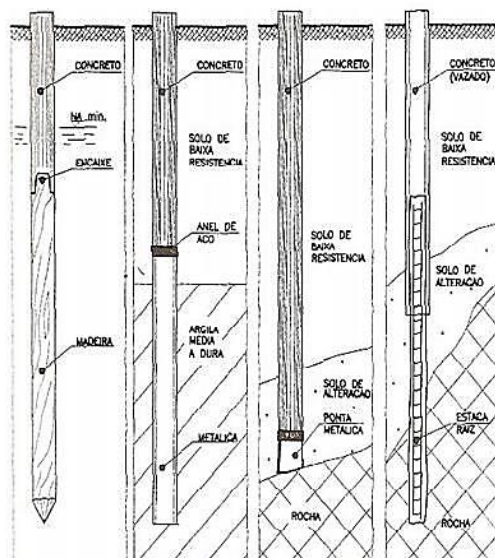
Figura 14 – Execução de estaca Franki



Fonte: ABEF (2012).

10. Estaca mista: Estacas constituídas por dois materiais usuais em estacas. Na Fig. 15, observa-se quatro exemplos de composição da estaca mista sendo ele madeira com concreto, metálica com concreto, de concreto com ponta metálica e de concreto vazado com estaca raiz;

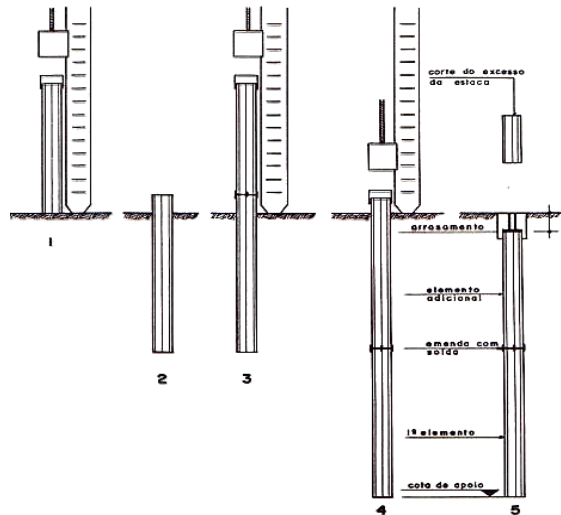
Figura 15 – Exemplos de estaca Mista



Fonte: Adaptado de Hachich, *et al.* (1998).

11. Estaca metálica ou de aço: estaca de aço industrial de formas variadas, como tubos, perfis, chapas, etc., cravadas de forma semelhante as demais estacas cravadas. Na Fig. 16, é possível observar que a execução é igual ao processo de cravação de estacas pré-moldadas na Fig. 06 exibida anteriormente;

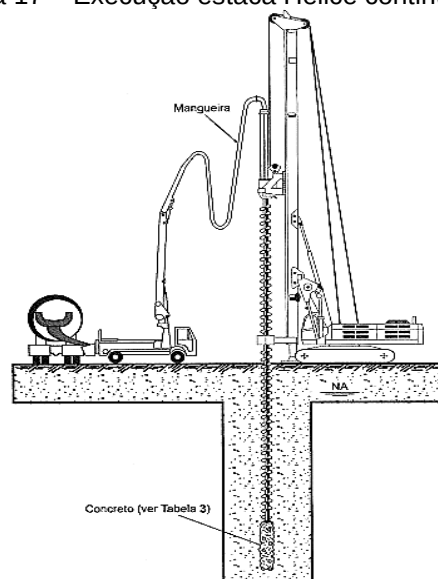
Figura 16 – Cravação de estaca Metálica



Fonte: Adaptado de Ribeiro [entre 2011 e 2013].

12. Estaca hélice contínua monitorada: estaca moldada *in loco* cuja a perfuração com hélice contínua ao atingir a cota de ponta é injetado concreto que faz pressão positiva empurrando a hélice com o solo, e a armadura é introduzida em seguida a concretagem. Na Fig. 17, observa-se a perfuratriz retirando à estaca hélice simultaneamente com o bombeamento do concreto pela bomba de concreto.

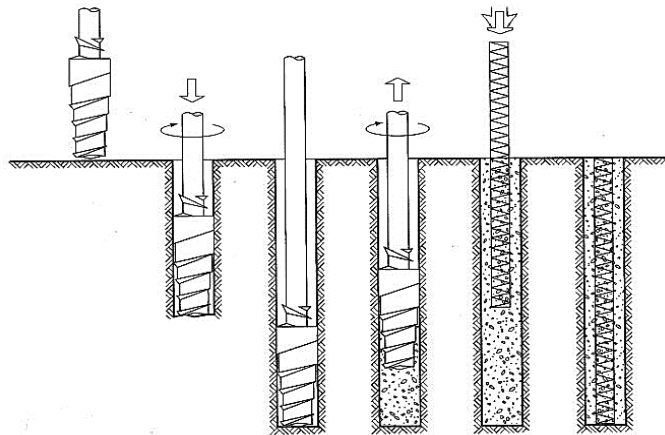
Figura 17 – Execução estaca Hélice contínua



Fonte: ABEF (2012).

13. Estaca hélice de deslocamento monitorada: estaca moldada *in loco* cuja a perfuração com trado que desloca o solo onde é injetado concreto pelo orifício do trado ao retira-lo, sendo em seguida introduzida a armadura. Na Fig. 18, observa-se que o solo é deslocado pela hélice e não removido, mas do mesmo modo se injeta concreto simultaneamente a retirada, e após é cravada a armadura.

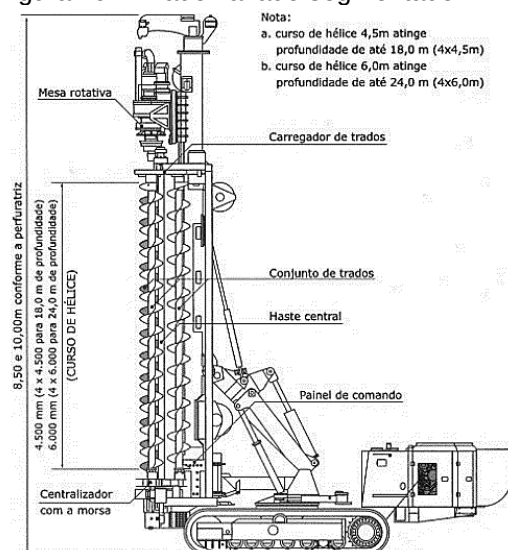
Figura 18 – Execução estaca Hélice contínua com deslocamento



Fonte: ABEF (2012).

14. Estaca trado vazado segmentado: estaca moldada *in loco* executada por trado helicoidal constituído por segmentos de 10m que possui tubo central por onde é injetado concreto simultaneamente a retirado da hélice. A Fig. 19, apresenta o maquinário com os três segmentos de helice.

Figura 19 – Trado vazado segmentado



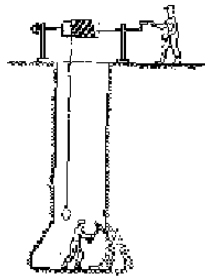
Fonte: ABEF (2012).

3.2.2.2 Tubulão

É uma fundação profunda que transfere a carga somente pela base. A Norma NBR 6122 (ABNT, 2010) classifica e define os tubulões em dois tipos distintos:

1. Tubulão a céu aberto: consiste de fundação executada acima do nível do lençol freático, escavado mecanicamente e manualmente por operário no seu interior. Antes de se executar a concretagem o responsável técnico devesse descer até o solo da base para conferir as características do solo da base (ABNT,2010). A Fig. 20, demonstra dois operários executando a escavação de um tubulão a céu aberto.

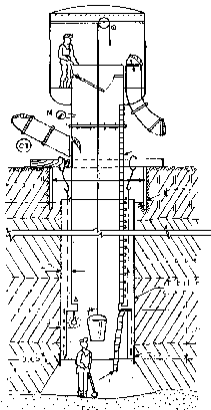
Figura 20 – Execução de Tubulão a céu aberto



Fonte: Adaptado de Mattos (2001).

2. Tubulão a ar comprimido: a execução deste tipo de tubulão ocorre quando se tem o nível do lençol freático acima da cota de base do tubulão. Para manter a água presa ao solo no momento de escavação é usado campanulas de ar comprimido que mantem a pressão dentro do tubulão até o fim da concretagem (BOTELHO; MARCHETTI, 2011). Na Fig. 21, observa-se dois funcionários dentro da campanula no processo de escavação, um controla a pressão e as aberturas, enquanto o outro escava.

Figura 21 – Execução do Tubulão a ar comprimido



Fonte: Adaptado de Mattos (2001).

Como já foi afirmado, as fundações têm papéis extremamente importantes para a longevidade da obra, portanto, é um assunto de extensa bibliografia disponível. Esta breve explanação dos principais tipos e fins, serve de complemento aos objetivos deste trabalho, que se restringe a aprimorar os estudos sobre blocos de coroamento.

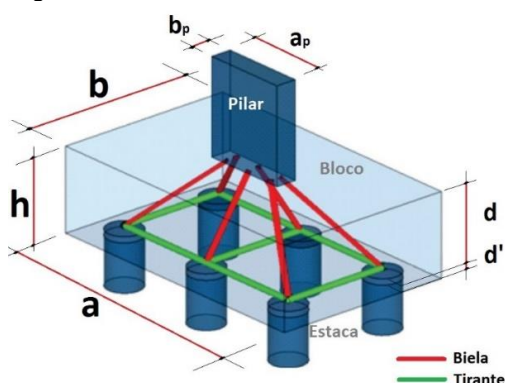
Dessa forma, a partir de então dar-se-á enfoque para este tipo de estrutura.

3.3 BLOCOS DE COROAMENTO

A NBR 6118 define: “Blocos 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” (ABNT, 2014, p. 190). Este critério será explicado no tópico referente aos tipos de blocos. Fusco (2013, pag. 345) define que, “em princípio, os blocos de fundação devem ser peças suficientemente rígidas para que sua deformabilidade não afete os esforços atuantes na superestrutura nem no próprio terreno de fundação”.

Marek Filho (2010) afirma que, depois de definida a escolha por fundações do tipo profundas e avaliada as demais condições técnicas e econômicas, usa-se blocos sobre estas fundações. Na Fig. 22, apresenta-se a nomenclatura referente as dimensões geométricas usuais dos blocos em planta e vista, que serão adotados neste trabalho.

Figura 22 – Bloco em três dimensões



Fonte: Adaptado de Barros; Giongo e Oliveira (2014).

Onde:

- a - Maior lado do bloco;
- b - Menor lado do bloco;
- a_p - Maior lado da seção do pilar;

- b_p - Menor lado da seção do pilar;
- h - Altura do bloco;
- d - Altura útil do bloco;
- d' - Altura de posição do tirante.

3.3.1 Tipos de Blocos

A norma NBR 6118 divide os blocos em dois tipos:

Bloco rígido

O comportamento estrutural se caracteriza 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.

Bloco flexível

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. (ABNT, 2014, p. 190).

Para Carvalho e Pinheiro (2009) um bloco possui um trabalho de resistência entre a rigidez e a flexibilidade, sendo sua eficiência de trabalho ocorre entre estas duas características distintas, porém para efeito de cálculo os blocos rígidos devem atender a seguinte critério da Equação 1, para as duas direções ortogonais:

$$h \geq \frac{a - a_p}{3} \quad (1)$$

Em que:

- h - Altura do bloco;
- a - Dimensão do bloco em uma direção;
- a_p - Dimensão do pilar na mesma direção de a .

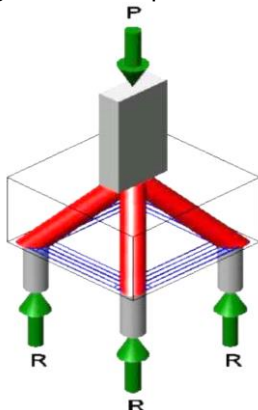
Se h for inferior na verificação das direções, o bloco é considerado flexível, porém se atendida a condição, os blocos sobre estacas são dimensionados pelo método mais usual e recomendado pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014) que é o modelo de bielas e tirantes.

3.3.2 Método das Bielas e Tirantes

O conceito de analogia de bielas e tirantes remonta do início do século XX com os estudos de Ritter¹ e Mörsch² sobre a analogia das fissuras de uma viga de concreto a uma treliça, mas após várias décadas de pesquisas ainda se mantém essa mesma teoria inicial (SILVA, 1991).

Carvalho e Pinheiro (2009), conceitua este método partindo do princípio, que a carga do pilar deverá chegar a cabeça das estacas através de zonas bastante comprimidas diagonalmente e para que haja equilíbrio um tirante (de aço) ligando as estacas é colocado para resistir as tensões de tração. Fusco (2013, p. 125) explica que “as barras comprimidas são formadas por bielas de concreto e as barras tracionadas são constituídas por armadura de aço”. Na Fig. 23, temos as barras em vermelho que representam as bielas de concreto e as barras em azul que representam o aço dos tirantes.

Figura 23 – Esquema das bielas e dos tirantes em um bloco



Fonte: Lemos (2008 apud SIMONATO, 2015).

Dessa forma, o cálculo por este método consiste no dimensionamento das armaduras de tração (tirante) e em verificar-se as tensões de compressão das (bielas) dentro do corpo do bloco de concreto junto ao pilar e junto à estaca (CARVALHO; PINHEIRO, 2009).

Para o dimensionamento e detalhamento dos blocos de coroamento é preciso se conhecer alguns fatores geométricos e detalhes específicos, que são:

¹ RITTER, W., “Die Bauweise Hennebique” (Construction Technics of Hennebique), Schweizerische Bauzeitung, Zürich, 1899.

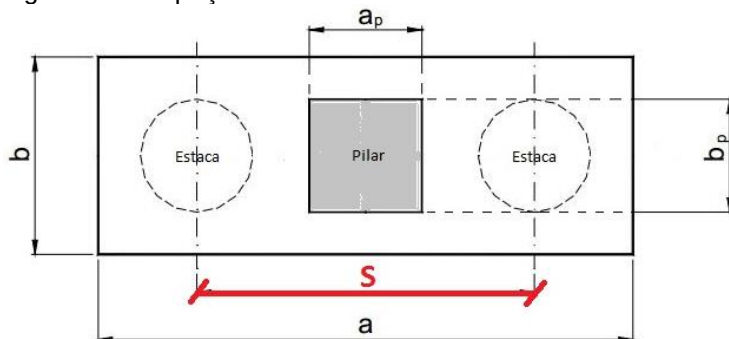
² MÖRSCH, E., “Concrete Steel Construction” Mcgraw-Hill, New York, 1909.

1. Espaçamento entre eixos das estacas (S);
2. Espaçamento entre face do pilar e o eixo da estaca mais afastada (L_c);
3. Espaçamento de eixo de estaca a face do bloco (c) e de face de estaca a face do bloco (c');
4. Ângulo de inclinação da biela (θ)
5. Altura útil (d);
6. Traspasse da estaca no bloco e posição da armadura principal (d');
7. Altura do bloco (h);

3.3.2.1 Espaçamento entre eixos das estacas (S)

Marek Filho (2010), explica que o respeito a mínima distância entre as estacas, em detalhe na Fig. 24, tem a função de dirimir as restrições dos processos construtivos, na escavação ou cravação de estacas e também evita a sobreposição de tensões no solo. Oliveira (2009), acrescenta que as disposições das estacas devem favorecer a dimensão de blocos de menor volume e que o centro geométrico do grupo coincida com o do bloco.

Figura 24 – Espaçamento entre estacas



Fonte: Adaptado de Munhoz (2004).

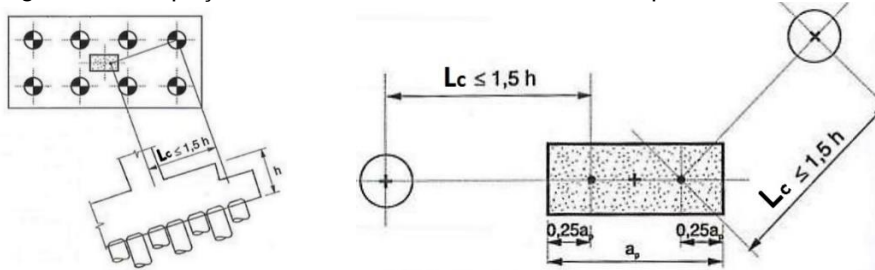
Carvalho e Pinheiro (2009) indicam as seguintes condições de espaçamento usuais:

- Para estacas pré-moldadas: $3 \times \varnothing$ estaca;
- Para estacas moldadas *in loco*: $2,5 \times \varnothing$ estaca;
- Para estacas quadradas: $1,75 \times$ a diagonal.

3.3.2.2 Espaçamento entre face do pilar e o eixo da estaca mais afastada (L_c)

Segundo Oliveira (2009) alguns autores e projetistas adotam esta medida com valor $\geq 1,5 \times h$ (altura) do bloco. Fusco (2013) contextualiza que valores maiores desfavorecem a rigidez do bloco, pois a inclinação da biela das estacas mais afastadas tende a exceder o mínimo aceitável de $\arctg 2/3$, portando recomenda que essa medida deverá ser $\leq 1,5 \times h$, conforme indica na Fig. 25 para a estaca mais afastada.

Figura 25 – Espaçamento máximo de estaca a face do pilar

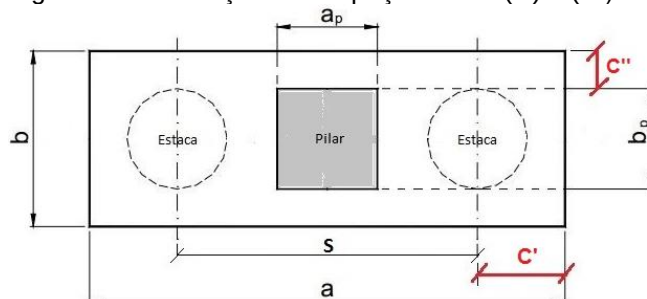


Fonte: Adaptado de Fusco (2013).

3.3.2.3 Espaçamento, de eixo de estaca a face do bloco (c') e de face de estaca a face do bloco (c'')

Entre os autores, alguns definem o cobrimento lateral do bloco usando como referência a medida da face da estaca e a face do bloco (c''), já outros, usam como critério a distância do eixo da estaca a face do bloco (c'). A Fig. 26 indica em destaque, a posição de referência dessas duas medidas.

Figura 26 – Indicação dos espaçamentos (c') e (c'')

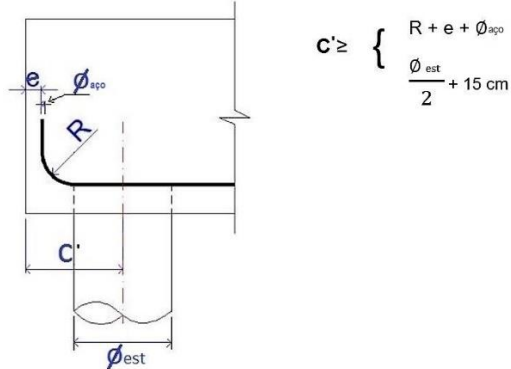


Fonte: Adaptado de Munhoz (2004).

Araújo (2010) orienta que a distância (c''), deve ser maior ou igual a 15 centímetros. Fusco (2013) indica que a distância (c'), seja maior ou igual ao $1,5x$

diâmetro ($\emptyset$) da estaca. Alonso (2010) orienta que a distância (c') deve ser o maior dos resultados da expressão na Fig. 27, onde o mesmo considera o raio de dobra, a bitola e o cobrimento da armadura.

Figura 27 – Dimensão mínima do centro da estaca a face do bloco



Fonte: Adaptado de Marek Filho (2010).

Onde:

- $\emptyset_{aço}$ - Bitola da armadura do tirante;
- R - Raio de dobramento da armadura;
- e - Cobrimento da armadura = 3 cm;
- $\emptyset_{est}$ - Diâmetro da estaca.

3.3.2.4 Ângulo de inclinação das bielas (θ)

As literaturas disponíveis, a respeito do método de bielas e tirantes, afirmam que as bielas trabalham com considerável eficiência dentro das inclinações mínimas de 35° e máximas de 55° , mas no geral visando a segurança e economia os autores e projetistas adotam o intervalo da Equação 2, definido por Blevot e Fremy (1967).

$$45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad (2)$$

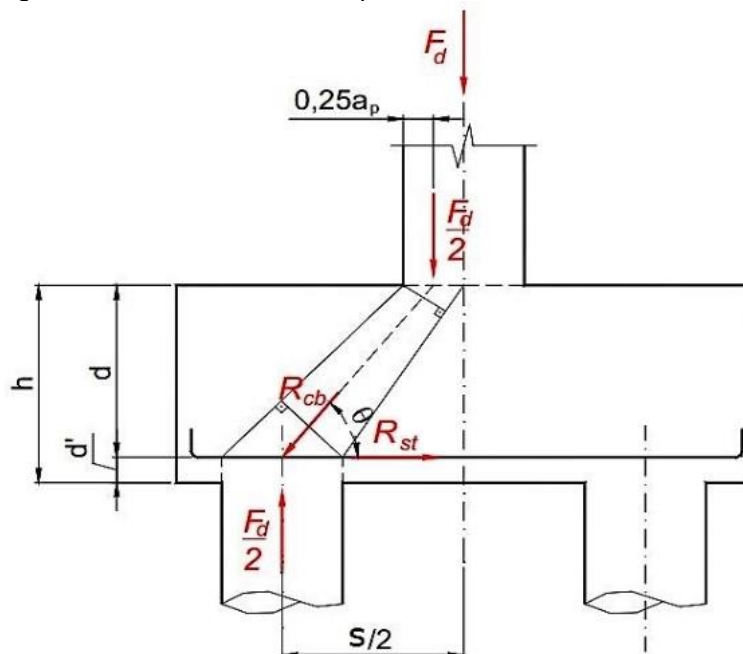
Blevot e Fremy (1967) afirmam que o ângulo mínimo de 40° é considerado seguro, porém a adoção de 45° é favorável a economia de aço dos tirantes. Tanno (2012) pondera que deve se atentar ao ângulo mínimo visando o controle de fissuração. Oliveira (2009) lembra que no caso de um ângulo maior que 55° não se assegura o comportamento de bloco. Barros, Giongo e Oliveira (2014) orientam como

ideal que as bielas das estacas mais afastadas fiquem com inclinações próximas de 40° , para que as mais próximas do pilar tenham inclinações próximas de 55° .

3.3.2.5 Altura útil do Bloco (d)

Delalibera e Giongo (2009) sugerem que a altura seja definida segundo o ângulo de inclinação da biela. Munhoz (2004) explica que a altura útil do bloco pode ser obtida pelo cálculo do polígono das forças formado por bielas e tirantes. No esquema da Fig. 28 temos a representação em corte de um bloco sobre duas estacas.

Figura 28 – Modelo de cálculo para bloco sobre estacas



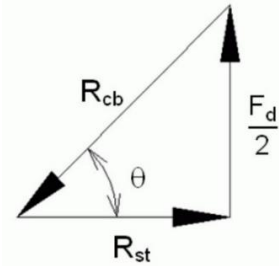
Fonte: Adaptado de Munhoz (2004).

Onde:

- F_d - Carregamento do pilar;
- R_{cb} - Força de compressão na biela;
- R_{st} - Força de tração no tirante;
- $S/2$ - Metade do espaçamento entre as estacas;
- h - Altura do bloco;
- d - Altura útil do bloco;
- d' - Altura de posição da armadura do tirante.

Através do corte do bloco acima, podemos destacar os vetores do polígono das forças (Fig. 29).

Figura 29 – Polígono das forças



Fonte: Adaptado de Oliveira (2009).

Onde:

- $\frac{F_d}{2}$ - Carregamento do pilar para uma estaca;
 R_{cb} - Força de compressão na biela;
 R_{st} - Força de tração no tirante;
 θ - Ângulo de inclinação da biela.

Através do corte do bloco e do polígono das forças, obtém-se as equações (3 e 4) respectivamente, para o cálculo do ângulo de inclinação (MUNHOZ, 2004).

$$\theta = \arctg \left(\frac{d}{\frac{s}{2} - \frac{a_p}{4}} \right) \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \left(\frac{\frac{F_d}{2}}{R_{st}} \right) \quad (4)$$

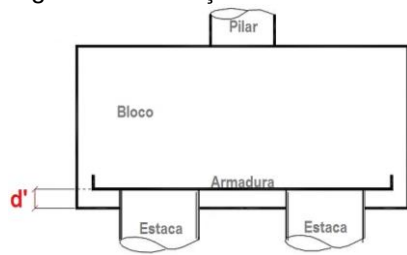
Ao se substituir na Equação (3), valores limites do ângulo de inclinação (45° e 55°) poderá se obter o intervalo de variação da altura útil do bloco (Equação 5) (MUNHOZ, 2004).

$$0,50 \cdot \left(s - \frac{a}{2} \right) \leq d \leq 0,714 \cdot \left(s - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

3.3.2.6 Traspasse das estacas no bloco e posição da armadura principal (d')

A seção da cabeça da estaca quando embutida no bloco servirá de apoio as barras de aço dos tirantes, conforme indicam a Fig. 30 e a Fig. 43.

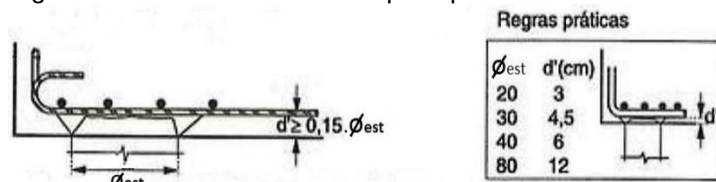
Figura 30 – Posição da face da estaca no bloco



Fonte: Adaptado de Miguel (2000).

Para Alonso (2010) a cabeça da estaca deve traspasar de 5 a 10 centímetros adentro do bloco. Fusco (2013) indica na Fig. 31, que d' seja $\geq 0,15 \times$ bitola (ϕ) da estaca e apresenta esses valores para quatro diâmetros de estacas segundo sua fórmula.

Figura 31 – Altura da armadura principal no bloco

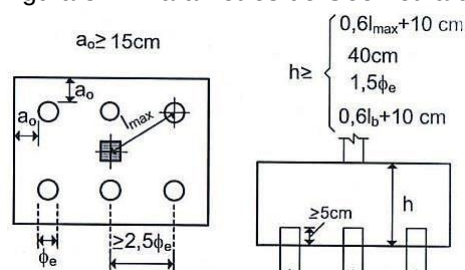


Fonte: Adaptado de Fusco (2013).

3.3.2.7 Altura do Bloco (h)

Carvalho e Pinheiro (2009) afirmam que a altura é definida visando a economia e segurança, recomendando que a mesma não seja inferior a 30 centímetros. Araújo (2010) indica na Fig. 32, que h deve ser $\geq$ ao maior resultado dos quatro valores que propõe, de forma que as bielas das estacas mais afastadas tenham inclinações mínimas, pois julga que a adoção de valores maiores de h são favoráveis, tanto para se reduzir o consumo de aço dos tirantes, quanto para segurança das bielas.

Figura 32 – Parâmetros de Geometria dos Blocos



Fonte: Adaptado de Araújo (2010).

Sendo:

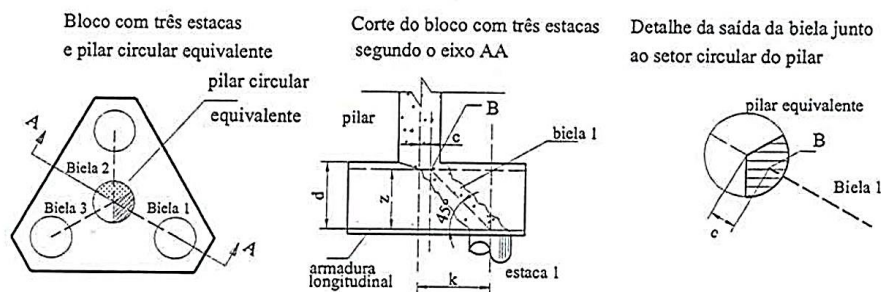
- $L_{m\acute{a}x}$ - Distância máxima do eixo do pilar ao eixo da estaca mais afastada;
- a_0 - Distância de face da estaca a face do bloco;
- L_b - Comprimento básico de ancoragem;
- h - Altura do bloco;
- ϕ_e - Bitola da estaca.

A altura total do bloco é o resultado da soma da altura útil d com a altura de de assentamento da armadura dos tirantes d' .

3.3.3 Posição de início da Biela no Pilar

Carvalho e Pinheiro (2009) usam como critério de determinação deste ponto, em pilares de seção quadrada orientam adoção de uma região circular de igual valor de área de seção do pilar. Para exemplificar este método, na Fig. 33, tem se um bloco triangular com pilar circular, em que através da linha de referência ligando o centro geométrico (CG) do pilar ao centro das estacas, identifica-se três regiões equivalentes onde se iniciaram as bielas em um ponto B.

Figura 33 – Definição do ponto de início das bielas no pilar



Fonte: Carvalho e Pinheiro (2009)

Para encontrar a posição B de início da biela, que fica c de distância do CG do pilar, usa se a Equação 6:

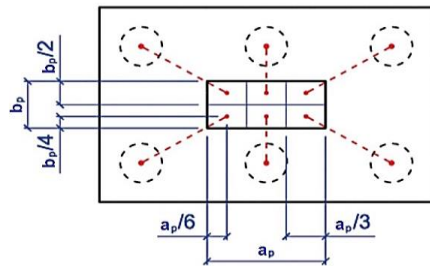
$$c = \frac{4}{3} \cdot \frac{R \cdot \sin(\Delta/2)}{\Delta \cdot \pi} \cdot 180 \quad (6)$$

Onde:

- c - Distância do CG do pilar circular ao ponto B;
- R - Raio da seção do pilar circular;
- Δ - Ângulo interno em graus do setor circular.

Barros, Giongo e Oliveira (2014) afirmam que em pilares de seção muito alongada (Fig. 34), que são a maioria dos casos, é conveniente que o projetista faça uma análise em cada caso particular e calcule separadamente a posição de início da biela junto a base do pilar.

Figura 34 – Posição de início das bielas em pilares de seção alongada

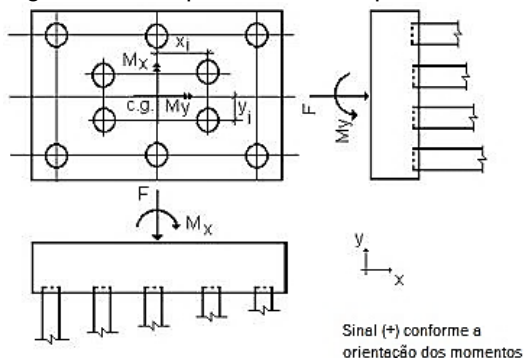


Fonte: Barros, Giongo e Oliveira (2014).

3.3.4 Cálculo de reação nas estacas

A reação da estaca é calculada pelo método da superposição, que determina a carga em cada estaca, sob os efeitos da carga do pilar e dos momentos. Para ser válido, os eixos x e y de inércia devem ser os eixos principais e as estacas devem estar na vertical e serem de igual dimensão e material, porém o método poderá ser aplicado a um estaqueamento geral (ALONSO, 2010). A Fig. 35, observa-se uma representação clássica de bloco para este cálculo.

Figura 35 – Esquema de bloco para cálculo das reações das estacas



Fonte: Adaptado de Alonso (2013).

A carga resultante R em uma estaca i com coordenadas (x_i, y_i) é dada pela Equação 7:

$$R_i = \frac{F}{n_e} \pm \frac{M_x \cdot x_i}{\sum X_i^2} \pm \frac{M_y \cdot y_i}{\sum Y_i^2} \quad (7)$$

Sendo:

- F - Carga vertical atuante;
- n_e - Número de estacas;
- M_x - Momento no eixo x;
- M_y - Momento no eixo y.

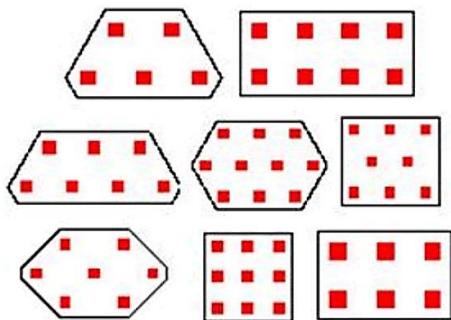
As reações nas estacas devem ser menores ou iguais as forças de compressão e de tração admissíveis.

3.3.5 Blocos sobre muitas estacas

Ramos (2007) informa que no Brasil os métodos mais empregados para o dimensionamento de blocos de coroamento são: o Método das bielas e tirantes, que não se aplica ao dimensionamento de blocos sobre muitas estacas e o Método CEB-FIP (1970), que é método que melhor se aplica a estes blocos. Oliveira (2013) menciona que, não há um estudo contundente que caracterize a real configuração das bielas desses blocos e nem um consenso sobre os conceitos de verificação das regiões nodais.

Sakai (2010) expõe que das várias bibliografias referentes a blocos de coroamento, as análises se referem a no máximo seis estacas por bloco. Barros, Giongo e Oliveira (2014) atentam que neste tipo de bloco, em detalhe da Fig. 36, o comportamento estrutural é mais complexo, devido as estacas estarem em diferentes posições e distancias do pilar. Os autores ainda lembram que, por causa da falta dessas informações, se utiliza o método CEP-FIP (1970) por ser prático e de fácil aplicação, cujo conceitos são baseados na teoria de flexão de vigas.

Figura 36 – Exemplos de blocos sobre muitas estacas



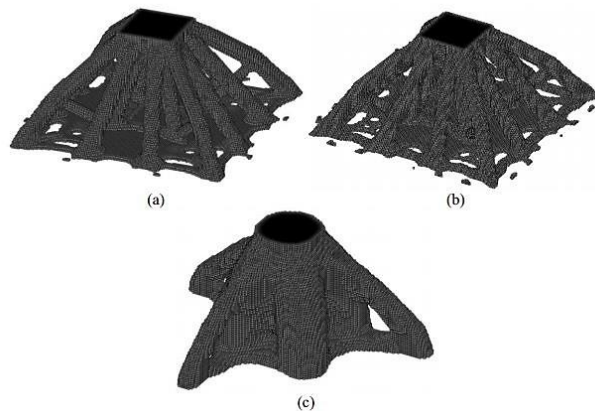
Fonte: Koerich (2014).

3.3.5.1 Análise numérica em blocos sobre muitas estacas

Em análise numérica a um bloco sobre 10 estacas Ramos (2007), observou que em casos de blocos com muitas estacas os resultados obtidos diferem dos resultados dos critérios usuais de dimensionamento. Na ocasião de um bloco analisado, na pior situação, análogo a um solo de baixíssima deformação, as estacas do centro receberam maior carregamento.

Almeida, Carvalho e Pinho (2016) em análise semelhante ao trabalho de Ramos (2007), estudaram blocos sobre diferentes configurações e constataram a influência da rigidez do solo no comportamento do bloco. Consideraram três casos com três tipos de solos, um solo bem flexível, um de rigidez média e outro com solo muito rígido. Nos blocos sobre o tipo de solo rígido com cinco, nove e dezesseis estacas, observou se a concentração das cargas na estaca central do bloco de cinco apoios, porém nos blocos de 9 e 16 estacas (Fig.37), as estacas mais distantes sequer foram solicitadas, ficando a carga distribuída entre os apoios centrais referente as bielas mais próximas da vertical.

Figura 37 – Análise realizada em bloco sobre 16 estacas, em solo tipo muito rígido (c)



Fonte: Almeida, Carvalho e Pinho (2016).

Barros, Giongo e Oliveira (2014) analisaram um bloco sobre seis estacas e afirmam que quanto mais deformável for o solo mais uniformemente são distribuídas as reações entre as estacas, no entanto em solo rígido as cargas se concentram nas estacas com bielas mais inclinadas, sendo as que estão próximo da seção do pilar.

3.3.5.2 Considerações para o dimensionamento de blocos sobre muitas estacas

Ramos (2007) salienta que para o cálculo deste tipo de bloco, vários autores se baseiam no cálculo de sapatas isoladas, em que se adota seções de referência para o seu dimensionamento. E lembra que o método CEB-FIP (1970) utiliza a teoria da flexão de viga, no qual também se adota seções de referência para análise.

Souza (2004) afirmam que o cálculo destes blocos segundo o método de flexão de vigas consiste na aplicação do método das bielas para se dimensionar as armaduras transversais para vigas de concreto armado, ou seja, o bloco é dimensionado como se fosse uma viga sobre apoios simples, que são as estacas. Porém, em regiões localizadas de cargas próximas dos apoios deve-se recorrer ao método das bielas.

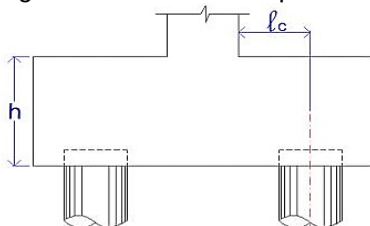
Inicialmente calcula-se a altura útil do bloco como no método das bielas e tirantes, sob o conceito de blocos rígidos, considerando para a estaca mais afastada um ângulo de inclinação de 45° para a biela que a liga ao pilar. A partir da altura útil obtida e de posse do espaçamento da estacas e diâmetros são calculadas as dimensões do bloco, conforme os mesmos critérios do método biela-tirante. A armaduras principais são então calculadas seguindo o método de ruptura ou método de viga. (KOERICH, 2014).

3.3.6 Método FIB Model Code 2010

O método FIB Model Code (2010) somente se aplica aos blocos que satisfaça a condição da Equação 8, segundo as dimensões da Fig. 38:

$$\frac{2}{3} \cdot L_c \leq h \leq 2 \cdot L_c \quad (8)$$

Figura 38 – Dimensões para verificação de bloco rígido



Fonte: Adaptado de Marek Filho (2010).

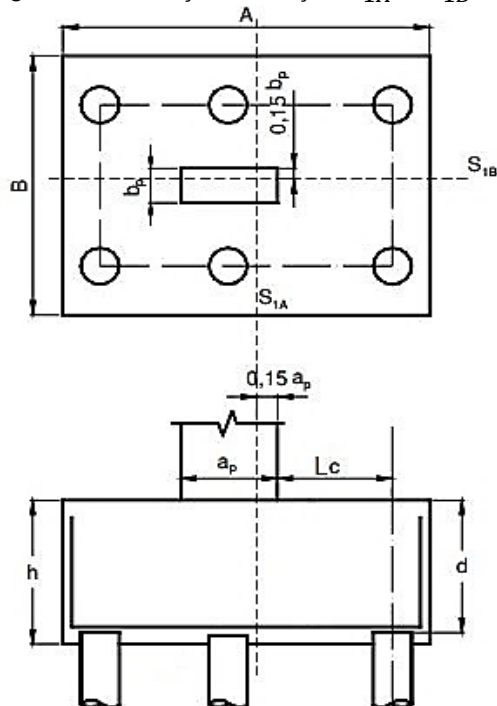
Sendo que:

- l_c - Medida entre a face do pilar e o centro da estaca mais afastada;
- h - Altura do bloco.

Porém, se esta condição não for atendida, o método não poderá ser aplicado.

Bastos (2013) explica que para o cálculo da armadura principal, adota-se uma seção S_1 para cada lado ortogonal, conforme indicado na Fig. 39, situada entre a face e o eixo do pilar, a uma distância de $0,15 a_p$ e $0,15 b_p$, da face do pilar. Alguns autores e normas diferem e uns adotam que S_1 deve estar no centro, outros indicam face externa da seção do pilar (SOUZA, 2004).

Figura 39 – Posição da seção S_{1A} e S_{1B}



Fonte: Adaptado de Bastos (2013).

De posse da distância do centro da estaca a seção S_1 , multiplica-se esta distância pelo valor da reação da estaca e obtêm-se o momento $M_{1A,d}$.

O procedimento para o cálculo da armadura principal na seção S_1 , é semelhante ao realizado em vigas a flexão, ou seja, a taxa de armadura perpendicular à seção S_1 , onde o momento $M_{1A,d}$ foi calculado, é dado pelas Equações 9 e 10 respectivamente, sendo As_B limitado a Equação 11:

$$As_A = \frac{M_{1A,d}}{0,85d_{1A} \cdot f_{yd}} \quad (9)$$

$$As_B = \frac{M_{1B,d}}{0,85d_{1A} \cdot f_{yd}} \quad (10)$$

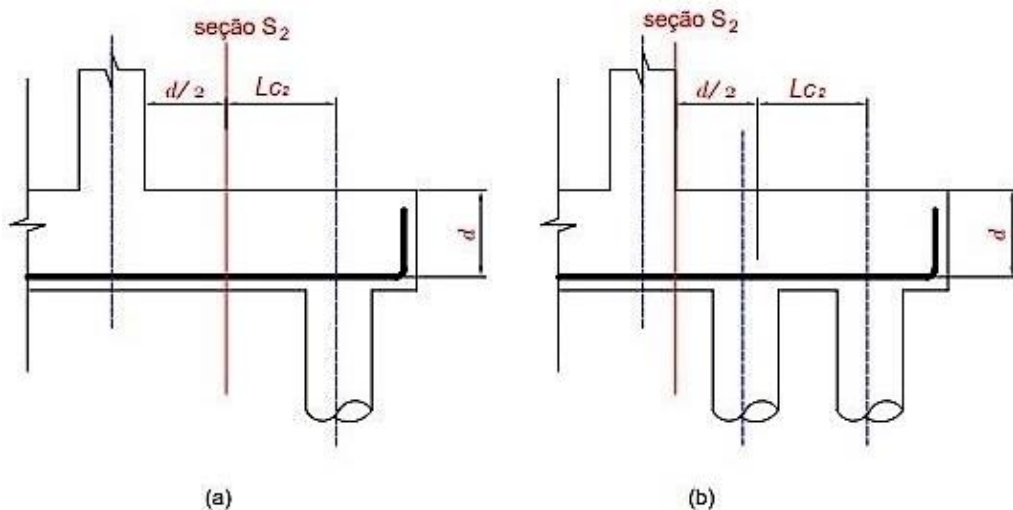
Para $As_A > As_B$

$$As_B \geq \frac{1}{5} \cdot As_A \quad (11)$$

3.3.6.1 Resistência a Força cortante

Ramos (2007) explica que a força cortante é feita em uma seção S_2 paralela a seção S_1 para o calculo dos momentos. O posicionamento da seção S_2 dista metade da altura útil d da face do pilar conforme indica a Fig. 40 (a). E em casos que o alinhamento de estacas situarem dentro da faixa entre S_2 e a face do pilar, a posição de S_2 deve migrar para a face do pilar, conforme indica a Fig. 40 (b).

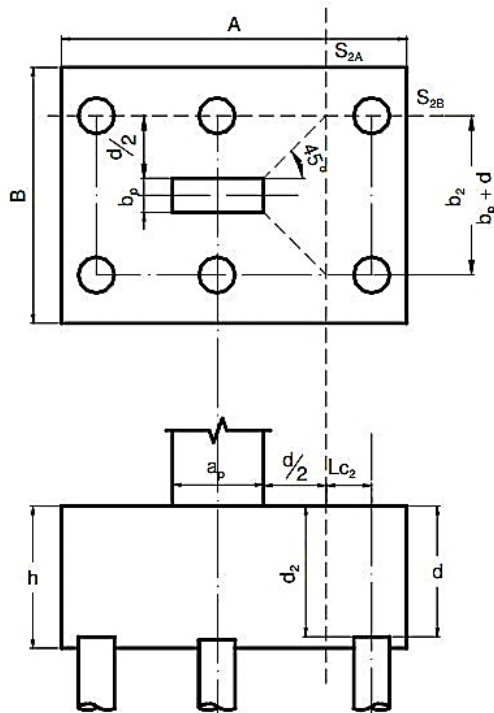
Figura 40 – (a) seção S_2 padrão, (b) seção S_2 imposta



Fonte: Adaptado de Ramos (2007).

A força cortante V_d é igual ao somatório das forças de reação dos apoios aplicadas paralelamente a parte limitada pela seção S_2 . A largura da seção S_2 é dada pela soma de b_p mais d , conforme se observa na planta do bloco da Fig. 41.

Figura 41 – Detalhamentos das seções do cortante no bloco



Fonte: Adaptado de Bastos (2013).

A altura útil d_2 na seção S_{2A} é igual a altura medida na própria seção. Em caso de d_2 exceder $1,5 \cdot L_{c2}$ essa altura passará a igual a $1,5 \cdot L_{c2}$, sendo L_{c2} a medida da seção S_2 ao eixo da estaca mais afastada, conforme se verifica no corte da Fig. 41 mostrada anteriormente.

Sendo assim, a força cortante V_d deve ser $\leq V_{d,lim}$, sendo $V_{d,lim}$ dada pela expressão da Equação 12:

$$V_{d,lim} = \frac{0,25}{\gamma_c} \cdot \left(1 - \frac{L_{c2}}{5d}\right) \cdot b_2 \cdot d_2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (12)$$

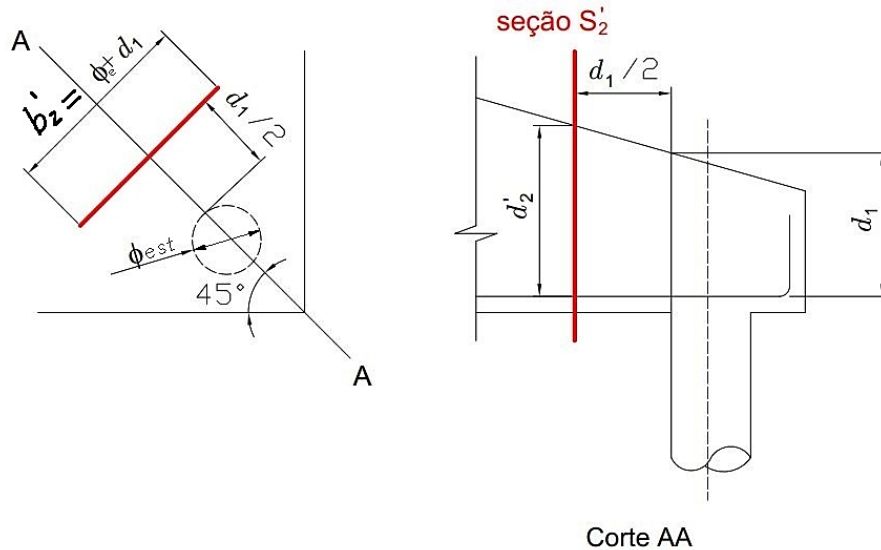
Onde:

- $V_{d,lim}$ - Força cortante limite;
- γ_c - Coeficiente de ponderação do concreto (1,2 para estruturas especiais);
- f_{ck} - Resistência característica do concreto a compressão (em kN);
- b_2 - Lado menor do bloco na seção S_2 (em cm);
- d_2 - Altura útil do bloco na seção S_2 (em cm).

3.3.6.2 Resistência a Força cortante Local

Além da força cortante na seção S_2 paralela a seção S_1 , é verificada a seção diagonal S_2' situada a $d_1/2$ de distância da face da estaca, conforme especifica a Fig. 42 em planta e corte do bloco. A altura d_1 é medida junto a face da estaca e a altura útil d_2' é medida na seção S_2' , conforme indicado no corte AA.

Figura 42 – Detalhe de posicionamento da seção S_2'



Fonte: Adaptado de Ramos (2007).

A força cortante Vd' é igual a reação da estaca Rd e deve ser limitada à força $R_{d,lim} = V_{d,lim}$ (esforço cortante limite), dado pela Equação 13.

$$V_{d,lim} = \frac{0,12}{\gamma_c} \cdot b_2' \cdot d_2' \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (13)$$

3.3.7 Armadura

3.3.7.1 Armadura principal

Considerando ainda o bloco da Fig. 28 e o polígono das forças na Fig. 29 (ambos nas pág. 33 e 34 respectivamente), ao se igualar as expressões 3 e 4 obtêm-se a Equação 14, que determina a força de tração para o bloco da Fig. 28.

$$R_{st} = \frac{F_d \cdot (2 \cdot S - a_p)}{8 \cdot d} \quad (14)$$

Onde:

- R_{st} - Força de tração no tirante;
- F_d - Carga no Pilar;
- S - Espaçamento entre as estacas;
- a_p - Lado maior do pilar;
- d - Altura útil do bloco.

A área de aço é dada pela Equação 15, em que R_{st} é majorado em 15%, segundo Blevot e Fremy (1967):

$$A_s = \frac{R_{st} \cdot 1,15}{f_{yd}} \quad (15)$$

Onde, f_{yd} é a resistência de cálculo característica do aço dada pela Equação 16:

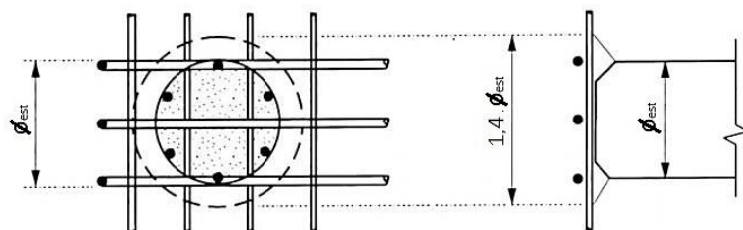
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_f} \quad (16)$$

Onde:

- γ_f - Coeficiente de minoração do aço = 1,15.

A NBR 6118 (ABNT, 2014), recomenda que a armadura de flexão deve se estender de face a face do bloco, tendo 85% da faixa distribuída sobre o diâmetro equivalente de $1,2 \times \emptyset$ estaca, e as pontas devem terminar em gancho nas duas extremidades. Fusco (2013) adota uma faixa sobre as estacas com largura de $1,4 \times \emptyset_{est}$, conforme está representado na Fig. 43.

Figura 43 – Faixa de disposição da armadura principal sobre a estaca



Fonte: Adaptado de Fusco (2013).

Fusco (2013) propõe que apesar de ser interessante a disposição da armadura principal sob as faixas das bielas, deve se evitar o cruzamento de armaduras principalmente em blocos sobre muitas estacas, pois se sobrepõe uma camada de armadura a outra dificultando a concretagem e causa a perda de altura útil. Para bloco com muitas estacas orienta a disposição sobre as duas direções ortogonais, já para blocos de três e quatro estacas poderá haver uso de alternativas

3.3.7.2 Armadura de distribuição

A NBR 6118 (ABNT, 2014) determina que deve se prever esta armadura, além da armadura principal, para 20% dos esforços totais com intuito de controle de fissuração, distribuindo-a uniformemente nas duas direções ortogonais.

3.3.7.3 Armadura de suspensão

A NBR 6118 (ABNT, 2014) determina que em caso de ter sido prevista armadura de distribuição acima de 25% dos esforços totais, deve se prever armadura de suspensão.

3.3.7.4 Armadura Lateral e Superior

A NBR 6118 (ABNT, 2014) obriga que se coloque armadura lateral e superior em blocos com mais de uma estaca, que possuam distribuição das estacas de forma linear. Porém, para os blocos de grande porte recomenda que seja feita uma análise quanto a necessidade destas armaduras.

3.3.7.5 Arranque dos pilares

O comprimento de ancoragem necessário é dado pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014) pela Equação 17:

$$l_{b,nec} = \alpha \cdot l_b \cdot \left(\frac{A_{s,calc}}{A_{s,ef}} \right) \geq l_{b,min} \quad (17)$$

Onde:

- $l_{b,nec}$ - Comprimento de ancoragem necessário;
- α - Coeficiente $\left\{ \begin{array}{l} 1,0 \rightarrow \text{barras sem gancho} \\ 0,7 \rightarrow \text{barras com gancho tracionadas} \end{array} \right.$
- l_b - Comprimento de ancoragem básico;
- $A_{s,calc}$ - Área de aço calculada para ancoragem;
- $A_{s,ef}$ - Área de aço efetiva útil;
- $l_{b,min}$ - Comprimento de ancoragem mínimo;

Sendo l_b dado pela Equação 18:

$$l_b = \left(\frac{\emptyset}{4} \right) \cdot \left(\frac{f_{yd}}{f_{bd}} \right) \geq 25 \cdot \emptyset \quad (18)$$

Onde:

- $\emptyset$ - Bitola da barra;
- f_{yd} - Resistência do aço para cálculo;
- f_{bd} - Resistência de aderência.

Sendo f_{bd} dado pela Equação 19:

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \left(\frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \right) \quad (19)$$

Onde:

- η_1 - Coeficiente do tipo de barra $\left\{ \begin{array}{l} 1,0 \rightarrow \text{barra lisa;} \\ 1,4 \rightarrow \text{barra entalhada;} \\ 2,25 \rightarrow \text{barra nervurada.} \end{array} \right.$
- η_2 - Coeficiente quanto a aderência $\left\{ \begin{array}{l} 1,0 \rightarrow \text{boa aderência;} \\ 0,7 \rightarrow \text{má aderência.} \end{array} \right.$

η_3 - Coeficiente quanto a bitola $\left\{ \begin{array}{l} 1,0 \rightarrow \text{se } \phi \leq 32 \text{ mm;} \\ \frac{(132 - \phi)}{100} \rightarrow \text{se } \phi \geq 32 \text{ mm.} \end{array} \right.$

$f_{ctk,inf}$ - Resistencia característica inferior do concreto;

Sendo $f_{ctk,inf}$ dado pela Equação 20:

$$f_{ctk,inf} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (20)$$

Fusco (2013) afirma que o bloco deve ter altura mínima que comporte $0,6 \cdot l_b$ dentro do bloco, conforme se observa na Fig. 44 do lado direito. Ressalta ainda, que de qualquer forma a armadura de arranque do pilar sempre descera até armadura principal apoiando-se por meio de dobras e que os estribos devem ser postos até a cota de assente para manter as barras verticais na posição durante a concretagem.

Figura 44 – Detalhe do posicionamento do arranque do pilar



Fonte: Adaptado de Fusco (2013).

3.3.8 Concreto

3.3.8.1 Tensão de compressão nas bielas

Do polígono das forças da Fig. 29 (na pag. 34) e da Equação 3, obtemos a força de compressão na biela através da Equação 21:

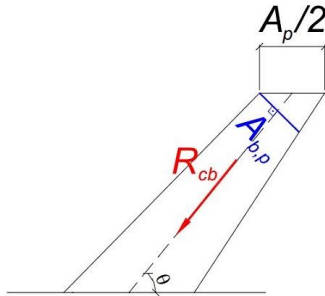
$$R_{cb} = \frac{F_d}{2 \cdot \sin \theta} \quad (21)$$

A partir da força R_{cb} aplicada a área da biela junto ao pilar (A_{bp}) na Fig. 45 e junto a estaca (A_{be}) na Fig. 46, se obtêm a tensão de compressão nas bielas.

3.3.8.2 Tensão de compressão da biela junto ao pilar

A Fig. 45, representa o esquema de ação da força de compressão da biela R_{cb} , aplicada a área da biela junto ao pilar A_{bp} .

Figura 45 – Esquema da força da biela aplicada a área junto ao pilar



Fonte: Munhoz (2004).

Sendo A_{bp} dado pela Equação 22:

$$A_{bp} = \frac{1}{2} \cdot A_p \cdot \text{sen}\theta \quad (22)$$

Logo a Tensão axial na biela junto ao pilar (σ_{cbp}) é obtida pela relação força sobre área Equação 23:

$$\sigma_{cbp} = \frac{R_{cb}}{A_{bp}} \quad (23)$$

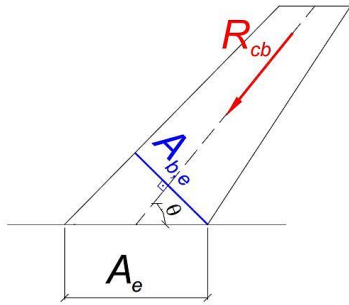
24: Ou ainda por substituição das expressões, temos σ_{cbp} dada pela Equação

$$\sigma_{cbp} = \frac{F_d}{A_p \cdot \text{sen}^2\theta} \quad (24)$$

3.3.8.3 Tensão de compressão da biela junto à estaca

A Fig. 46, representa o esquema de ação da força de compressão da biela R_{cb} , aplicada a área da biela junto a estaca A_{be} .

Figura 46 – Esquema força da biela aplicada a área junto a estaca



Fonte: Munhoz (2004).

Juntos à estaca, o processo é o mesmo, em que a força da biela R_{cb} é aplicada a sobre área junto a estaca (A_{be}) para se obter a tensão σ_{cbe} na Equação 25:

$$\sigma_{cbe} = \frac{R_{cb}}{A_{be}} \quad (25)$$

Sendo A_{be} obtido pela Equação 26:

$$A_{be} = A_e \cdot \text{sen}\theta \quad (26)$$

E na substituição das expressões, temos σ_{cbe} dado na Equação 27:

$$\sigma_{cbe} = \frac{F_d}{2 \cdot A_e \cdot \text{sen}^2\theta} \quad (27)$$

3.3.8.4 Tensões limites nas Bielas

Blévyot e Fremy (1967) afirmam que as tensões limites nas bielas, minoram a tensão de compressão suportada pelo concreto visando a segurança evitando que o bloco trabalhe no limite. Para o bloco da Fig. 28 é apresentado a seguir as tensões limites:

Junto ao pilar (Equação 28):

$$\sigma_{cbe,lim,pilar} = 1,4 \cdot f_{cd} \quad (28)$$

Junto à estaca (Equação 29):

$$\sigma_{cbe,lim,estaca} = 0,85 \cdot f_{cd} \quad (29)$$

Sendo f_{cd} a resistência de cálculo do concreto a compressão, dada na Equação 30:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (30)$$

Onde:

- f_{ck} - Resistencia característica do concreto a compressão;
- γ_c - Coeficiente de minoração do concreto = 1,4.

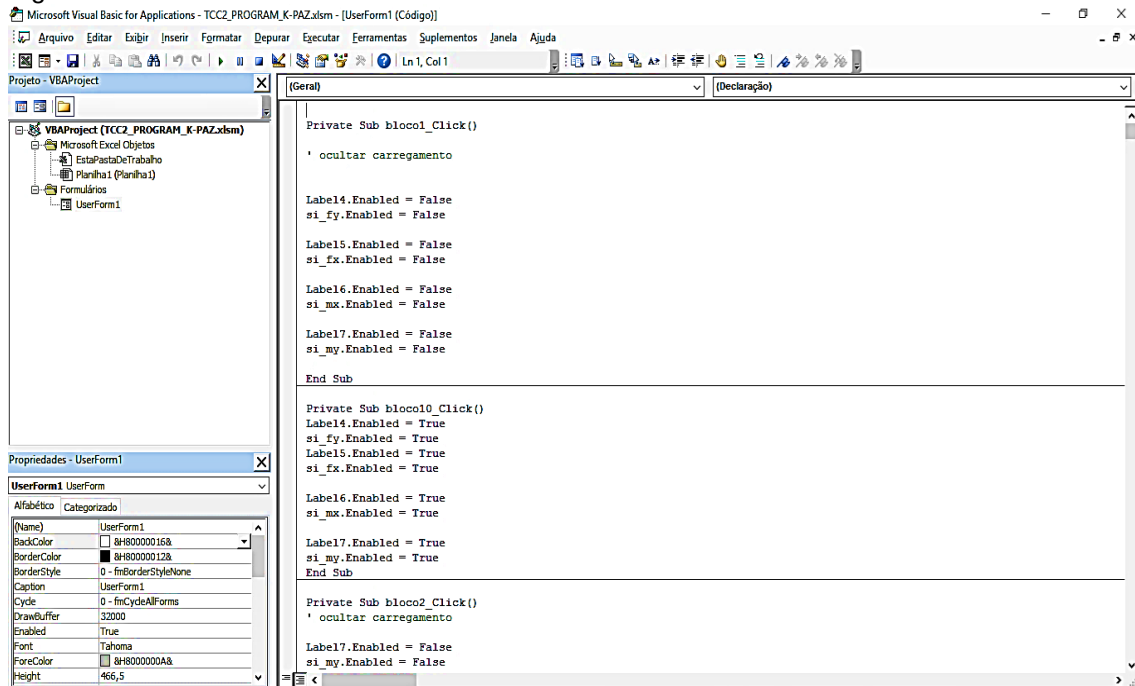
3.3.9 Visual Basic for Applications (VBA)

O VBA é definido por Walkenbach (2013) como sendo uma linguagem de programação que se constitui em uma ferramenta capaz de desenvolver comandos para *Excel*® executar tarefas complexas ou corriqueiras de forma ágil e precisa. O autor afirma que o VBA automatiza essas tarefas através de macros (do grego *makros*, que significa grande), em vez de se perder horas na inserção de comandos, de forma que o *hardware* e *software* faça toda a tarefa atribuída.

O periódico Treinamento avançado em *Excel*® (Pinto, 2006) expõe que através dos macros é possível inserir sequencias de procedimentos, automatizando a maior porção de tarefas repetidas, e também permite otimizar e agregar novas funções ao *Excel*®.

Otsuka (2012) informa que todos os computadores que possuem o *Microsoft Office* têm à disposição o VBA, porem muitos desconhecem, pois o mesmo fica oculto devendo ser ativado através da guia desenvolvedor. Alves (2015) acrescenta que através da janela do *Visual Basic Editor* (VBE), apresentada na Fig. 47, são editados os módulos, que são um conjunto agrupado de *procedures* ou procedimentos, também denominados de macros.

Figura 47 – Janela do Visual Basic Editor no MS Excel



Fonte: Elaborado pelos Autores (2017).

Os procedimentos (macros) são constituídos por códigos que executam a ação projetada e podem ser de dois tipos:

Sub procedure: quando se deseja que a instrução execute uma tarefa específica. Como exemplo da Fig. 48, em que o código diz para exibir uma mensagem na tela:

Figura 48 – Exemplo de Sub procedure

```

1  Sub ExibirMensagem()
2
3  MsgBox "Olá, Mundo!"
4
5  End Sub

```

Fonte: Alves (2015).

Function procedure: é uma instrução para se obter um resultado de variados cálculos. No exemplo da Fig. 49, tem-se uma função média de dois valores.

Figura 49 – Exemplo de Function procedure

```

1  Function CalcMedia(num1, num2)
2
3  CalcMedia = (num1 + num2)/2
4
5  End Sub

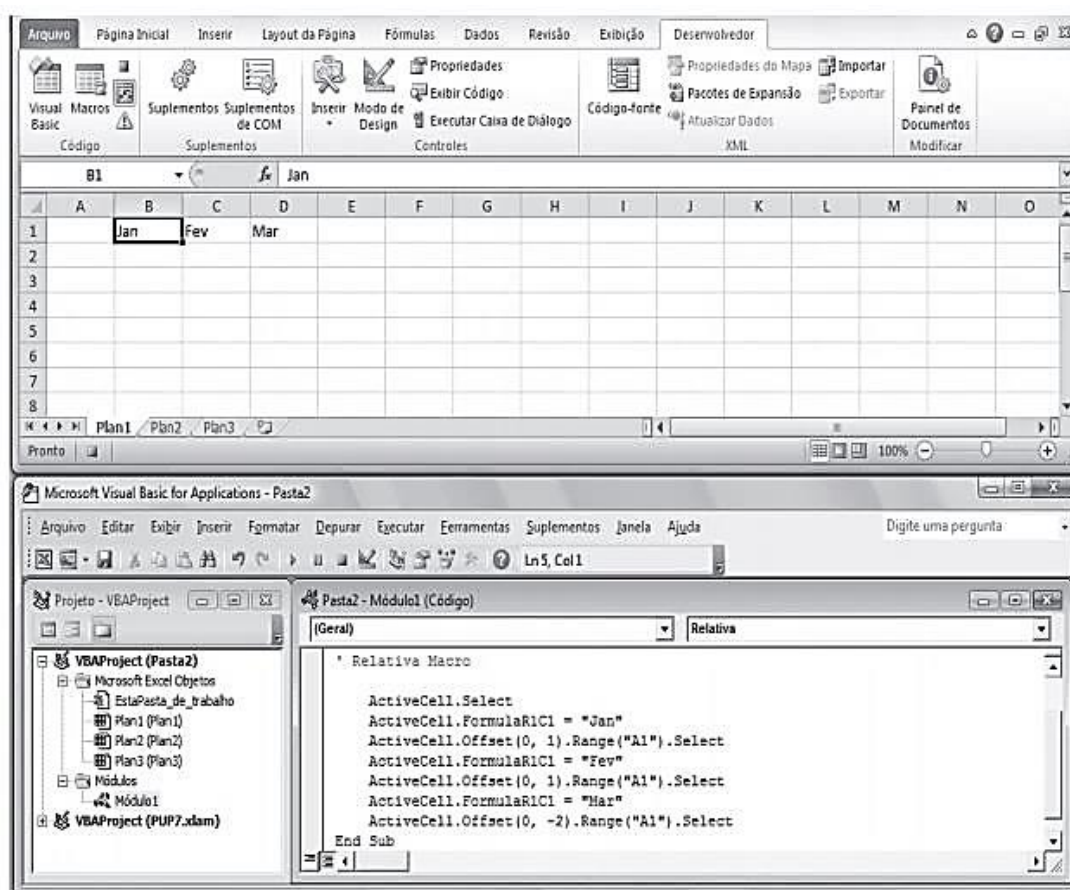
```

Fonte: Alves (2015).

No VBA os procedimentos sempre começam com os termos *Sub* ou *Function* (Pinto, 2006). Porém, o procedimento *Function* só pode ser inserido manualmente e não por meio do gravador de macros, afirma Walkenbach (2007).

Os macros são caminhos que se fazem uma vez de modo que o excel o execute da mesma forma várias vezes, ou seja, o *MS Excel* recebe os códigos de movimentação do mouse e digitação no teclado e o mantém gravados. As macros podem ser gravadas em modo relativo ou absoluto, sendo a modalidade absoluto o padrão no excel, conforme evidencia Walkenbach (2013). A Fig. 50 apresenta uma forma de se observar o processo de gravação de macros.

Figura 50 – Forma de observar a gravação de macros



Fonte: Walkenbach (2013).

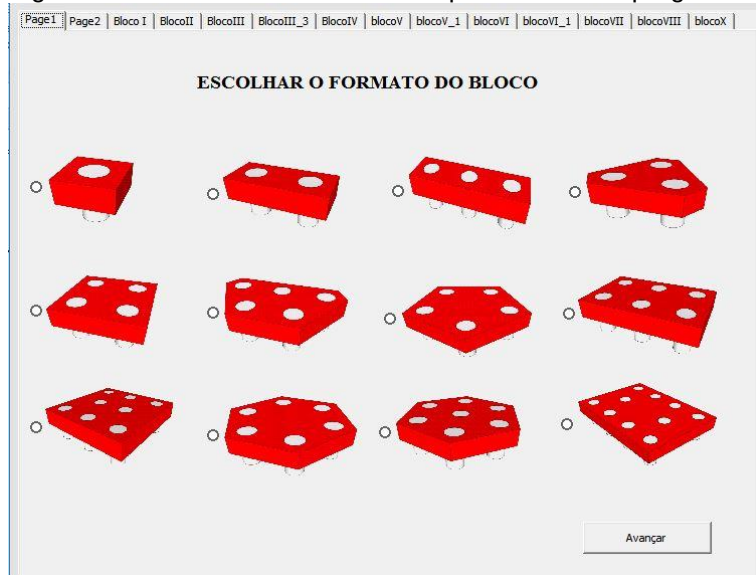
4 METODOLOGIA

Os programas computacionais de cálculo de fundações podem contribuir eficazmente para resultados mais precisos e satisfatórios para os projetos de engenharia de fundações. Com a finalidade de cooperar para esta área de projeções, propôs-se a realização de uma ferramenta computacional de cálculo de blocos sobre fundações pelo método das bielas e tirantes.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

O desenvolvimento da ferramenta teve início com a disposição dos campos de entrada de dados, e os botões de retorno e o de avançar. Em seguida, fez-se a escolha da família de blocos que seriam disponibilizados para o cálculo no programa, após sintetizar os mais representativos se chegou aos doze modelos disponíveis na interface de entrada do programa, conforme apresenta a Fig. 51.

Figura 51 – Interface de escolha do tipo de bloco no programa

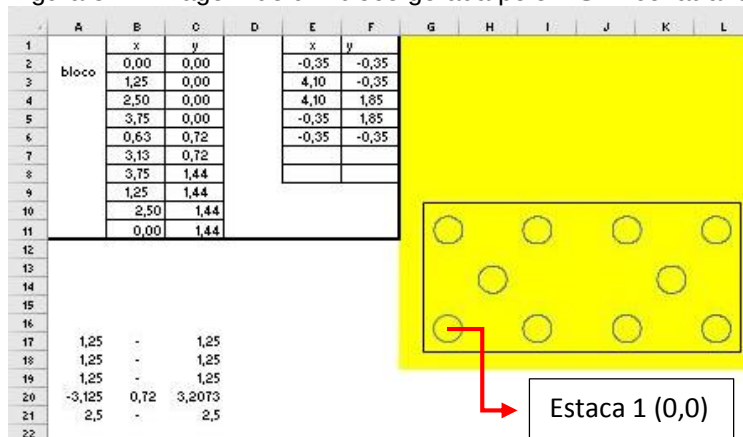


Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Posteriormente inseriu-se as coordenadas dos vértices dos blocos e das estacas no plano ortogonal (Fig. 52). O procedimento consistiu de transferir as coordenadas (x,y) no plano cartesiano, para que o *MS Excel* gerasse a figura do bloco com as estacas, sendo a estaca inferior esquerda a estaca 1 (0,0) e a estaca a sua direita a estaca de coordenada (S,0), sendo 'S' a distância entre as estacas de $2,5 \times \varnothing$

da estaca. Sendo as demais estacas e também os vértices do bloco foram orientados, tendo a estaca (0,0) como referência.

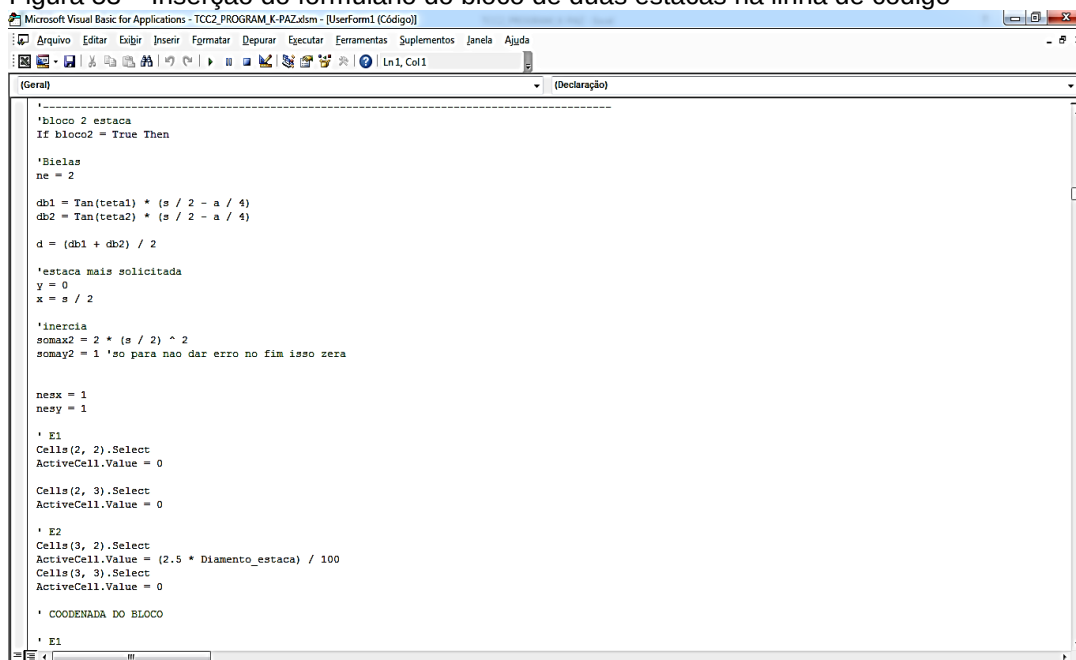
Figura 52 – Imagem de um bloco gerada pelo *MS Excel* através das coordenadas inseridas



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Para a concepção da linha de código, necessária para assimilar as informações de entrada com os parâmetros das normas, foram obtidas através da teoria disponível, as formulações para o cálculo das bielas e dos tirantes, e também as verificações das bielas para cada bloco (Fig. 53). Essas equações foram inseridas na forma de rotina e sub-rotinas, que tornaram possível a automatização dos cálculos pelo programa.

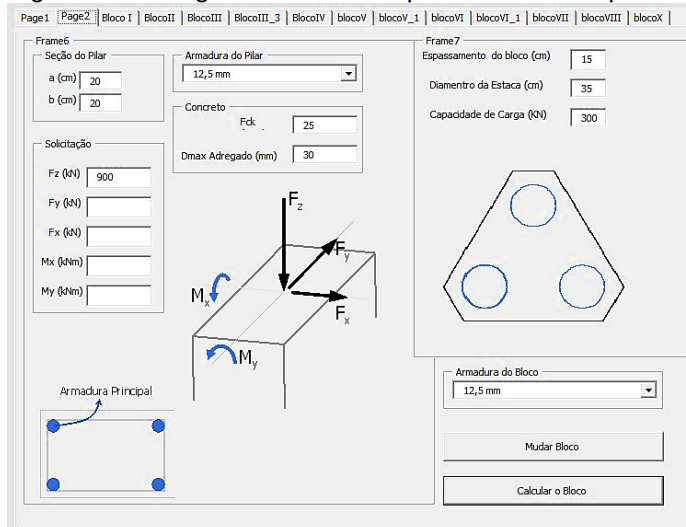
Figura 53 – Inserção do formulário do bloco de duas estacas na linha de código



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Após clicar no botão calcular bloco, a interface apresenta a planta do bloco escolhido, e gera as informações de detalhamento no bloco correspondente, conforme o exemplo da Fig. 54.

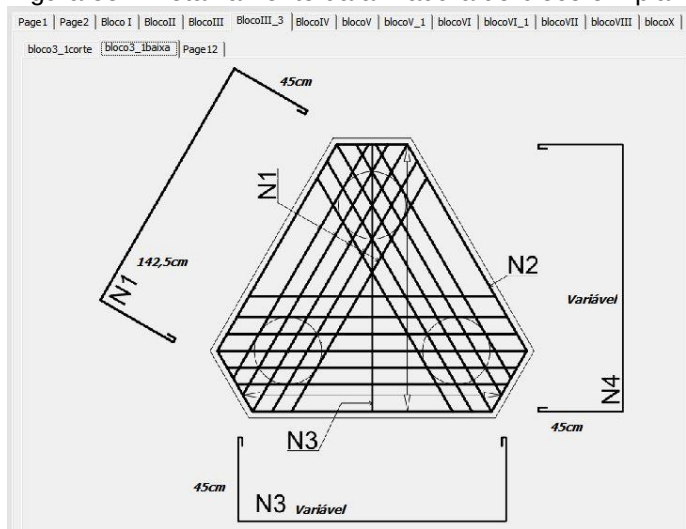
Figura 54 – Imagem de um bloco pre-visualizado após o calculo



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Após o cálculo o programa emite a relação de barras no detalhamento do bloco calculado Fig. 55.

Figura 55 – Detalhamento da armadura do bloco em planta



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

São emitidos ainda o detalhamento em corte do bloco e dimensões de forma do bloco calculado pelo programa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 INTERFACE DE ENTRADA DE DADOS

A interface do programa K-PAZ foi desenvolvida para de forma amigável permitir a inserção dos dados de entrada de maneira interativa. Após a escolha do tipo de bloco na página inicial do programa, ao clicar no botão avançar, abrir-se-á uma página igual da Fig. 56 com os campos de entrada, onde se terá os seguintes campos de preenchimento.

Figura 56 – Pagina de entrada de dados do programa

The interface is a software window titled 'K-PAZ' with multiple tabs. The active tab is 'Page2'. The window is divided into several functional areas:

- Frame6: Seção do Pilar** (Column Section): Includes input fields for dimensions 'a (cm)' and 'b (cm)', a dropdown for 'Armadura do Pilar' (Column Reinforcement), and a section for 'Concreto' (Concrete) with fields for 'Fck' and 'Dmax Adregado (mm)'.
- Solicitação** (Loading): A group of input fields for forces and moments: 'Fz (kN)', 'Fy (kN)', 'Fx (kN)', 'Mx (kNm)', and 'My (kNm)'.
- Diagrama**: A 3D perspective view of a rectangular column. It shows coordinate axes and vectors for forces (F_z , F_y , F_x) and moments (M_x , M_y) acting on the column.
- Frame7**: Includes input fields for 'Espessamento do bloco (cm)' (Block thickness), 'Diâmetro da Estaca (cm)' (Pile diameter), and 'Capacidade de Carga (kN)' (Load capacity).
- Armadura do Bloco**: A dropdown menu for selecting the block reinforcement.
- Buttons**: Two buttons at the bottom right, 'Mudar Bloco' (Change Block) and 'Calcular o Bloco' (Calculate Block).
- Diagrama de Armadura**: A small schematic diagram in the bottom left showing the 'Armadura Principal' (Main Reinforcement) layout with four reinforcement bars at the corners of a rectangle.

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Cada campo terá uma influência nas dimensões e detalhamento do bloco, esses campos são detalhados a seguir.

5.1.1 Seção do Pilar

Compreende os valores das medidas da seção do pilar, lado maior (a) e lado menor (b).

5.1.2 Solicitação

Dispõe dos campos para inserção das forças normais (F_z) do pilar, forças horizontais F_x e F_y quando houver, e dos momentos M_x e M_y . Nesses campos o programa limita o usuário quando se trata de carga de momentos e forças, em caso dos blocos lineares (Fig. 57).

Figura 57 – Limitações para os blocos: (a) bloco de 01 estaca e (b) bloco de 02 e 03 estacas linear

(a)

(b)

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

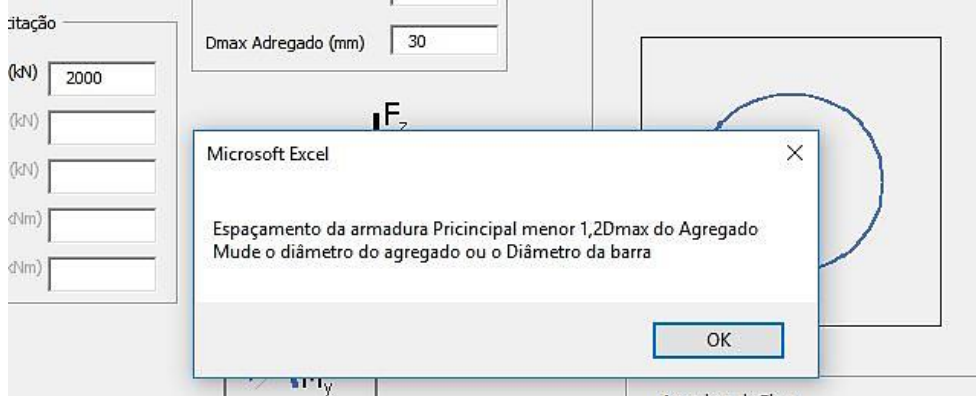
5.1.3 Armadura do Pilar

A armadura longitudinal do pilar pode ser escolhida em 5,0 mm ferro CA-60 ou as bitolas de 6,3 mm a 32,0 mm ferro CA-50. Porém o usuário deve estar ciente de que a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) recomenda a bitola mínima de 10,0 mm para estruturas de concreto armado do tipo pilar.

5.1.4 Concreto do bloco

Neste campo é definido a resistência característica do concreto a compressão (f_{ck}) e também o diâmetro máximo do agregado a ser utilizado no concreto. Quando o espaçamento é insuficiente o programa sugere mudanças (Fig. 58).

Figura 58 – Sugestão quando o espaçamento é insuficiente em relação ao diâmetro do agregado



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.1.5 Diâmetro da estaca e Espaçamento do bloco (balanço)

Nesses campos são inseridos o espaçamento do bloco, que é a dimensão mínima entre a face da estaca e a borda do bloco e também o diâmetro da estaca utilizada no bloco (Fig. 59).

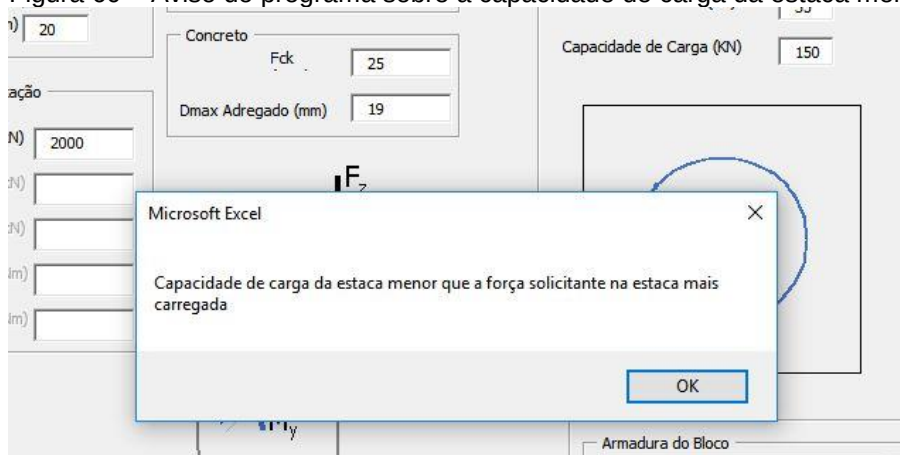
Figura 59 – Campos de espaçamento do bloco, diâmetro e capacidade de carga da estaca

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.1.6 Capacidade de carga da estaca

Esse campo é um dos mais importantes para a concepção do tipo de bloco escolhido, pois a capacidade de carga da estaca limitará a distribuição do número de estacas do bloco, podendo ser necessário um bloco com maior número de estacas, ou um tipo de estaca com maior capacidade de carga. Nesse caso o programa emite um aviso conforme a Fig. 60, de que a força solicitante na estaca é superior a capacidade de carga da estaca.

Figura 60 – Aviso do programa sobre a capacidade de carga da estaca menor que a solicitante



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.1.7 Armadura do bloco

Neste campo se define a armadura principal do bloco escolhido, com as opções de 5,0 mm ferro CA-60 ou as bitolas de 6,3 mm a 32,0 mm ferro CA-50. O usuário deve atentar que, por essa armadura está num meio constantemente úmido, o uso de um diâmetro inferior a 12,5 mm para esta armadura deve ser verificado, devido a possível perda de seção por corrosão.

5.1.8 Botão Mudar Bloco

Este botão permite ao usuário escolher outro bloco na página do catalogo de blocos, mantendo os dados já informados (Fig. 61).

Figura 61 – Botão mudar bloco



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.1.9 Botão Calcular Bloco

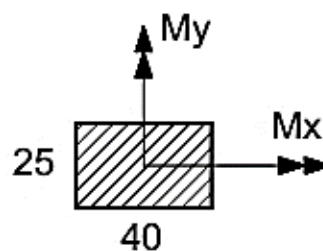
Este botão é o comando principal do programa, após inseridos os dados em todos os campos, o mesmo autoriza o programa efetuar os cálculos e emite os dados de detalhamento de armadura e dimensões dos blocos.

5.2 VALIDAÇÃO

Como já proposto anteriormente o programa após sua finalização teria de passar por um processo de validação do código criado, de forma a verificar a eficiência do código para realização do desafio que é calcular um exemplo já realizado por outros autores. Para essa verificação foi utilizado os dados de cálculo do exemplo da apostila Projeto estrutural de blocos sobre estacas do Professor Gerson Alva da Universidade Federal de Santa Maria (2007).

No programa K-PAZ foram inseridos os seguintes dados utilizados no exemplo da apostila, no caso, um bloco para 04 estacas quadrado, conforme apresentado na relação na Fig. 62.

Figura 62 – Dados do exemplo da apostila



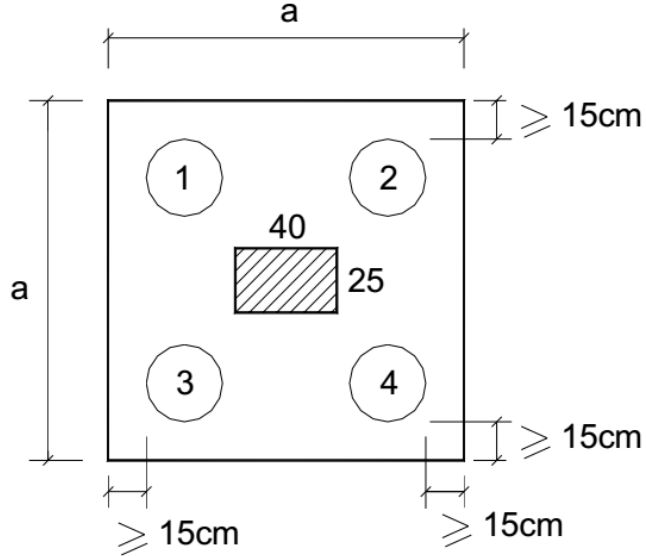
Carregamento	Força normal (kN)	Momento Mx (kN.m)	Momento My (kN.m)
Ações Permanentes	700	0,0	0,0
Sobrecarga de uso	175	0,0	0,0
Vento à 0°	0,0	0,0	40,0
Vento à 90°	0,0	30,0	0,0

- Armadura longitudinal do pilar: $10\phi 12,5$
- Estacas moldadas no local de 32cm de diâmetro, com carga admissível de 250kN.
- Materiais: Concreto C20 e Aço CA-50.
- Armaduras principais de tração segundo os lados.
- Cobrimento: 4,5cm
- Distância do eixo da armadura principal à face inferior do bloco: $d' = 7,0\text{cm}$.
- Utilizar dimensões múltiplas de 10cm para as dimensões em planta (critério adotado).
- Projetar o bloco como rígido (critério adotado).

Fonte: Alva (2017).

A Fig. 63 exibe um esquema em planta do bloco calculado no exemplo da apostila.

Figura 63 – Planta do exemplo da apostila



Fonte: Alva (2017).

O exemplo da apostila para as duas direções ortogonais, obteve os valores das armaduras no Quadro 1 e das dimensões no Quadro 2.

QUADRO 1: Armadura do bloco da apostila

Descrição	Área de aço (cm ²)	D. da barra (mm)	Espaçamento (cm)
Armadura Principal	4,69	12,5	10,5
Armadura de Pele	8,59	12,5	17,3
Armadura de Suspensão	4,91	12,5	16,6

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

QUADRO 2: Dimensões do bloco da apostila

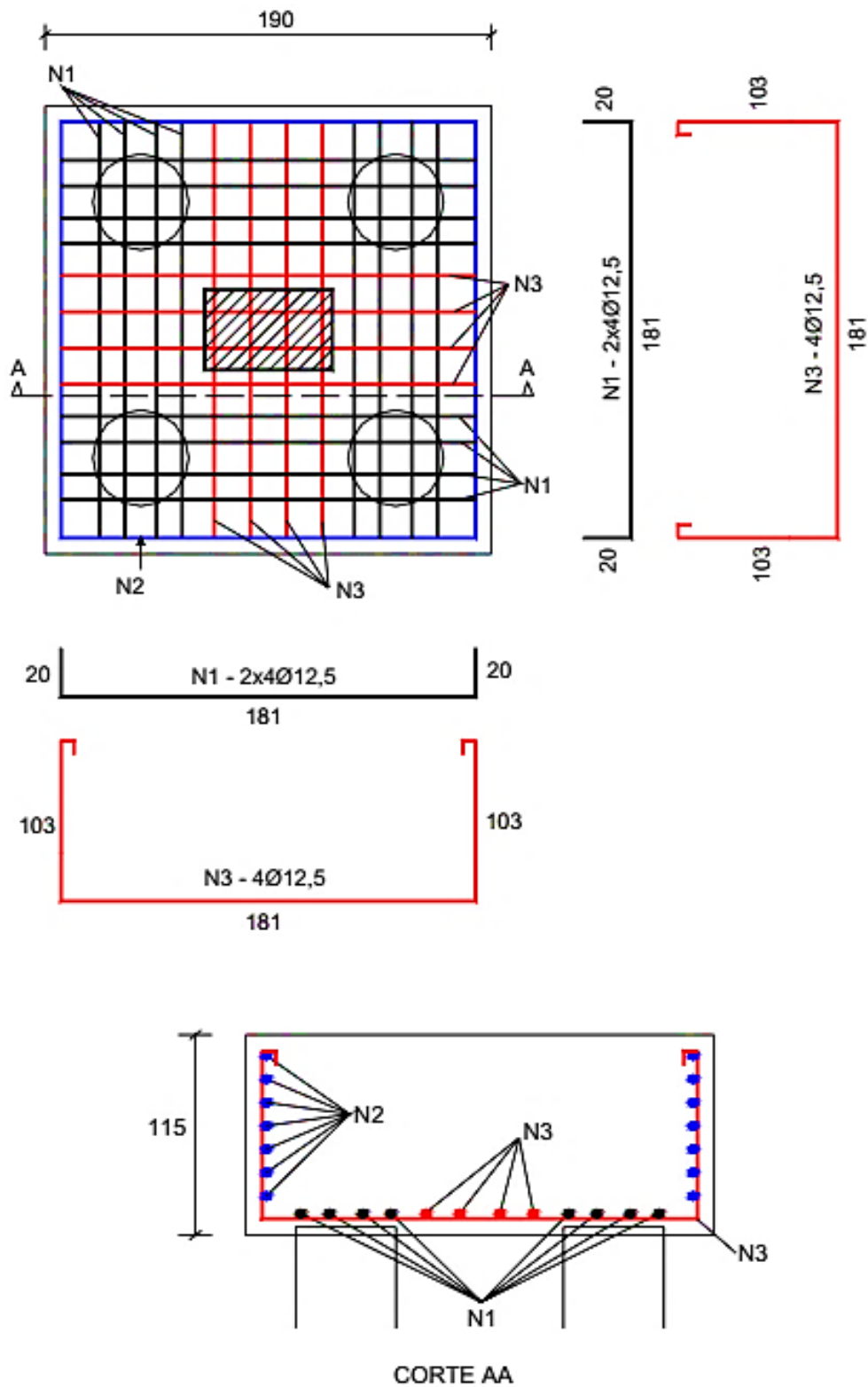
Descrição	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Altura H (cm)
Dimensões	190	190	115

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Foi apresentado pela apostila o detalhamento estrutural do bloco, conforme a Fig. 64. Sendo possível observar que para as armaduras principais, foram dispostas

em 4 barras de 12,5 mm sobre as estacas unindo os quatro pontos formados pela posição das estacas, conforme se tem recomendado no meio técnico.

Figura 64 – Detalhamento de armadura, corte e forma do bloco do exemplo da apostila



Fonte: Alva (2017).

Após a escolha do bloco de 4 estacas na página inicial do programa e acionado o botão avançar, foram inseridos os dados do enunciado do exercício da apostila na interface de entrada de dados do programa, conforme apresenta a Fig. 65.

Figura 65 – Dados da apostila no programa

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Aplicando-se os dados do exemplo da apostila no programa K-PAZ obteve os seguintes resultados apresentados pelo Quadro 3 correspondentes as armaduras e pelo Quadro 4, referente a dimensão do bloco.

QUADRO 3: Resultado de armadura do bloco pelo programa

Descrição	Área de aço (cm ²)	D. da barra (mm)	Espaçamento (cm)
Armadura Principal	4,70	12,5	10,6
Armadura de Pele	8,59	12,5	17,5
Armadura de Suspensão	4,91	12,5	16,0

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

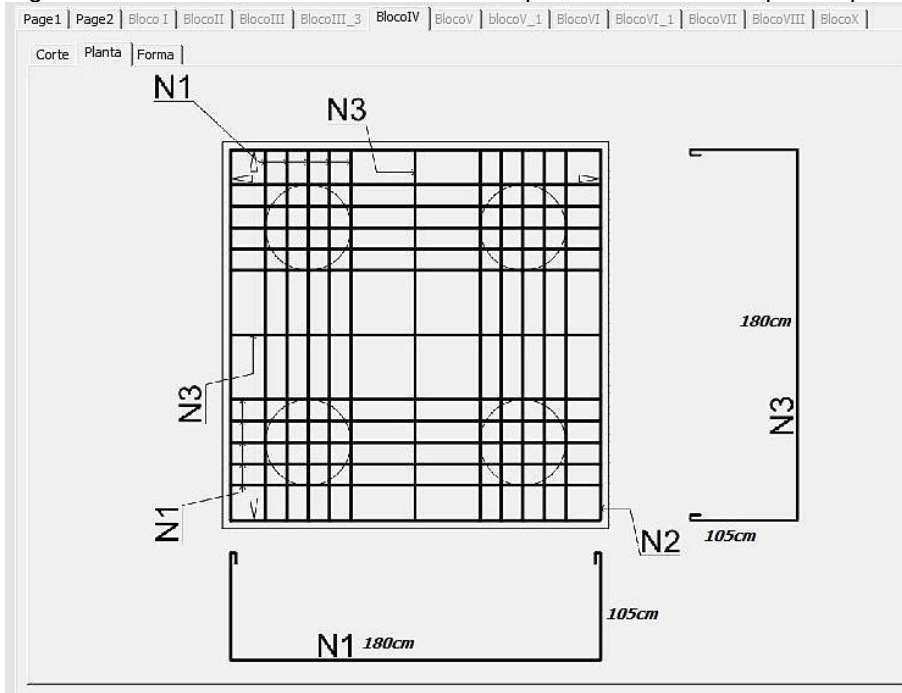
QUADRO 4: Resultado das dimensões do bloco pelo programa

Descrição	Lado A (cm)	Lado B (cm)	Altura H (cm)
Dimensões	190	190	115

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O programa gerou o detalhamento do bloco em planta, Fig. 66.

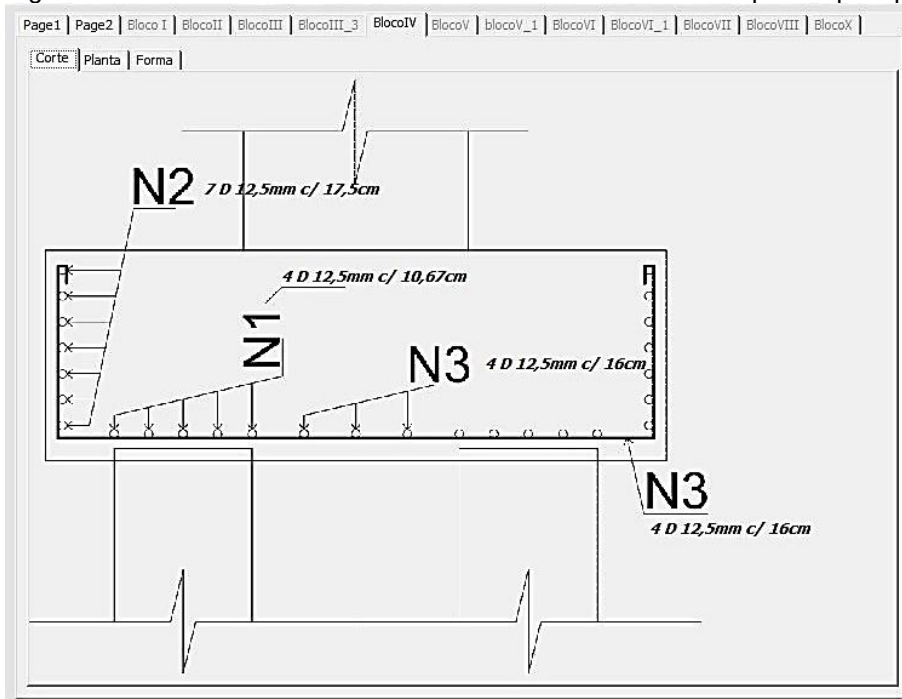
Figura 66 – Detalhamento de armadura em planta do bloco da apostila pelo programa



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Na Fig. 67, apresenta o detalhamento de corte do bloco calculado.

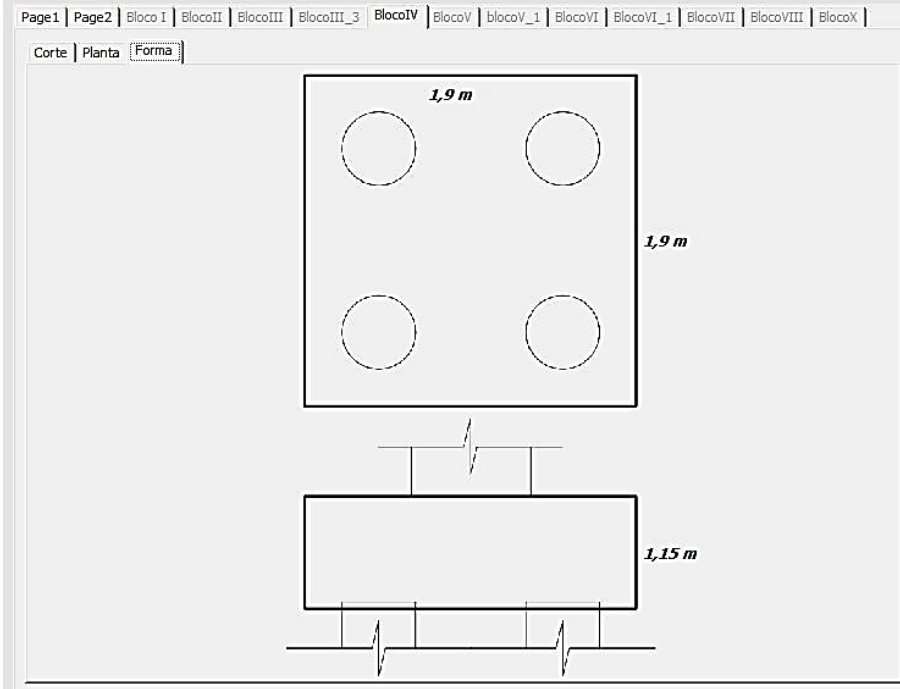
Figura 67 – Detalhamento da armadura em corte do bloco da apostila pelo programa



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

E na Fig. 68, o programa detalha a forma do bloco, cuja as medidas conferem com o bloco da apostila.

Figura 68 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco da apostila pelo programa

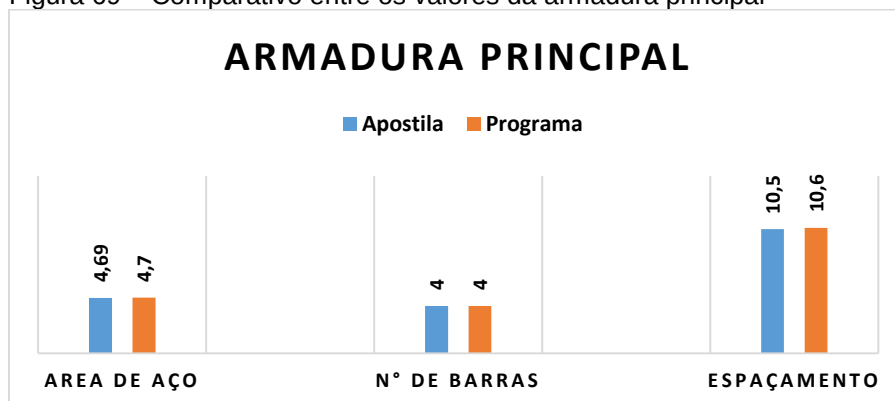


Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Através dos dados obtidos pelo programa K-PAZ e dos dados do exemplo da apostila fez se um comparativo entre os resultados obtidos. Os comparativos entre os dados da literatura e do programa são apresentados pelos gráficos das Fig. 69, 70, 71 e 72.

Na Fig. 69, faz se um comparativo de área (cm^2), número e espaçamento (cm) das barras principais, onde se observa diferença máxima entre os comparativos, menor que 1%.

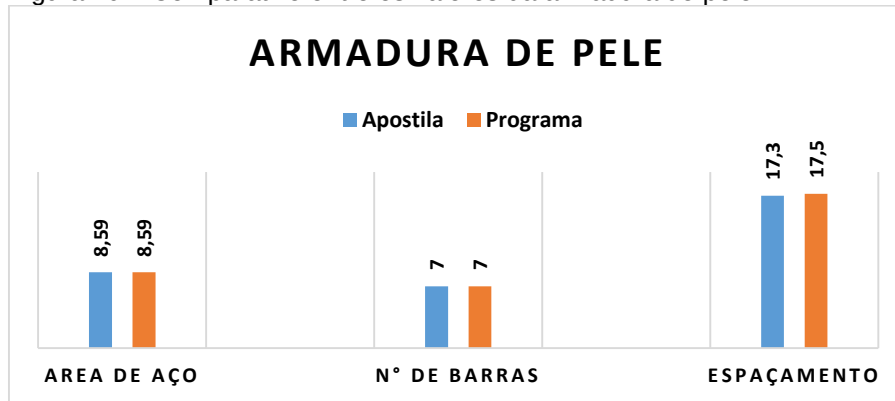
Figura 69 – Comparativo entre os valores da armadura principal



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Na Fig. 70 faz se novamente um comparativo de área (cm²), número e espaçamento (cm) das barras de armadura de pele, onde se observa a mesma porcentagem menor que 1% para a diferença máxima entre os dados comparados.

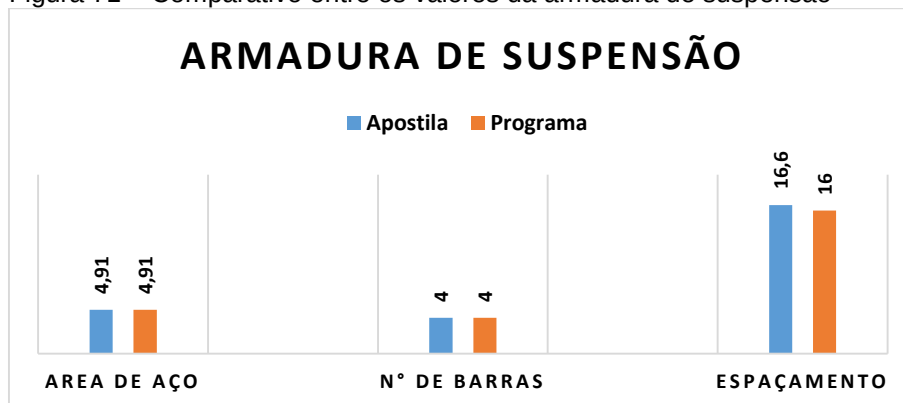
Figura 70 – Comparativo entre os valores da armadura de pele



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Da mesma forma na Fig. 71, o valor máximo de diferença não foi significativo para os comparativos de área de aço (cm²), número e espaçamento (cm) de barras.

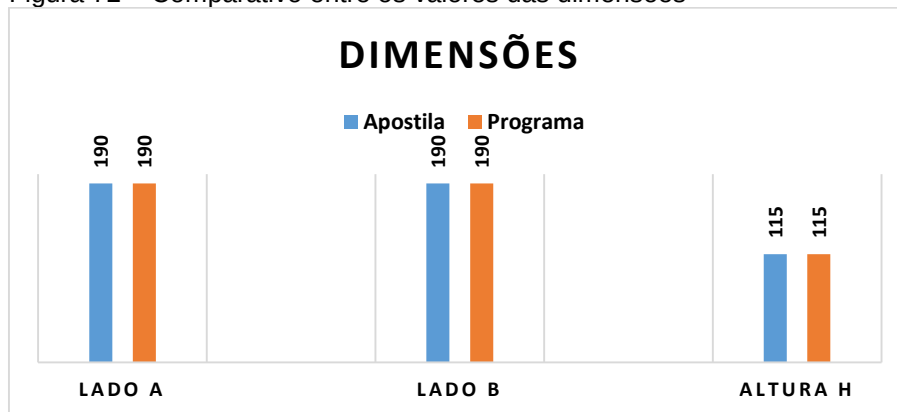
Figura 71 – Comparativo entre os valores da armadura de suspensão



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

No comparativo da Fig. 72, entre as medidas de Lado e altura, não houve nenhuma diferença entre as medidas do detalhamento do bloco da apostila e do programa.

Figura 72 – Comparativo entre os valores das dimensões



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A partir dos comparativos apresentados, observa-se que não houve diferenças significativas entre os valores, portanto confirma-se a capacidade do programa K-PAZ de realizar os cálculos com eficiência, dessa forma pode se afirmar que o mesmo foi validado.

5.3 RESULTADOS

Após feita a validação do programa foram realizados ainda os cálculos dos blocos de 01 estaca, 02 estacas, 03 estacas (triangular) e o bloco de 10 estacas.

5.2.1 Bloco de 01 estaca

Este bloco é recomendado para cargas apenas de natureza normal no sentido do eixo da estaca. Para o cálculo deste bloco foram usados os seguintes dados do Quadro 05.

QUADRO 05: Dados do exemplo para Bloco com 01 estaca

Seção do pilar (cm)	40x30
Solicitação Normal (kN)	240
Armadura Longitudinal do Pilar (mm)	12,5
Fck do Concreto (Mpa)	30
Diâmetro Máximo do agregado (mm)	16
Espaçamento bloco (cm)	15
Diâmetro da estaca (cm)	60
Capacidade de carga da estaca (kN)	250
Armadura do Bloco (mm)	16

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

No cálculo do bloco de 01 estaca, inicialmente foi escolhido o bloco de 01 estaca na página inicial do programa K-PAZ, conforme mostra a Fig. 73.

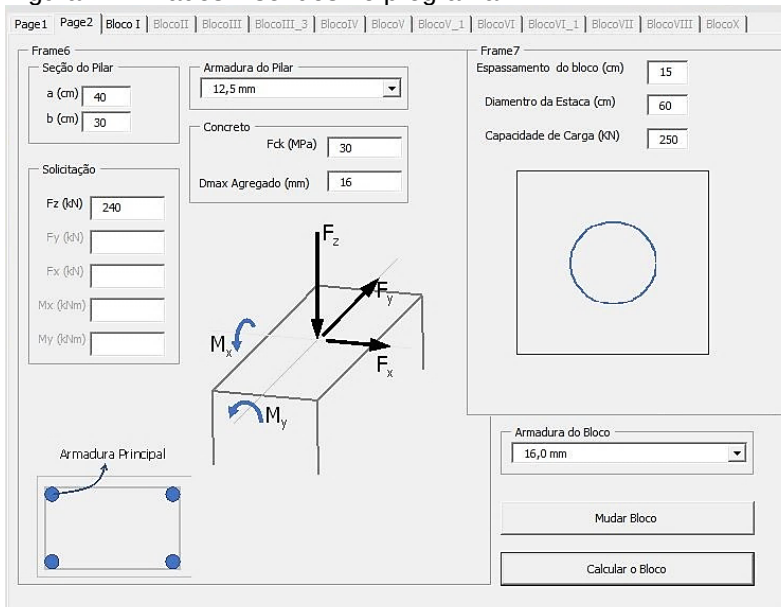
Figura 73 – Escolha do bloco 01 no programa



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Em seguida, foram inseridos os dados de entrada nos respectivos campos, conforme a Fig. 74. No campo “solicitação”, ao usuário somente é possível a inserção da carga normal devido as limitações desse tipo de bloco ao receber cargas laterais e momentos em ambos os eixos ortogonais necessitando para isso de vigas de equilíbrio em ambos os lados.

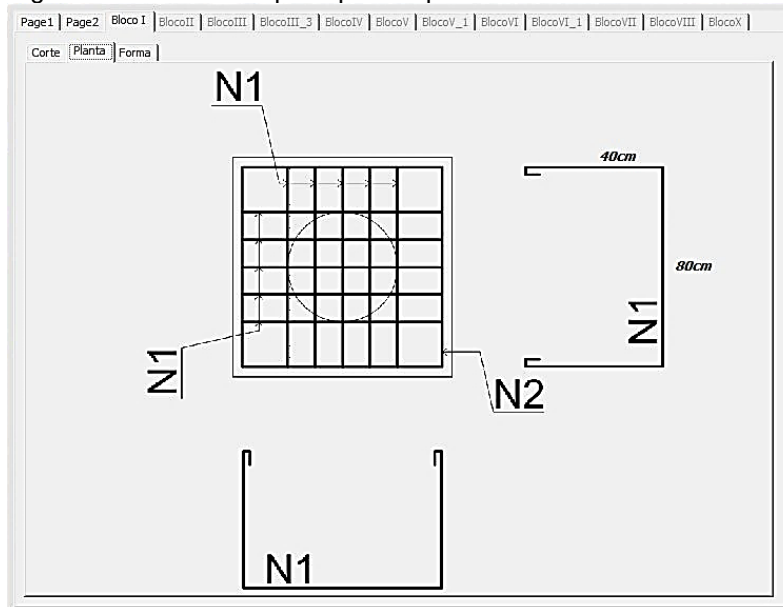
Figura 74 – Dados inseridos no programa



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Após clicar o botão “Calcular o Bloco”, o programa gerou os dados do detalhamento da armadura e forma. Na Fig. 75 está representado o detalhamento da armadura em planta do bloco de 01 estaca calculado pelo programa.

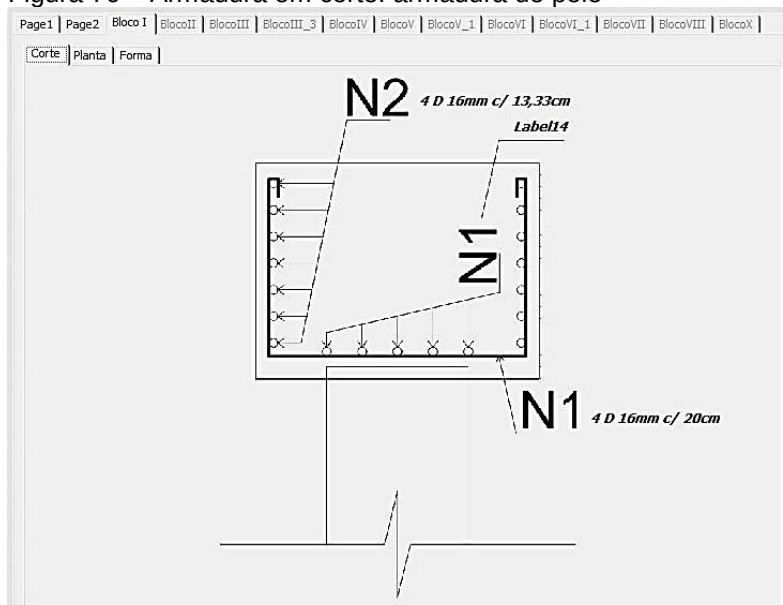
Figura 75 – Armadura principal em planta



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Na Fig. 76, observa-se a disposição da armadura de pele ao longo da altura do bloco.

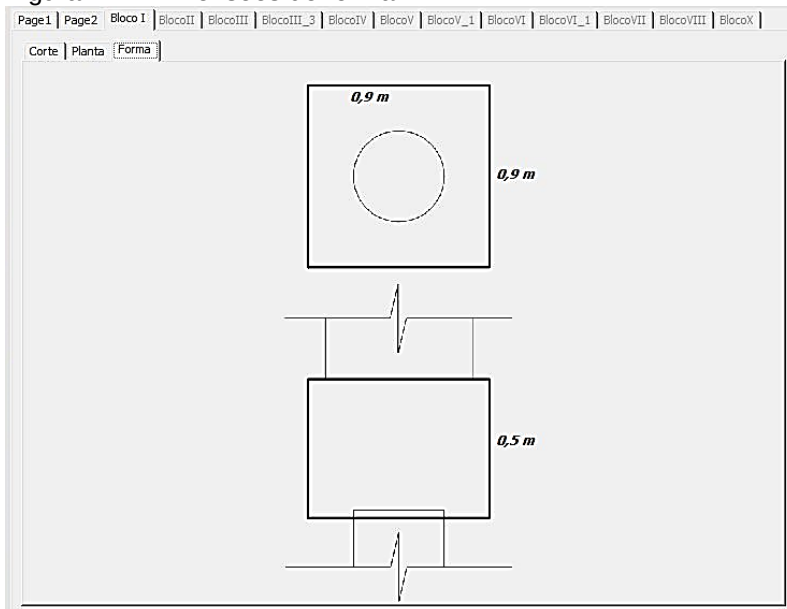
Figura 76 – Armadura em corte: armadura de pele



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Além do detalhamento das armaduras o programa emite as dimensões de forma, ilustrado na Fig. 77.

Figura 77 – Dimensões de forma



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Da mesma forma a seguir foram executados os demais blocos seguindo o passo a passo realizado no bloco de 01 estaca.

5.2.2 Bloco de 02 estacas

Este bloco é recomendado quando além do carregamento no sentido do eixo z, há momentos em torno de um dos eixos principais de inercia. Foram usados para o dimensionamento os seguintes dados do Quadro 06.

QUADRO 06: Dados do exemplo para Bloco de 02 estacas

Seção do pilar (cm)	40x20
Solicitação Normal (kN)	300
Momento eixo X (kN.m)	20
Armadura Longitudinal do Pilar (mm)	10,0
Fck do Concreto (Mpa)	30
Diâmetro Máximo do agregado (mm)	10
Espaçamento bloco (cm)	15
Diâmetro da estaca (cm)	40
Capacidade de carga da estaca (kN)	250
Armadura do Bloco (mm)	10

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

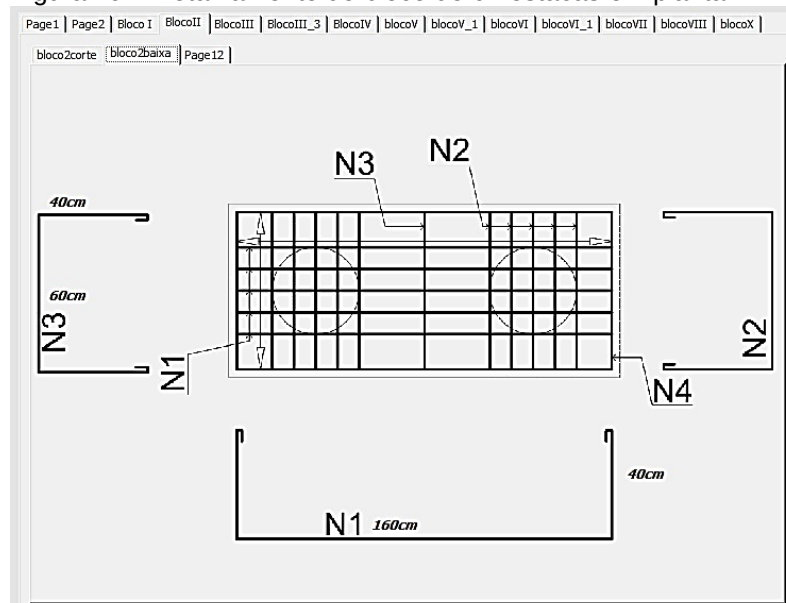
Na Fig. 78, estão apresentados a inserção dos dados no programa. É possível observar que no campo “solicitação” o usuário fica impedido de informar uma força perpendicular ao maior lado do bloco, devido a ineficiência para o combate de um momento no eixo y. Caso esse momento ocorresse seria necessário o uso de uma viga de equilíbrio.

Figura 78 – Inserção dos dados do bloco de 02 estacas no programa

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 79, apresenta o detalhamento da armadura em planta para o bloco de 02 estacas.

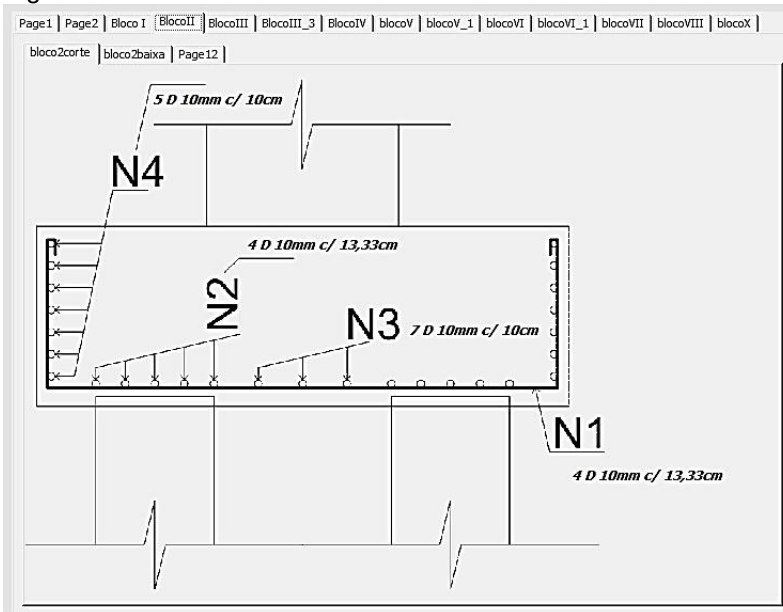
Figura 79 – Detalhamento do bloco de 02 estacas em planta



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 80, apresenta o detalhamento da armadura em corte para o bloco de 02 estacas.

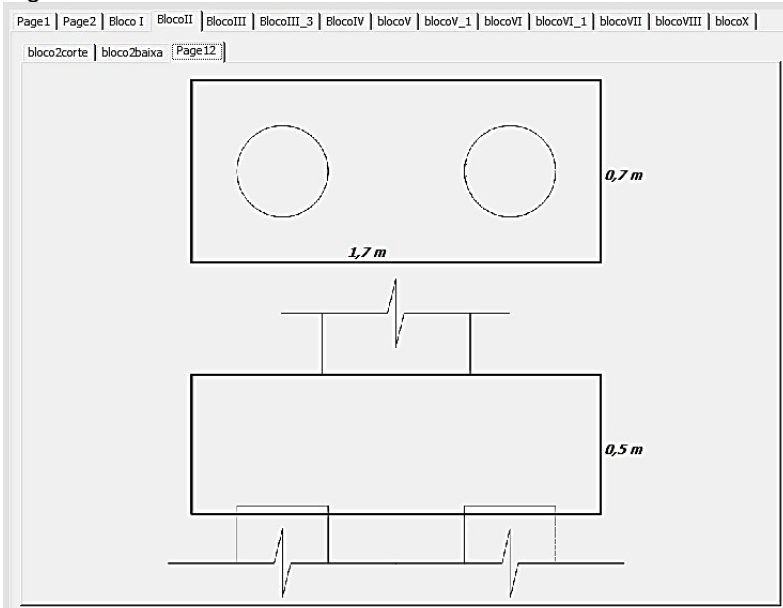
Figura 80 – Detalhamento do bloco de 02 estacas em corte



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 81, apresenta as dimensões da forma em planta e vista para o bloco de 02 estacas.

Figura 81 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco de 02 estacas



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.2.3 Bloco triangular de 03 estacas

Desta configuração em diante os blocos tem capacidade para combater momentos atuantes em torno dos eixos horizontais (X e Y), sendo uma solução para o caso de o bloco de duas estacas não poder contar com o auxílio de uma viga de equilíbrio. Neste bloco foram usados os dados do Quadro 07.

QUADRO 07: Dados do exemplo para Bloco de 02 estacas

Seção do pilar (cm)	40x20
Solicitação Normal (kN)	450
Força Eixo Y (kN)	10
Força Eixo X (kN)	10
Momento Eixo X (kN.m)	40
Momento Eixo Y (kN.m)	35
Armadura Longitudinal do Pilar (mm)	10,0
Fck do Concreto (Mpa)	30
Diâmetro Máximo do agregado (mm)	10
Espaçamento bloco (cm)	15
Diâmetro da estaca (cm)	45
Capacidade de carga da estaca (kN)	250
Armadura do Bloco (mm)	10,0

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 82 apresenta os dados do exemplo do bloco de 03 estacas inseridos no programa.

Figura 82 – Inserção dos dados no programa

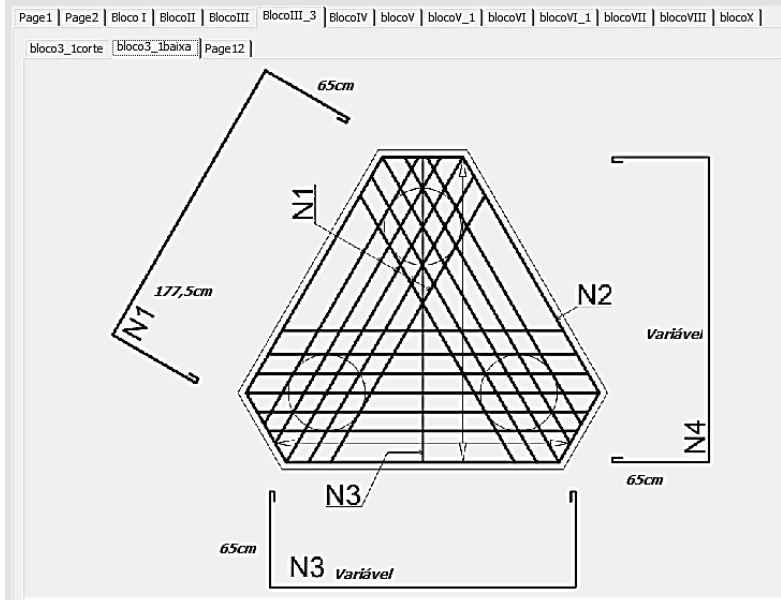
The screenshot shows a software interface for structural analysis. It includes several input sections:

- Frame6**: Section of the pile (a=40, b=20), reinforcement (10,0 mm), concrete (Fck=30 MPa), and maximum aggregate (Dmax=10 mm).
- Solicitação**: Applied forces (Fz=450 kN, Fy=10 kN, Fx=10 kN) and moments (Mx=40 kN.m, My=35 kN.m).
- Frame7**: Block spacing (15 cm), pile diameter (45 cm), and pile capacity (250 kN).
- Armadura Principal**: A diagram showing the reinforcement layout for the pile.
- Diagram**: A central diagram showing the triangular arrangement of three piles with forces F_x , F_y , F_z and moments M_x , M_y .
- Buttons**: 'Mudar Bloco' and 'Calcular o Bloco'.

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 83 apresenta o detalhamento da armadura do Bloco de 03 estacas em planta, emitido pelo programa.

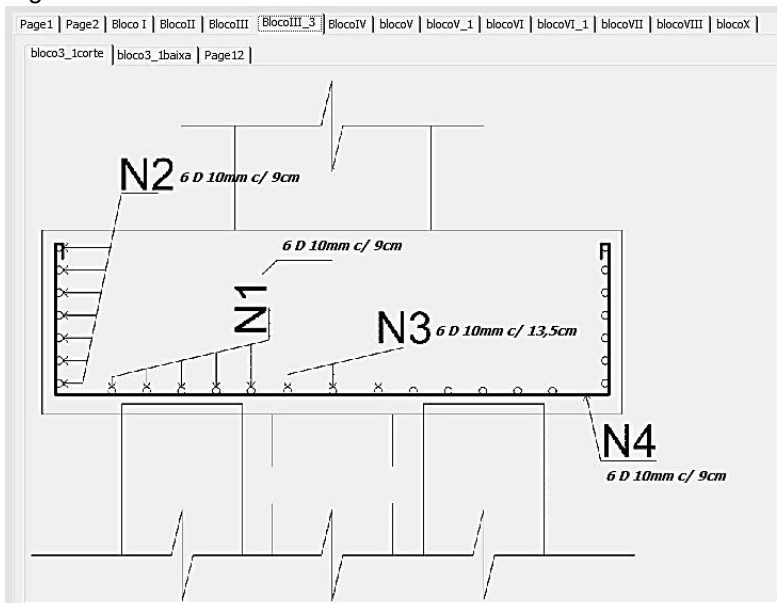
Figura 83 – Detalhamento de armadura do bloco de 03 estacas em planta



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Na Fig. 84, é apresentado o detalhamento da armadura do Bloco de 03 estacas em Corte. O corte único neste tipo de bloco não favorece a leitura devido algumas barras possuírem tamanhos e ângulos diferentes em relação aos eixos ortogonais.

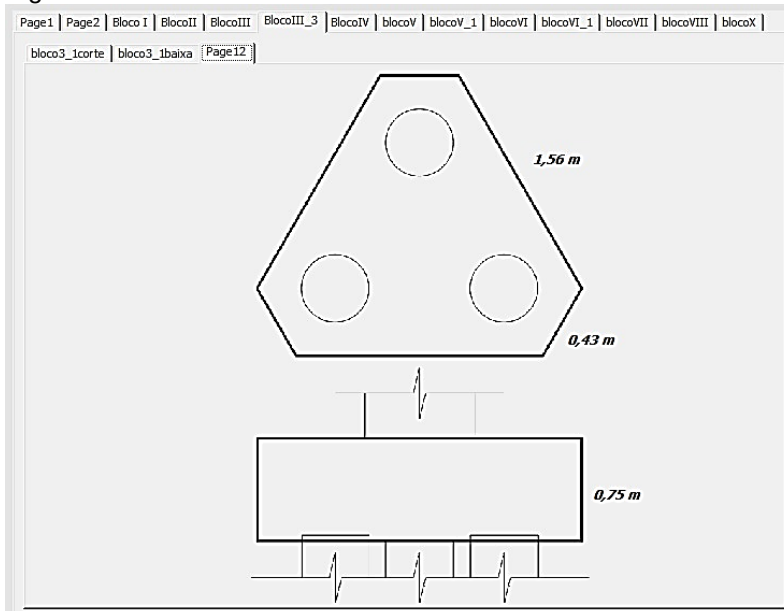
Figura 84 – Detalhamento da armadura do bloco de 03 estacas em corte



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 85, apresenta as dimensões de forma do bloco de 03 estacas em planta e vista.

Figura 85 – Detalhamento das formas do bloco de 03 estacas



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

5.2.4 Bloco de 10 estacas

Estes blocos são destinados a situações mais complexas, cujo carregamento do pilar é alto, e na região de apoio, há presença de solos moles cuja a melhor opção é o uso de um número maior de estacas de diâmetros menores com baixa capacidade de carga, mas que em conjunto conseguem trabalhar todas as solicitações. No cálculo do bloco de 10 estacas foram usados os dados do Quadro 08.

QUADRO 08: Dados do exemplo para Bloco de 10 estacas

Seção do pilar (cm)	40x20
Solicitação Normal (kN)	3000
Força Eixo Y (kN)	45
Força Eixo X (kN)	34,5
Momento Eixo X (kN.m)	143
Momento Eixo Y (kN.m)	68
Armadura Longitudinal do Pilar (mm)	16,0
Fck do Concreto (Mpa)	40
Diâmetro Máximo do agregado (mm)	10,0
Espaçamento bloco (cm)	15
Diâmetro da estaca (cm)	30
Capacidade de carga da estaca (kN)	125
Armadura do Bloco (mm)	16

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

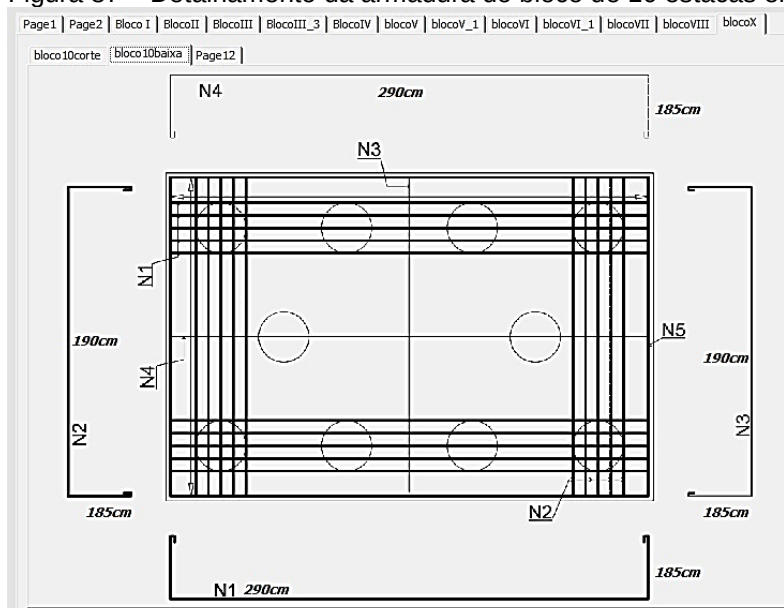
A partir dos dados do Quadro 08, foram preenchidos os campos na interface do programa, conforme a Fig. 86.

Figura 86 – Inserção dos dados do bloco de 10 estacas

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O programa emitiu o detalhamento da armadura em planta, apresentado pela Fig. 87. As armaduras principais foram dispostas sobre as estacas de canto paralelamente aos lados, as demais estacas receberam a disposição das armaduras de suspensão.

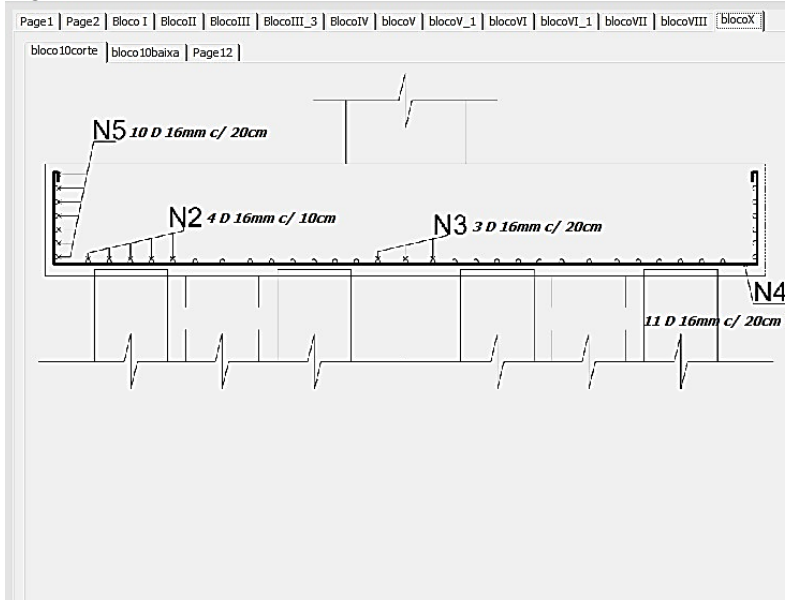
Figura 87 – Detalhamento da armadura do bloco de 10 estacas em planta



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 88 apresenta o detalhamento em corte da armadura do bloco de 10 estacas.

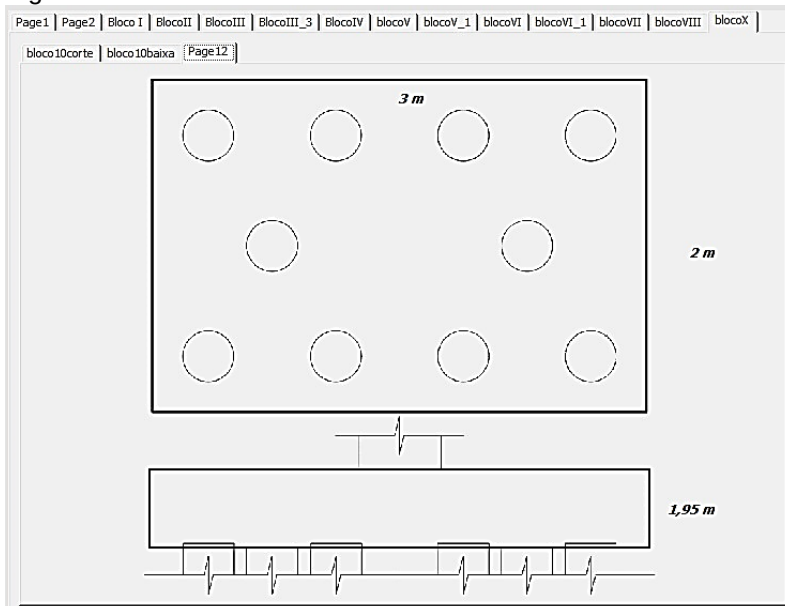
Figura 88 – Detalhamento do bloco de 10 estacas em corte



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

A Fig. 89 apresenta o detalhamento de forma do bloco de 10 estacas, onde se percebe por suas dimensões o grande volume de concreto neste tipo de estrutura, devido as cargas serem dissipadas pela característica de valor do concreto, que é absorver cargas de compressão.

Figura 89 – Detalhamento das dimensões de forma do bloco de 10 estacas



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Dessa forma fica evidenciado que o programa K-PAZ, executa de forma eficiente os processos de cálculos de blocos sobre estacas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa foi desenvolvido partindo do princípio que a automatização do cálculo de blocos de fundação, facilitam o desenvolvimento dos projetos de engenharia civil. No caso de um programa criado com esse fim, esta ferramenta consegue efetuar os cálculos de blocos de coroamento mais usados, o que traz eficiência para concepção dos projetos de fundações.

O programa foi desenvolvido através de uma linguagem acessível presente na maioria dos computadores com o Sistema Operacional *Windows* e com *Microsoft Excel*. Por meio dessa linguagem foi possível a criação dessa ferramenta com capacidade para o dimensionamento de blocos complexos, como o caso de blocos com ação de momentos fletores, muitas vezes, omitidos nos cálculos, por profissionais geotécnicos, por omissão, negligência ou falta de conhecimento na área de projeção estrutural.

Apesar das eficientes vantagens que o programa possui, o programa não possui ainda a capacidade de determinar o recalque de grupo de estacas e também de mensurar o volume de concreto para o bloco calculado. Além dessa pequena incapacidade, a ferramenta em comparação com outras do meio tecnológico consegue satisfazer boa parte das necessidades de muitos profissionais e graduandos em muitas situações de média complexidade.

Portanto a ferramenta se mostra eficaz, podendo ser utilizada tanto no meio profissional quanto no meio acadêmico, pois a mesma se mostrou capaz de realizar os cálculos propostos dentro dos seus limites previstos. Através do mesmo foi possível calcular os principais tipos de blocos mais usados em fundações e ainda foi capaz de emitir o detalhamento das armaduras principais e secundárias do bloco calculado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. R. M.; CARVALHO, S. L.; PINHO, F. A. X. C. Otimização de topologia aplicada a blocos sobre estacas. **Revista Interdisciplinar de pesquisa em engenharia - RIPE**, São Paulo, v. 2, n. 28. 2016.

ALONSO, U. R. **Exercícios de fundações**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 206 p.

_____. **Previsão e controle das fundações**: uma introdução ao controle da qualidade em fundações. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2011. 146p.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Projeto estrutural de blocos sobre estacas**. Universidade federal de Santa Maria, 2007.

ALVES, L. Curso de VBA para iniciantes: conceitos básicos. [s. l.] 2015. Disponível em: <<https://gurudoexcel.com/curso-de-vba-para-iniciantes-conceitos-basicos/>>. Acessado em 12 de maio de 2017.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 3.ed. Rio Grande: Dunas, 2010. v.4. 257 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010. 103 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNICA - ABEF. **Manual de execução de fundações e geotecnia**: práticas recomendadas. São Paulo: PINI, 2012. 499 p.

BARROS, R.; GIONGO, J. S.; OLIVEIRA, D. S. Blocos de concreto armado sobre seis estacas: simulação numérica e dimensionamento pelo método de bielas e tirantes. **IBRACON de estruturas e materiais**, São Paulo, v. 7, n.1, p. 1-23, Fev. 2014.

BASTOS, P. S. S. **Blocos de Fundação**. Bauru, 2013. (Apostila do curso de Estruturas de concreto III da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Bauru, São Paulo).

BLÉVOT, J.; FRÉMY, R. (1967). Semelles sur piex. **Annales d'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, Paris, v. 20, n. 230, p. 223-295, fev.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado**: eu te amo. 3.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. V.2. 422 p.

CARVALHO, C. R.; PINHEIRO, M. L. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: PINI, 2009. v.2. 589 p.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; ALBIERO J. H. **Fundações Diretas Projeto Geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 140p.

CODE, Model. International Federation for Structural Concrete (fib). **Federal Institute of Technology Lausanne–EPFL**, Section Génie Civil, Switzerland, p. 978-3, 2010.

COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON.CEB-FIP, **Recommandations particulières na calcul et à l'exécution des semelles de fondations**. Bulletin D'Information. Paris, n. 73, 1970.

CONSOLI, N. C.; MILITITSKY, J.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 256 p.

DELALIBERA, R. G.; GIONGO, J. S. Influência das dimensões da seção transversal do pilar e da excentricidade da força de compressão no comportamento estrutural de blocos sobre duas estacas. **IBRACON de estruturas e materiais**, São Paulo, v. 2, n.2, p. 306-325, Dez. 2009.

Engcarlos. Brocas manuais. [s.l.] [2015]. Disponível em: <<https://engcarlos.com.br/brocas-manuais/>>. Acessado em 13 de maio de 2017.

Engeplificando. **Conhecendo sua casa – Fundações rasas**: Algumas das estruturas mais importantes de uma edificação nem sempre são visíveis. Vamos conhecer como é a fundação de sua casa? [s.l.] 2017. Disponível em: <<http://engeplificando.com.br/conheca-sua-casa/conhecendo-sua-casa-fundacoes-rasas/>>. Acessado em 14 de abril de 2017.

FUSCO, P. B. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2013. 395 p.

HACHICH, W. et al. **Fundações**: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: PINI, 1998. 751 p.

JOPPERT JUNIOR, I. **Fundações e contenções em edifícios**: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: PINI, 2007. 220p.

KOERICH, M. M. M. Critério de dimensionamento de blocos de fundação adotados pelo Eberick. [s.l.] 2014. Disponível em: <<http://faq.altoqi.com.br/content/545/1208/ptbr/criteriosdedimensionamentodeblocos-defunda%C3%A7%C3%A3oadotadospeloerberick.html>>. Acessado em: 17 de abril de 2017.

LE MOS, P. S. B. Programa para o projeto de blocos rígidos de coroamento de estacas. 2008. 79 f. **Trabalho de Diplomação** (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre *apud* SIMONATO, G. Programa computacional para dimensionamento e detalhamento de blocos rígidos. 2015. 70 p. **Trabalho de Diplomação** (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MAREK FILHO, C. M. Análise do comportamento de blocos sobre quatro estacas com cálice embutido. 2010. 160p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MATTOS, E. F. O. Introdução ao estudo de fundações. Salvador, 2001. (Apostila da Disciplina Fundações 1, do curso de Engenharia civil da Universidade Católica do Salvador - UCSAL, Salvador/BA).

MIGUEL, M. G. Análises experimental e numérica de blocos sobre três estacas. 2000. 211 p. **Doutorado**. (Doutorado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MUNHOZ, F. S. Análise do comportamento de blocos de concreto armado sobre estacas submetidos à ação de força centrada. 2004. 160p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

OLIVEIRA, D. S. Análise do comportamento estrutural de blocos de concreto armado sobre cinco e seis estacas. 2013. 234 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

OLIVEIRA, L. M. Diretrizes para projeto de blocos de concreto armado sobre estacas. 2009. 151 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OTSUKA, T. S. Tutorial sobre modelagem em VBA. Campinas, 2012.

PINTO, S. R. B. **Treinamento avançado em excel**: Guia profissional para dominar os recursos do excel. 2. ed. São Paulo: Digerati Books, 2006. 128 p.

RAMOS, F. A. C. Análise numérica de blocos sobre dez estacas: cálculo das reações de apoio. 2007. 156 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RIBEIRO, E. C. **Escolha do tipo de fundação**: Fundações rasas e profundas. Piauí, [entre 2011 e 2013]. (Apostila da disciplina de Mecânica dos Solos II da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia aplicadas – DRHGA)

SAKAI, E. Análise de blocos de concreto armado sobre estacas. 2010. 106 p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, R. C. Concreto armado: aplicação de modelos de bielas e tirantes. 1991. 201 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SIMONATO, G. Programa computacional para dimensionamento e detalhamento de blocos rígidos. 2015. 70 p. **Trabalho de Diplomação** (Graduação em Engenharia

Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUZA, R. A.; BITTENCOURT, T. N. Análise nao-linear de bloco rígido sobre duas estacas. **Revista Engenharia Civil, Universidade do Minho**, v. 21, p. 25-38, 2004.

TANNO, D. C. S. Blocos de concreto sobre estacas posicionadas nas divisas de terrenos: estudo analítico e análise numérica linear. 2012. 158 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundação Superficiais, Fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, v. u. 2012. 568 p.

WALKENBACH J. **Programando Excel® VBA para leigos**. Rio de Janeiro, RJ: Alta books, 2 ed. 388 p.

XAVIER, A. **Você conhece as lajes radiers? Confira agora tudo sobre este tipo de fundação e como elas são usadas no Brasil**. [s.l.] 2015. Disponível em: <<https://www.brz-experts.com.br/news/voce-conhece-as-lajes-radiers-confira-agora-tudo-sobre-este-tipo-de-fundacao-e-como-elas-sao-usadas-no-brasil>>. Acessado em 14 de abril de 2017.

APÊNDICE A – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: OCULTAR CARREGAMENTO (RESTRIÇÕES)

```
Private Sub bloco1_Click()
```

```
    ' ocultar carregamento
```

```
    Label14.Enabled = False  
    si_fy.Enabled = False
```

```
    Label15.Enabled = False  
    si_fx.Enabled = False
```

```
    Label16.Enabled = False  
    si_mx.Enabled = False
```

```
    Label17.Enabled = False  
    si_my.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub bloco10_Click()
```

```
    Label14.Enabled = True  
    si_fy.Enabled = True  
    Label15.Enabled = True  
    si_fx.Enabled = True
```

```
    Label16.Enabled = True  
    si_mx.Enabled = True
```

```
    Label17.Enabled = True  
    si_my.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub bloco2_Click()
```

```
    ' ocultar carregamento
```

```
    Label17.Enabled = False  
    si_my.Enabled = False
```

```
    Label15.Enabled = False  
    si_fx.Enabled = False
```

```
    Label14.Enabled = True  
    si_fy.Enabled = True  
    Label16.Enabled = True  
    si_mx.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub bloco3_1_Click()
```

```
    Label14.Enabled = True  
    si_fy.Enabled = True  
    Label15.Enabled = True  
    si_fx.Enabled = True
```

```
Label6.Enabled = True
si_mx.Enabled = True
```

```
Label7.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub bloco3_Click()
Label4.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label5.Enabled = True
si_fx.Enabled = True
```

```
Label6.Enabled = True
si_mx.Enabled = True
```

```
Label7.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub bloco4_Click()
Label4.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label5.Enabled = True
si_fx.Enabled = True
```

```
Label6.Enabled = True
si_mx.Enabled = True
```

```
Label7.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub bloco5_1_Click()
Label4.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label5.Enabled = True
si_fx.Enabled = True
```

```
Label6.Enabled = True
si_mx.Enabled = True
```

```
Label7.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub bloco5_Click()
Label4.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label5.Enabled = True
si_fx.Enabled = True
```

```
Label6.Enabled = True
si_mx.Enabled = True
```

```
Label7.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub
```

```

Private Sub bloco6_2_Click()
Label14.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label15.Enabled = True
si_fx.Enabled = True

Label16.Enabled = True
si_mx.Enabled = True

Label17.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub bloco6_Click()
Label14.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label15.Enabled = True
si_fx.Enabled = True

Label16.Enabled = True
si_mx.Enabled = True

Label17.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub bloco7_Click()
Label14.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label15.Enabled = True
si_fx.Enabled = True

Label16.Enabled = True
si_mx.Enabled = True

Label17.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub bloco8_Click()
Label14.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label15.Enabled = True
si_fx.Enabled = True

Label16.Enabled = True
si_mx.Enabled = True

Label17.Enabled = True
si_my.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub bloco9_Click()
Label14.Enabled = True
si_fy.Enabled = True
Label15.Enabled = True
si_fx.Enabled = True

Label16.Enabled = True

```

```
Label16.Enabled = True  
si_mx.Enabled = True
```

```
Label17.Enabled = True  
si_my.Enabled = True  
End Sub
```

```
Private Sub capcarga_Change()  
If Not IsNumeric(capcarga) Then capcarga = Empty  
End Sub
```

APÊNDICE B – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘AVANÇAR’

```
Private Sub Botao_avançar_Click()  
Me.MultiPage1.Value = 1 ' pula para a pág 2  
  
If bloco1 = True Then TextBox2 = 1  
If bloco2 = True Then TextBox2 = 2  
If bloco3 = True Then TextBox2 = 3  
If bloco3_1 = True Then TextBox2 = 3  
If bloco4 = True Then TextBox2 = 4  
If bloco5 = True Then TextBox2 = 5  
If bloco5_1 = True Then TextBox2 = 5  
  
If bloco6 = True Then TextBox2 = 6  
If bloco6_1 = True Then TextBox2 = 6  
If bloco6_2 = True Then TextBox2 = 6  
  
If bloco7 = True Then TextBox2 = 7  
If bloco8 = True Then TextBox2 = 8  
If bloco9 = True Then TextBox2 = 9  
If bloco10 = True Then TextBox2 = 10  
  
Range("b2:b11").Value = ""  
Range("c2:c11").Value = ""  
  
Range("e2:e11").Value = ""  
Range("f2:f11").Value = ""
```

APÊNDICE C – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘CALCULAR BLOCO’

```
Private Sub botao_calcular_bloco_Click()
```

```
    'bitola bloco
```

```
    If Arm_bloco = "5,0 mm" Then  
        bitolabloco = 5  
    ElseIf Arm_bloco = "6,3 mm" Then  
        bitolabloco = 6.3  
    ElseIf Arm_bloco = "6,3 mm" Then  
        bitolabloco = 6.3  
    ElseIf Arm_bloco = "10,0 mm" Then  
        bitolabloco = 10  
    ElseIf Arm_bloco = "12,5 mm" Then  
        bitolabloco = 12.5  
    ElseIf Arm_bloco = "16,0 mm" Then  
        bitolabloco = 16  
    ElseIf Arm_bloco = "20,0 mm" Then  
        bitolabloco = 20  
    ElseIf Arm_bloco = "22,0 mm" Then  
        bitolabloco = 22  
    ElseIf Arm_bloco = "25,0 mm" Then  
        bitolabloco = 25  
    ElseIf Arm_bloco = "32,0 mm" Then  
        bitolabloco = 32
```

```
End If
```

```
    If bitola = "5,0 mm" Then  
        bitolapilar = 5  
    ElseIf bitola = "6,3 mm" Then  
        bitolapilar = 6.3  
    ElseIf bitola = "6,3 mm" Then  
        bitolapilar = 6.3  
    ElseIf bitola = "10,0 mm" Then  
        bitolapilar = 10  
    ElseIf bitola = "12,5 mm" Then  
        bitolapilar = 12.5  
    ElseIf bitola = "16,0 mm" Then  
        bitolapilar = 16  
    ElseIf bitola = "20,0 mm" Then  
        bitolapilar = 20  
    ElseIf bitola = "22,0 mm" Then  
        bitolapilar = 22  
    ElseIf bitola = "25,0 mm" Then  
        bitolapilar = 25  
    ElseIf bitola = "32,0 mm" Then  
        bitolapilar = 32
```

```
End If
```

```
Cells(3, 14) = Diamento_estaca / 100
```

```
Cells(3, 14) = Diamento_estaca / 100
```

```
'inclinação biela  
,
```

```
teta1 = WorksheetFunction.Radians(45)  
teta2 = WorksheetFunction.Radians(55)  
s = 2.5 * Diamento_estaca / 100  
b = Val(si_b) / 100  
a = Val(si_a) / 100
```

```
'  


---


```

APÊNDICE D – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 01 ESTACA

```
'bloco de 1 estaca
If bloco1 = True Then
ne = 1
h = Fix((37 * bitolapilar / 10) / 5) * 5 + 5
d = h - 5
Ass_calc = 0

maior_lado_bloco = s_d * 2 + Diamento_estaca

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0
Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' COODENADA DO BLOCO

' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
End If
```

APÊNDICE E – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 02 ESTACAS

```
'bloco 2 estaca
If bloco2 = True Then

'Bielas
ne = 2

db1 = Tan(teta1) * (s / 2 - a / 4)
db2 = Tan(teta2) * (s / 2 - a / 4)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = 0
x = s / 2

'inercia
soma2 = 2 * (s / 2) ^ 2
soma2 = 1 'so para nao dar erro no fim isso zera

nesx = 1
nesy = 1

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca) / 100
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' COODENADA DO BLOCO

' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

'
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = 1

'
End If

```

APÊNDICE F – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 03 ESTACAS 'LINEAR'

```
If bloco3 = True Then  
ne = 3
```

```
'Bielas  
ne = 3
```

```
db1 = Tan(teta1) * (s - a / 4)  
db2 = Tan(teta2) * (s - a / 4)
```

```
d = (db1 + db2) / 2
```

```
'estaca mais solicitada  
y = 0  
x = s
```

```
'ineracia  
soma2 = 2 * (s) ^ 2  
soma2 = 1 'so para nao dar erro no fim isso zera
```

```
nesx = 1  
nesy = 1
```

```
' E1  
Cells(2, 2).Select  
ActiveCell.Value = 0
```

```
Cells(2, 3).Select  
ActiveCell.Value = 0
```

```
' E2  
Cells(3, 2).Select  
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca) / 100  
Cells(3, 3).Select  
ActiveCell.Value = 0
```

```
' E3  
Cells(4, 2).Select  
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) / 100  
Cells(4, 3).Select  
ActiveCell.Value = 0
```

```
' COODENADA DO BLOCO  
'((s_d * 2) + (2.5 * Diamento_estaca) + ((Diamento_estaca / 2) * 2)) / 100
```

```
' E1  
Cells(2, 5).Select  
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```
Cells(2, 6).Select  
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```
' E2  
Cells(3, 5).Select  
ActiveCell.Value = (((2.5 * Diamento_estaca) * 2) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
```

```

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = (((2.5 * Diamento_estaca) * 2) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

'
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = 1

'
End If

```

APÊNDICE G – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 03 ESTACAS 'TRIÂNGULAR'

```
If bloco3_1 = True Then

'Biélas
ne = 3

db1 = Tan(teta1) * (s * Sqr(3) / 3 - 0.3 * b)
db2 = Tan(teta2) * (s * Sqr(3) / 3 - 0.3 * b)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = s * Sqr(3) / 6
x = s / 2

'inercia
scomax2 = 2 * (s / 2) ^ 2
scomay2 = 2 * (s * Sqr(3) / 6) ^ 2 + (s * Sqr(3) / 3) ^ 2

nesx = 1
nesy = 1

' coordenada dos nós
' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
' E2

Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = Diamento_estaca / 100 * 2.5

Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100) / 2

Cells(4, 3).Select

ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca / 100) / 2) / Tan(WorksheetFunction.Radians(30))
'coordenadas dos nos bloco
'12 = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))
'11 = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) / cos(WorksheetFunction.Radians(30))
'nó1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))
Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2) + (s_d)) / 100
'nó2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2 + s_d) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100 '12
Cells(3, 6).Select
```

```

ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2) + (s_d)) / 100
'nó3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2 + s_d) / Cos(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100 '1

Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = 0
'nó4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca / 2) / 100) + ((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) '12

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca / 2) / Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) + Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100
'nó5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca / 100) / 2) - ((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) '12
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca / 2) / Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) + Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100
'nó6
Cells(7, 5).Select
ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) / Cos(WorksheetFunction.Radians(30)) 'L1
Cells(7, 6).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(8, 5).Select
ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))
Cells(8, 6).Select
ActiveCell.Value = -((Diamento_estaca / 2) + (s_d)) / 100

'
'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(30))

'
'_____

End If

```

APÊNDICE H – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 04 ESTACAS ‘QUADRADO’

```
If bloco4 = True Then

'Bielas
ne = 4

am = Sqr((a / 4) ^ 2 + (b / 4) ^ 2)

db1 = Tan(teta1) * ((s / 2) / (Sqr(2) / 2) - am)
db2 = Tan(teta2) * ((s / 2) / (Sqr(2) / 2) - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = s / 2
x = s / 2

nesx = 1 / 2
nesy = 1 / 2
'inercia
soma2 = 2 * (s / 2) ^ 2
soma2 = 2 * (s / 2) ^ 2

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100)
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100)

Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100)
' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100)

' COODENADA DO BLOCO
' ((s_d * 2) + (2.5 * Diamento_estaca) + ((Diamento_estaca / 2) * 2)) / 100
' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (s_d + (2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

'
'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(45))

'
'_____

'Verificação

End If

```

APÊNDICE I – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 05 ESTACAS ‘PENTAGONO’

```
If bloco5 = True Then

    'Bielas
    ne = 5

    am_1 = 1.1919 * b / 2
    am_2 = 1.4326 * b / 2
    cos44 = Cos(WorksheetFunction.Radians(44))
    cos22 = Cos(WorksheetFunction.Radians(22))

    db1_1 = Tan(teta1) * ((s / 2) / cos44 - am_1)
    db2_1 = Tan(teta2) * ((s / 2) / cos44 - am_1)

    db1_2 = Tan(teta1) * (s / cos22 - am_2)
    db2_2 = Tan(teta2) * (s / cos22 - am_2)

    d = (db1 + db2) / 2

    'estaca mais solicitada
    x1 = s / 2
    x2 = s

    y1 = s / (2 * Sqr(3)) - 2 * s * Sqr(3) / 9
    y2 = 2 * s * Sqr(3) / 9

    'ineracia
    somax2 = 2 * (s ^ 2 + (0.5 * s) ^ 2)
    somay2 = 3 * y2 ^ 2 + 2 * y1 ^ 2

    Fz = Val(si_fz)
    Fx = Val(si_fx)
    Fy = Val(si_fy)
    Mx = Val(si_mx)
    My = Val(si_my)

    d = (db1_1 + db2_1) / 2
    Mrx = Mx + Fy * d
    Mry = My + Fx * d
    Fsol_1 = Fz / ne + Mrx * y1 / somax2 + Mry * x1 / somay2

    d = (db1_2 + db2_2) / 2
    Mrx = Mx + Fy * d
    Mry = My + Fx * d
    Fsol_2 = Fz / ne + Mrx * y2 / somax2 + Mry * x2 / somay2
```

```

If Fsol_1 < Fsol_2 Then
    d = (db1_2 + db2_2) / 2
    x = x2
    y = y2
Else
    d = (db1_1 + db2_1) / 2
    x = x1
    y = y1
End If

nesx = 1 / 2
nesy = 1

s = (Diamento_estaca * 2.5) / 100
' coordenada dos nós
' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0
Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = s
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = s * 2
Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = 1.5 * s
Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * s
' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = 1 / 2 * s
Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * s

'coordenadas dos nos bloco

t = (1 / Tan(WorksheetFunction.Radians(60))) * (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
m = (s_d + Diamento_estaca / 2) / 100

m1 = Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) * (s_d + Diamento_estaca / 2) / 100
m2 = (Diamento_estaca / 2 + s_d) / Cos(WorksheetFunction.Radians(30))
'nó1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -m1
Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -m

```

```

'nó2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = 2 * s + m1
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -m

'nó3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = s * 2 + m2 / 100
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = 0

'nó4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = 1.5 * s + m1

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * s + m

'nó5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = (1 / 2 * s) - m1
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * s + m

'nó6
Cells(7, 5).Select
ActiveCell.Value = -2 * t
Cells(7, 6).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(8, 5).Select
ActiveCell.Value = -m1
Cells(8, 6).Select
ActiveCell.Value = -m

'
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(tetal) + Tan(teta2)) / 2

If Fsol_1 < Fsol_2 Then
    cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(44))
Else
    cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(21))
End If

'
End If

```

APÊNDICE J – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 05 ESTACAS ‘TRAPÉZIO’

```
If bloco5_1 = True Then

    'Bielas
    ne = 5

    am = a / 4

    sen36 = Sin(WorksheetFunction.Radians(36))
    cos36 = Cos(WorksheetFunction.Radians(36))
    sen18 = Sin(WorksheetFunction.Radians(18))
    cos18 = Cos(WorksheetFunction.Radians(18))

    diagonal = (s / 2) / sen36

    db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
    db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

    d = (db1 + db2) / 2

    'estaca mais solicitada
    y = diagonal * sen18
    x = diagonal * cos18

    'ineracia
    somax2 = 2 * (s / 2) ^ 2 + 2 * (diagonal * cos18) ^ 2
    somay2 = 2 * (diagonal * cos36) ^ 2 + 2 * (diagonal * sen18) ^ 2 + diagonal

    nesx = 1
    nesy = 1

    s = (2.5 * Diamento_estaca)
    ' E1
    Cells(2, 2).Select
    ActiveCell.Value = 0

    Cells(2, 3).Select
    ActiveCell.Value = 0

    ' E2
    Cells(3, 2).Select
    ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca / 100)
    Cells(3, 3).Select
    ActiveCell.Value = 0

    ' E3
    Cells(4, 2).Select
    ActiveCell.Value = s * (1 + Sin(WorksheetFunction.Radians(18))) / 100
    Cells(4, 3).Select
    ActiveCell.Value = s * Cos(WorksheetFunction.Radians(18)) / 100
```

```

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = (s / 2) / 100

Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = s * ((0.5 + Sin(WorksheetFunction.Radians(18))) * Tan(WorksheetFunction.Radians(36)) + Cos(WorksheetFunction.Radians(18))) / 100

' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = -(s * (Sin(WorksheetFunction.Radians(18))) / 100)

Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = s * Cos(WorksheetFunction.Radians(18)) / 100

Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
'
'coordenadas do bloco
d1 = ((s_d + (Diamento_estaca / 2)) * Tan(WorksheetFunction.Radians(36))) / 100
d2 = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

d21 = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / Cos(WorksheetFunction.Radians(36)) / 100
d3 = Sqr(d1 ^ 2 + d2 ^ 2)

'
' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -d1

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -d2

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca) / 100 + d1

Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -d2

'(Sin(WorksheetFunction.Radians(18)) * (s_d + (Diamento_estaca / 2))) / Cos(WorksheetFunction.Radians(36))

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = s * (1 + Sin(WorksheetFunction.Radians(18))) / 100 + d3 * Cos(WorksheetFunction.Radians(18))

Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = s * Cos(WorksheetFunction.Radians(18)) / 100 + d3 * Sin(WorksheetFunction.Radians(18))
' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = (s / 2) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = s * ((0.5 + Sin(WorksheetFunction.Radians(18))) * Tan(WorksheetFunction.Radians(36)) + Cos(WorksheetFunction.Radians(18))) / 100 + d3

```

```

' E5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -d3 * Cos(WorksheetFunction.Radians(18)) - (s * (Sin(WorksheetFunction.Radians(18)))) / 100)
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = s * Cos(WorksheetFunction.Radians(18)) / 100 + d3 * Sin(WorksheetFunction.Radians(18))

' E6

Cells(7, 5).Select
ActiveCell.Value = -d1

Cells(7, 6).Select
ActiveCell.Value = -d2


' _____
' Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(tetal) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(54))

' _____

End If

```

APÊNDICE K – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 06 ESTACAS 'RETÂNGULO'

```
' bloco de 6 estacas _____

VI = ((Diamento_estaca * 2.5) / 100)
VI_B = (((Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100)

If bloco6 = True Then

'Bielas
ne = 6

am = b / 4
diagonal = Sqr(s ^ 2 + (s / 2) ^ 2)

db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = s
x = s / 2

'inercia
soma2 = 6 * (s / 2) ^ 2
soma2 = 2 * (s) ^ 2

nesx = 1 / 3
nesy = 1 / 2

' coordenada dos nós
' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
' E2

Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = VI
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = VI * 2
Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = VI * 2
Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = VI
```

```

' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = VI
Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = VI

' E6
Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value = 0
Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = VI

'coordenadas dos nos bloco

'nó1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -VI_B
Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -VI_B

'nó2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = VI * 2 + VI_B
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -VI_B

'nó3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = VI * 2 + VI_B

Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = VI_B + VI

'nó4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -VI_B

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = VI_B + VI
'nó5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -VI_B
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -VI_B

'
'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(27))

'
'_____
End If

```

APÊNDICE L – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 06 ESTACAS 'HEXÁGONO'

```
' bloco bloco6_2'
If bloco6_2 = True Then

'Bielas
ne = 6

am = b / 4

sen30 = Sin(WorksheetFunction.Radians(30))
tg30 = Tan(WorksheetFunction.Radians(30))

diagonal = s / (2 * sen30)

db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y1 = s / (2 * tg30)
x2 = s / 2

y1 = 0
x2 = s

Fz = Val(si_fz)
Fx = Val(si_fx)
Fy = Val(si_fy)
Mx = Val(si_mx)
My = Val(si_my)

'inercia
soma2 = 4 * (s / 2) ^ 2 + 2 * (s) ^ 2
soma2 = 4 * (s / (2 * tg30)) ^ 2

Mrx = Mx + Fy * d
Mry = My + Fx * d

Fsol_1 = Fz / ne + Mrx * y1 / soma2 + Mry * x1 / soma2

Fsol_2 = Fz / ne + Mrx * y2 / soma2 + Mry * x2 / soma2
```

```
If Fsol_1 >= Fsol_2 Then
```

```
Y = y1
X = x1
```

```
Else
```

```
Y = y2
X = x2
```

```
End If
```

```
nesx = 1 / 1
nesy = 1 / 2
```

```
' coordenada dos nós
```

```
X_9 = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * (2.5 * Diamento_estaca) / 100
```

```
'Y_9 = Cos(WorksheetFunction.Radians(60)) * (2.5 * Diamento_estaca) / 100
```

```
E = (2.5 * Diamento_estaca) / 100
```

```
X_1 = ((1 / Tan(WorksheetFunction.Radians(60))) * (Diamento_estaca / 2 + s_d)) / 100
```

```
s = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```
' E1
```

```
Cells(2, 2).Select
```

```
ActiveCell.Value = 0
```

```
Cells(2, 3).Select
```

```
ActiveCell.Value = 0
```

```
' E2
```

```
Cells(3, 2).Select
```

```
ActiveCell.Value = E
```

```
Cells(3, 3).Select
```

```
ActiveCell.Value = 0
```

```
' E3
```

```
Cells(4, 2).Select
```

```
ActiveCell.Value = (1.5 * E)
```

```
Cells(4, 3).Select
```

```
ActiveCell.Value = X_9
```

```
' E4
```

```
Cells(5, 2).Select
```

```
ActiveCell.Value = E
```

```
Cells(5, 3).Select
```

```
ActiveCell.Value = X_9 * 2
```

```
' E5
```

```
Cells(6, 2).Select
```

```
ActiveCell.Value = 0
```

```
Cells(6, 3).Select
```

```
ActiveCell.Value = X_9 * 2
```

```

' E6
Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value = -(1 / 2 * E)

Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9
'coodenada do bloco 6_2
' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -s

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = E + X_1
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -s
' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = (1.5 * E) + X_1 * 2
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = E + X_1
Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (2 * X_9) + s

' E5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = (2 * X_9) + s

' E6
Cells(7, 5).Select
ActiveCell.Value = -((1 / 2 * E) + X_1 * 2)
Cells(7, 6).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E1 FINAL
Cells(8, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1

Cells(8, 6).Select
ActiveCell.Value = -s

```

```

'
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(60))

'
'

End If

```

APÊNDICE M – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 07 ESTACAS 'HEXÁGONO'

```
' bloco bloco7 _____

If bloco7 = True Then

'Bielas
ne = 7

am = b / 4

sen30 = Sin(WorksheetFunction.Radians(30))
tg30 = Tan(WorksheetFunction.Radians(30))

diagonal = s / (2 * sen30)

db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y1 = s / (2 * tg30)
x2 = s / 2

y1 = 0
x2 = s

Fz = Val(si_fz)
Fx = Val(si_fx)
Fy = Val(si_fy)
Mx = Val(si_mx)
My = Val(si_my)

'inercia
soma2 = 4 * (s / 2) ^ 2 + 2 * (s) ^ 2
soma2 = 4 * (s / (2 * tg30)) ^ 2

Mrx = Mx + Fy * d
Mry = My + Fx * d

Fsol_1 = Fz / ne + Mrx * y1 / soma2 + Mry * x1 / soma2

Fsol_2 = Fz / ne + Mrx * y2 / soma2 + Mry * x2 / soma2
```

```

If Fsol_1 >= Fsol_2 Then

y = y1
x = x1

Else

y = y2
x = x2

End If

nesx = 1 / 1
nesy = 1 / 2

' coordenada dos nós
X_9 = Sin(WorksheetFunction.Radians(60)) * (2.5 * Diamento_estaca) / 100
'Y_9 = Cos(WorksheetFunction.Radians(60)) * (2.5 * Diamento_estaca) / 100
E = (2.5 * Diamento_estaca) / 100

X_1 = ((1 / Tan(WorksheetFunction.Radians(60))) * (Diamento_estaca / 2 + s_d)) / 100
s = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = E
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = (1.5 * E)
Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = E
Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9 * 2

' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9 * 2

```

```

' E6
Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value =  $-(1 / 2 * E)$ 

Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E7
Cells(8, 2).Select
ActiveCell.Value =  $(1 / 2 * E)$ 

Cells(8, 3).Select
ActiveCell.Value = X_9

'coodenada do bloco 6_2

' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -s

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value =  $E + X_1$ 
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -s

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value =  $(1.5 * E) + X_1 * 2$ 
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value =  $E + X_1$ 
Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value =  $(2 * X_9) + s$ 

' E5
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value =  $(2 * X_9) + s$ 

' E6
Cells(7, 5).Select
ActiveCell.Value =  $-((1 / 2 * E) + X_1 * 2)$ 

Cells(7, 6).Select
ActiveCell.Value = X_9

' E1 FINAL
Cells(8, 5).Select
ActiveCell.Value = -X_1

Cells(8, 6).Select
ActiveCell.Value = -s

```

```

'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(60))

'_____

End If

```

APÊNDICE N – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 08 ESTACAS

```
'bloco 8 estacas'
VIII = (2.5 * Diamento_estaca) / 100
VIII_i = (2.5 * Diamento_estaca) / 100 * Sin(WorksheetFunction.Radians(60))
VIII_b = (s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

If bloco8 = True Then

'Bielas
ne = 8

am = b / 4

s_s = 1.4142 * s
tg27 = Tan(WorksheetFunction.Radians(27))

diagonal = s_s / (2 * tg27)

db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = s_s / (2 * tg27)
x = s_s / 2

'inercia
somalx2 = 6 * (s_s / 2) ^ 2
somalx2 = 4 * (s_s) ^ 2 + 2 * (0.7071 * s_s) ^ 2

nesx = 1 / 3
nesy = 1 / 2

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = VIII
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = VIII * 2
Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
```

```

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = VIII * 2
Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = 2 * VIII_i

' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = VIII

Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = 2 * VIII_i

' E6
Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = 2 * VIII_i

' E7
Cells(8, 2).Select
ActiveCell.Value = VIII * 1 / 2
Cells(8, 3).Select
ActiveCell.Value = VIII_i

' E8
Cells(9, 2).Select
ActiveCell.Value = 1.5 * VIII
Cells(9, 3).Select
ActiveCell.Value = VIII_i

' COODENADA DO BLOCO
' ((s_d * 2) + (2.5 * Diamento_estaca) + ((Diamento_estaca / 2) * 2)) / 100

' E1
Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b

' E2
Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = VIII * 2 + VIII_b
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = VIII * 2 + VIII_b
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = 2 * VIII_i + VIII_b

```

```

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = VIII_b + 2 * VIII_i

' E1 fechar
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -VIII_b

'
'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(41))

'
'_____

End If

```

APÊNDICE O – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BLOCO 10 ESTACAS

```
'bloco 10 estacas'


---


If bloco10 = True Then
ne = 10

am = b / 4

s_s = 1.4142 * s
tg18 = Tan(WorksheetFunction.Radians(18))

diagonal = s_s / (2 * tg18)

db1 = Tan(teta1) * (diagonal - am)
db2 = Tan(teta2) * (diagonal - am)

d = (db1 + db2) / 2

'estaca mais solicitada
y = s_s / (2 * tg18)
x = s_s / 2

'inercia
soma_x2 = 8 * (s_s / 2) ^ 2
soma_y2 = 4 * (s_s / 2) ^ 2 + 4 * (1.5 * s_s) ^ 2 + 2 * (s_s) ^ 2

nesx = 1 / 4
nesy = 1 / 2

' E1
Cells(2, 2).Select
ActiveCell.Value = 0

Cells(2, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E2
Cells(3, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca) / 100
Cells(3, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E3
Cells(4, 2).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) / 100
Cells(4, 3).Select
ActiveCell.Value = 0

' E4
Cells(5, 2).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 3) / 100
Cells(5, 3).Select
ActiveCell.Value = 0
```

```

' E5
Cells(6, 2).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) / 2) / 100

Cells(6, 3).Select
ActiveCell.Value = (Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) * (2.5 * Diamento_estaca)) / 100

' E6
Cells(7, 2).Select
ActiveCell.Value = (((2.5 * Diamento_estaca) * 2) + ((2.5 * Diamento_estaca) / 2)) / 100

Cells(7, 3).Select
ActiveCell.Value = (Tan(WorksheetFunction.Radians(30)) * (2.5 * Diamento_estaca)) / 100

' E7

Cells(8, 2).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 3) / 100
Cells(8, 3).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) * (Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100

' E8

Cells(9, 2).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca) / 100

Cells(9, 3).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) * (Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100

' E9

Cells(10, 2).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) / 100
Cells(10, 3).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) * (Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100

' E10

Cells(11, 2).Select
ActiveCell.Value = 0
Cells(11, 3).Select
ActiveCell.Value = ((2.5 * Diamento_estaca) * 2) * (Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100

' COODENADA DO BLOCO
' ((s_d * 2) + (2.5 * Diamento_estaca) + ((Diamento_estaca / 2) * 2)) / 100

' E1

Cells(2, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(2, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

' E2

Cells(3, 5).Select
ActiveCell.Value = (((2.5 * Diamento_estaca) * 3) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
Cells(3, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

```

```

' E3
Cells(4, 5).Select
ActiveCell.Value = (((2.5 * Diamento_estaca) * 3) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
Cells(4, 6).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca + Diamento_estaca + s_d) / 100

' E4
Cells(5, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

Cells(5, 6).Select
ActiveCell.Value = (2.5 * Diamento_estaca + Diamento_estaca + s_d) / 100

' E1 fechar
Cells(6, 5).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
Cells(6, 6).Select
ActiveCell.Value = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100

'
'_____
'Armadura sobre as estacas

Fz = Val(si_fz)
maior_lado_bloco = 2.5 * Diamento_estaca + s_d * 2 + Diamento_estaca
h = Fix(100 * d / 5) * 5 + 5
tg_teta = (Tan(teta1) + Tan(teta2)) / 2
cosang = Cos(WorksheetFunction.Radians(30))

'
'_____

End If

'
'_____

ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 5").Activate
ActiveChart.SetElement (msoElementPrimaryCategoryAxisShow)
ActiveChart.SetElement (msoElementPrimaryValueAxisShow)

'formata eixo x

ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
Application.CommandBars("Format Object").Visible = False
ActiveChart.Axes(xlCategory).MinimumScale = WorksheetFunction.Min(Range(Range("e1:e30"), Range("f1:f30")))
ActiveChart.Axes(xlCategory).MaximumScale = WorksheetFunction.Max(Range(Range("e1:e30"), Range("f1:f30")))

'formata eixo y

ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 5").Activate
ActiveChart.Axes(xlValue).Select
ActiveChart.Axes(xlValue).MinimumScale = WorksheetFunction.Min(Range(Range("e1:e30"), Range("f1:f30")))
ActiveChart.Axes(xlValue).MaximumScale = WorksheetFunction.Max(Range(Range("e1:e30"), Range("f1:f30")))

' dimesao da estaca
ActiveChart.FullSeriesCollection(1).MarkerSize = WorksheetFunction.RoundUp(3.1 * s_d, 0)

'apaga os eixos
ActiveChart.SetElement (msoElementPrimaryCategoryAxisNone)
ActiveChart.SetElement (msoElementPrimaryValueAxisNone)

'
'_____

```

```

' _____

Set Gráfico = ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 5").Chart

'Cria o caminho e nome para salvamento do arquivo GIF

ArquivoGIF = ThisWorkbook.Path & "\temp.gif"

'Salva o gráfico como arquivo GIF

Gráfico.Export Filename:=ArquivoGIF, FilterName:="GIF"

'Carrega o gráfico salvo para o Controle Image1 do Userform

Image7.Picture = LoadPicture(ArquivoGIF)

' _____

If capcarga * ne > si_fz Then
MsgBox "Capacidade de carga da estaca Menor que a solicitação do pilar verificar Fz (kN)"

ElseIf capcarga * ne > si_fy Then
MsgBox "Capacidade de carga da estaca Menor que a solicitação do pilar verificar Fy (kN)"

ElseIf capcarga * ne > si_fx Then
MsgBox "Capacidade de carga da estaca Menor que a solicitação do pilar verificar Fx (kN) "

Else

End If

' _____

'Dimensionamento

Fz = Val(si_fz)
Fx = Val(si_fx)
Fy = Val(si_fy)
Mx = Val(si_mx)
My = Val(si_my)

Mrx = Mx + Fy * d
Mry = My + Fx * d

If bloco1 = True Then
Fsol = Fz / ne

Else
Fsol = Fz / ne + Mrx * y * nesy / somax2 + Mry * x * nesx / somay2
End If

```

APÊNDICE P – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: ARMADURA

```
If Fsol >= capcarga Then
MsgBox ("Capacidade de carga da estaca menor que a solicitação")
Exit Sub

End If

If bloco1 = True Then
tirante = 0

Else
tirante = Fsol / tg_teta
tirante_horizontal = tirante * cosang
End If

Ass_calc = tirante_horizontal / 43.4

Ass_min = 0.0015 * 0.85 * Val(Diamento_estaca) * h

If Ass_min > Ass_calc Then
Ass = Ass_min
Else
Ass = Ass_calc
End If

Ab = 3.14 * 0.25 * bitolabloco ^ 2 * 10 ^ -2
Ab2 = 3.14 * 0.25 * bitolabloco ^ 2 * 10 ^ -2

nb_prin = WorksheetFunction.RoundUp(Ass / Ab, 0)

If nb_prin <= 1 Then
nb_prin = 2
End If

esp_prin = WorksheetFunction.Round(Diamento_estaca / (nb_prin - 1), 2)

Ass_pele = 0.0015 * (Diamento_estaca + 2 * s_d) * h
nb_pele = WorksheetFunction.RoundUp(Ass_pele / Ab, 0)

If nb_pele <= 1 Then
nb_pele = 2
End If

esp_pele = WorksheetFunction.Round((h - 10) / (nb_pele - 1), 2)

Ass_susp = 1.05 * 4 * Fsol / (1.5 * ne * 43.4)

nb_susp = WorksheetFunction.RoundUp(Ass_susp / Ab2, 0)
```

```

If nb_susp <= 1 Then
nb_susp = 2
End If

esp_susp = WorksheetFunction.Round((1.5 * Diamento_estaca) / (nb_susp - 1), 2)

' _____

' espaçamento maximo e minimo

If esp_prin < 1.2 * Val(d_agre) / 10 Then
    MsgBox ("Espaçamento da armadura Pricincipal menor 1,2Dmax do Agregado" & Chr(13) & _
        "Mude o diâmetro do agregado ou o Diâmetro da barra")
    Exit Sub

End If

If esp_prin < bitolabloco / 10 Then
    MsgBox ("Espaçamento da armadura Pricincipal menor o Diâmetro da barra escolhida" & Chr(13) & _
        "Mude o Diâmetro da barra")
    Exit Sub

End If

If esp_prin > 20 Then
    esp_prin = 20
    nb_prin = WorksheetFunction.Round(Diamento_estaca / (esp_prin), 0) + 1

End If

    If esp_pele < 1.2 * Val(d_agre) / 10 Then
        MsgBox ("Espaçamento da armadura Pricincipal menor 1,2Dmax do Agregado" & Chr(13) & _
            "Mude o diâmetro do agregado ou o Diâmetro da barra")
        Exit Sub

    End If

    If esp_pele < bitolabloco / 10 Then
        MsgBox ("Espaçamento da armadura Pricincipal menor o Diâmetro da barra escolhida" & Chr(13) & _
            "Mude o Diâmetro da barra")
        Exit Sub

    End If

    If esp_pele > 20 Then
        esp_pele = 20
        nb_pele = WorksheetFunction.Round((h - 10) / (esp_pele), 0) + 1

    End If

If esp_susp < 1.2 * Val(d_agre) / 10 Then
    MsgBox ("Espaçamento da armadura Pricincipal menor 1,2Dmax do Agregado" & Chr(13) & _
        "Mude o diâmetro do agregado ou o Diâmetro da barra")
    Exit Sub

End If

```

```
If esp_susp < bitolabloco / 10 Then
    MsgBox ("Espaçamento da armadura Principal menor o Diâmetro da barra escolhida" & Chr(13) & _
        "Mude o Diâmetro da barra")
    Exit Sub

End If

If esp_susp > 20 Then
    esp_susp = 20
    nb_susp = WorksheetFunction.Round((1.5 * Diamento_estaca) / (esp_susp), 0) + 1

End If

'FIM DA ARMADURA_____
```

APÊNDICE Q – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: VERIFICAÇÕES

```
If Fsol > ne * Val(capcarga) Then

    MsgBox ("Capacidade de carga da estaca menor que a força solicitante na estaca mais carregada")
    Exit Sub

End If
Aest = 3.14 * 0.25 * (Diamento_estaca / 100) ^ 2

sin_teta = Sin((teta1 + teta2) / 2)

tensao_pilar = (ne * Val(capcarga)) / (Aest * sin_teta ^ 2)

tensao_estaca = (Val(capcarga)) / (Aest * sin_teta ^ 2)

fck = Val(V_fck)

fcd = 1000 * fck / 1.4

If tensao_pilar > ne * 0.5 * fcd Then
    MsgBox ("Esmagamento do concreto junto ao Pilar, verifique o Fck do concreto")
    Exit Sub

ElseIf tensao_estaca > 0.85 * fcd Then
    MsgBox ("Esmagamento do concreto junto a estaca, verifique o Fck do concreto")
    Exit Sub

End If

'avaliação cisalhamento

tensao_cisa_res = 0.0375 * (fck) ^ (2 / 3)
k = Abs(1.6 - d)

VS1 = 2 * Fsol

BBBB = Val((s_d * 2 + Diamento_estaca * 2.5))

ro = (Ass / 10000) / (BBBB / 100) * d

VRd1 = tensao_cisa_res * k * (1.2 + 40 * ro) * BBBB * 100 * d

If VRd1 < VS1 Then
    MsgBox ("Não passa para o cisalhamento, aumentar o Fck do concreto")
    Exit Sub

End If
```

```

'Verificação

'nesx - numero de estacas na linha mais solicitada do bloco na direção x
'nesy - numero de estacas na linha mais solicitada do bloco na direção y
'
_____

'verificação
'
_____

'
'b = Val(si_b) / 100
'a = Val(si_a) / 100

If bloco1 = True Then

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca

bln1h = h - 10 & "cm"
bln1l = lado_b - 10 & "cm"
bln1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
bln2esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"

b1ladob = lado_b / 100 & " m"
b1ladoo = lado_b / 100 & " m"
b1ladoh = h / 100 & " m"

End If

If bloco2 = True Then

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca
lado_a = s_d * 2 + Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca

b2n1h = h - 10 & "cm"
b2n1l = lado_a - 10 & "cm"

b2n2h = h - 10 & "cm"
b2n2l = lado_b - 10 & "cm"

b2n1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b2n2esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b2n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b2n4esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"

b2ladob = lado_b / 100 & " m"
b2ladoo = lado_a / 100 & " m"
b2ladoh = h / 100 & " m"

End If

If bloco3 = True Then

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca
lado_a = s_d * 2 + 2 * Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca

b3_1n1h = h - 10 & "cm"
b3_1n1l = lado_a - 10 & "cm"

b3_1n2h = h - 10 & "cm"
b3_1n2l = lado_b - 10 & "cm"

```

```

b2n1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b2n2esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b2n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b2n4esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"

b2ladob = lado_b / 100 & " m"
b2ladoo = lado_a / 100 & " m"
b2ladoh = h / 100 & " m"

End If

If bloco3 = True Then

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca
lado_a = s_d * 2 + 2 * Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca

b3_1n1h = h - 10 & "cm"
b3_1n1l = lado_a - 10 & "cm"

b3_1n2h = h - 10 & "cm"
b3_1n2l = lado_b - 10 & "cm"

b3_1n1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b3_1n2esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b3_1n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b3_1n4esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"

b3_1ladob = lado_b / 100 & " m"
b3_1ladoo = lado_a / 100 & " m"
b3_1ladoh = h / 100 & " m"

End If

If bloco3_1 = True Then

b3_2no1x = -((Diamento_estaca / 2 + s_d) / 100) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))
b3_2no1y = -((Diamento_estaca / 2) + (s_d)) / 100

b3_2no2x = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2 + s_d) * Tan(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100 '12
b3_2no2y = -((Diamento_estaca / 2) + (s_d)) / 100

b3_2no3x = ((2.5 * Diamento_estaca) + (Diamento_estaca / 2 + s_d) / Cos(WorksheetFunction.Radians(30))) / 100 '1
b3_2no3y = 0

ladopeque = Sqr((b3_2no2x - b3_2no3x) ^ 2 + (b3_2no2y - b3_2no3y) ^ 2)
ladogrande = Sqr((b3_2no2x - b3_2no1x) ^ 2 + (b3_2no2y - b3_2no1y) ^ 2)

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca
lado_a = s_d * 2 + Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca

```

```

b3_2n1h = h - 10 & "cm"
b3_2n1l = lado_a - 10 & "cm"

b3_2n2h = h - 10 & "cm"
b3_2n2l = lado_b - 10 & "cm"

b3_2n3h = h - 10 & "cm"
b3_2n3l = "Variável"

b3_2n4h = h - 10 & "cm"
b3_2n4l = "Variável"

b3_2n1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b3_2n2esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b3_2n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b3_2n4esp = b3_2n1esp

b3_2ladob = WorksheetFunction.Round(ladopeque, 2) & " m"
b3_2ladoo = WorksheetFunction.Round(ladogrande, 2) & " m"
b3_2ladoh = h / 100 & " m"

End If

If bloco4 = True Then

lado_b = s_d * 2 + Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca
lado_a = s_d * 2 + Diamento_estaca * 2.5 + Diamento_estaca

b4n1h = h - 10 & "cm"
b4n1l = lado_a - 10 & "cm"

b4n3h = h - 10 & "cm"
b4n3l = lado_b - 10 & "cm"

b4n1esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b4n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b4n3esp2 = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b4n2esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"

b4ladob = lado_b / 100 & " m"
b4ladoo = lado_a / 100 & " m"
b4ladoh = h / 100 & " m"

End If

```

```
If bloco10 = True Then
```

```
b10no1x = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
b10no1y = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```
b10no2x = (((2.5 * Diamento_estaca) * 3) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
b10no2y = -(s_d + (Diamento_estaca / 2)) / 100
```

```
b10no3x = (((2.5 * Diamento_estaca) * 3) + (Diamento_estaca / 2) + s_d) / 100
b10no3y = (2.5 * Diamento_estaca + Diamento_estaca + s_d) / 100
```

```
lado_b = WorksheetFunction.Round(Sqr((b10no2x - b10no3x) ^ 2 + (b10no2y - b10no3y) ^ 2), 0)
lado_a = WorksheetFunction.Round(Sqr((b10no2x - b10no1x) ^ 2 + (b10no2y - b10no1y) ^ 2), 0)
```

```
b10n1h = h - 10 & "cm"
b10n1l = lado_a * 100 - 10 & "cm"
```

```
b10n2h = h - 10 & "cm"
b10n2l = lado_b * 100 - 10 & "cm"
```

```
b10n4h = h - 10 & "cm"
b10n4l = lado_a * 100 - 10 & "cm"
```

```
b10n3h = h - 10 & "cm"
b10n3l = lado_b * 100 - 10 & "cm"
```

```
nb_susp2 = WorksheetFunction.Round((lado_b * 100 - 10) / esp_susp, 0) + 1
```

```
b10n2esp = nb_prin & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_prin & "cm"
b10n3esp = nb_susp & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b10n4esp = nb_susp2 & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_susp & "cm"
b10n5esp = nb_pele & " D " & bitolabloco & "mm c/ " & esp_pele & "cm"
```

```
b10ladob = lado_b & " m"
b10ladoo = lado_a & " m"
b10ladoh = h / 100 & " m"
```

```
End If
```

APÊNDICE R – LINHAS DE CÓDIGO DO PROGRAMA: BOTÃO ‘MUDAR BLOCO’

```
End Sub
```

```
Private Sub Botao_mudar_bloco_Click()  
Me.MultiPage1.Value = 0 ' pula para a pág muda o bloco  
End Sub
```

```
Private Sub MultiPage2_Change()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub si_a_Change()  
If Not IsNumeric(si_a) Then si_a = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_b_Change()  
If Not IsNumeric(si_b) Then si_b = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_fx_Change()  
If Not IsNumeric(si_fx) Then si_fx = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_fy_Change()  
If Not IsNumeric(si_fy) Then si_fy = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_fz_Change()  
If Not IsNumeric(si_fz) Then si_fz = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_mx_Change()  
If Not IsNumeric(si_mx) Then si_mx = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub si_my_Change()  
If Not IsNumeric(si_my) Then si_my = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_Change()  
If Not IsNumeric(TextBox1) Then TextBox1 = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Initialize()  
With bitola  
    .AddItem "5,0 mm"  
    .AddItem "6,3 mm"  
    .AddItem "10,0 mm"  
    .AddItem "12,5 mm"  
    .AddItem "16,0 mm"  
    .AddItem "20,0 mm"  
    .AddItem "22,0 mm"  
    .AddItem "25,0 mm"  
    .AddItem "32,0 mm"
```

```
End With
```

```
With Arm_bloco
    .AddItem "5,0 mm"
    .AddItem "6,3 mm"
    .AddItem "10,0 mm"
    .AddItem "12,5 mm"
    .AddItem "16,0 mm"
    .AddItem "20,0 mm"
    .AddItem "22,0 mm"
    .AddItem "25,0 mm"
    .AddItem "32,0 mm"
```

```
End With
```

```
End Sub
```

ANEXO A – CURRICULO LATTES DOS AUTORES



Claudimiro almeida moreno junior

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/5849850574765913>
Última atualização do currículo em 20/02/2017

Possui ensino-medio-segundo-graupelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins(2011). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação.
(Texto gerado automaticamente pela aplicação CVLattes)

Identificação

Nome	Claudimiro almeida moreno junior
Nome em citações bibliográficas	MORENO JUNIOR, C. A.

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2012	Graduação em andamento em Engenharia Civil. ITPAC Porto Nacional, ITPAC PORTO, Brasil.
2009 - 2011	Ensino Médio (2º grau). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, IFTO, Brasil.

Áreas de atuação

1.	Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Ciência da Computação / Subárea: Sistemas de Computação/Especialidade: Arquitetura de Sistemas de Computação.
-----------	---

Idiomas

Português	Compreende Bem, Fala Razoavelmente, Lê Razoavelmente, Escreve Razoavelmente.
Inglês	Compreende Razoavelmente, Fala Pouco, Lê Pouco, Escreve Pouco.

Produções

Produção bibliográfica



Werbeth Ferreira Rodrigues

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/8924505563065109>
Última atualização do currículo em 15/05/2017

Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil. (Texto gerado automaticamente pela aplicação CVLattes)

Identificação

Nome Werbeth Ferreira Rodrigues 
Nome em citações bibliográficas RODRIGUES, W. F.

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2012 Graduação em andamento em Engenharia Civil.
ITPAC Porto Nacional, ITPAC PORTO, Brasil.
Título: Construção de uma ferramenta computacional para o dimensionamento estrutural de blocos de coroamento sobre estacas.
Orientador: Mauro Alexandre Paula de Souza.

Formação Complementar

2007 - 2010 Técnico em Edificações. (Carga horária: 1700h).
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, IFTO, Brasil.

Áreas de atuação

1. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil / Subárea: Construção Civil/Especialidade: Processos Construtivos.
2. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil / Subárea: Construção Civil/Especialidade: Materiais e Componentes de Construção.
3. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil / Subárea: Construção Civil/Especialidade: Instalações Prediais.

Idiomas

Português Compreende Razoavelmente, Fala Razoavelmente, Lê Razoavelmente, Escreve Razoavelmente.
Espanhol Compreende Pouco, Fala Pouco, Lê Pouco, Escreve Pouco.
Inglês Compreende Pouco, Fala Pouco, Lê Pouco, Escreve Pouco.

Produções

Produção bibliográfica

ANEXO B – CURRÍCULO LATTES DO ORIENTADOR



Mauro Alexandre Paula de Sousa

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/2181555015520763>

Última atualização do currículo em 20/02/2017

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2011), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (2014). Atualmente é professor ITPAC Porto Nacional - Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos Porto LTDA. Tem experiência na área de Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: atuando principalmente nos seguintes temas: Projetos de Fundações, estruturas metálicas e de concreto armado, execução de ensaios in situ e de laboratório e análise numérica de estruturas e Fundações. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome	Mauro Alexandre Paula de Sousa
Nome em citações bibliográficas	SOUSA, M. A. P.

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2012 - 2014	Mestrado em Geotecnia e Construção Civil (Conceito CAPES 3). Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil. Título: Análise do Efeito do Comportamento Não Linear dos Solo em Radier Estaqueado, Ano de Obtenção: 2014. Orientador: Maurício Martines Sales. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
2007 - 2011	Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Título: Avaliação da Capacidade de Suporte de Estacas Metálicas. Orientador: Gérson Jacques Miranda dos Anjos.
2008 interrompida	Curso técnico/profissionalizante interrompido em 2010. Escola Técnica Estadual Magalhães Barata, ETEMB, Brasil. Ano de interrupção: 2010

Formação Complementar

2011 - 2011	Revit Architecture. (Carga horária: 40h). Terceira Onda, TO, Brasil.
2009 - 2011	Curso Livre de Língua Estrangeira (Inglês). Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil.
2010 - 2010	Curso de Matlab. (Carga horária: 20h). Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil.
2010 - 2010	Curso de Instalações Hidráulicas e Prediais. (Carga horária: 80h). Escola Técnica Estadual Magalhães Barata, ETEMB, Brasil.
2009 - 2009	MS Project Aplicado. (Carga horária: 20h). SENAI - Departamento Regional do Pará, SENAI/DR/PA, Brasil.
2009 - 2009	Técnicas em Orçamentos de Obras Cíveis. (Carga horária: 40h). SENAI - Departamento Regional do Pará, SENAI/DR/PA, Brasil.
2007 - 2007	Cursos de AutoCAD. (Carga horária: 30h). Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil.

Atuação Profissional

ITPAC Porto Nacional, ITPAC PORTO, Brasil.

Vínculo institucional

2014 - Atual

Vínculo: Professor de Engenharia Civil, Enquadramento Funcional: Professor, Carga horária: 40

Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos, ITPAC, Brasil.

Vínculo institucional

2016 - 2017

Vínculo: Celetista, Enquadramento Funcional: Coordenador do Curso de Engenharia Civil, Carga horária: 20

Faculdades Objetivo, IUESO, Brasil.

Vínculo institucional

2014 - 2014

Vínculo: Celetista, Enquadramento Funcional: Professor Adjunto Profissional III, Carga horária: 17

Outras informações

Disciplinas Ministradas: Mecânica dos Solos e Geologia Hidráulica e Hidrologia Hidráulica e Hidrologia Aplicada Sistema de Tratamento de Água e Esgoto Saneamento Básico

Universidade Paulista (GO), UNIP (GO), Brasil.

Vínculo institucional

2014 - 2014

Vínculo: , Enquadramento Funcional: Professor Auxiliar I, Carga horária: 4

Outras informações

Disciplinas: Mecânica dos Solos e Geologia

Áreas de atuação

1. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil.
2. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil / Subárea: Geotécnica/Especialidade: Fundações e Escavações.
3. Grande área: Engenharias / Área: Engenharia Civil / Subárea: Geotécnica/Especialidade: Mecânicas dos Solos.

Idiomas

Português

Compreende Bem, Fala Bem, Lê Bem, Escreve Bem.

Inglês

Compreende Razoavelmente, Fala Razoavelmente, Lê Bem, Escreve Razoavelmente.

Espanhol

Compreende Razoavelmente, Fala Pouco, Lê Bem, Escreve Pouco.

Produções

Produção bibliográfica

Trabalhos completos publicados em anais de congressos

1. ★ **SOUSA, M. A. P.**; SALES, M. M.; PINHO, F. A. X. C.; MEDEIROS, G. F.; DIAS, M. C. C. . Efeito do comportamento não linear dos solos para três blocos de fundação analisados como radier estaqueado. In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2016, Belo Horizonte. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2016.
2. ★ **SOUSA, M. A. P.**; SALES, M. M.; MEDEIROS, G. F. . Análise de Radier Estaqueado em Solo Estratificado com comportamento não Linear. In: SEFE8 - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, 2015, São Paulo. SEFE8 - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, 2015.
3. MEDEIROS, G. F.; ALMEIDA, J. G. R.; ROMAO, P. A.; **SOUSA, M. A. P.**; ESTEVES, M. S. . Susceptibilidade à Erosão de Materiais Inconsolidados de Características Lateríticas do Médio Curso do Rio das Areias - Alexânia- GO. In: XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2014, Goiânia. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2014.
4. ★ ANJOS, G. J. M.; FONSECA, E.C.A.; MORAES, R.M.; **SOUSA, M. A. P.** . Proposta de Método de Avaliação da Capacidade de Suporte de Estacas Pré-Moldadas de Concreto Utilizando Resultados de Provas de Carga. In: XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2012, Porto de Galinhas ? PE. XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2012.
5. ★ ANJOS, G. J. M.; **SOUSA, M. A. P.** . Formulação da Capacidade de Suporte para Estacas Hélice Contínua Monitorada Baseada em Resultados de 100 Provas de Carga. In: XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia

Geotécnica, 2012, Porto de Galinhas ? PE. XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2012.

Apresentações de Trabalho

1. **SOUSA, M. A. P.**; SALES, M. M.; PINHO, F. A. X. C.; MEDEIROS, G. F.; DIAS, M. C. C. . Efeito do comportamento não linear dos solos para três blocos de fundação analisados como radier estaqueado. 2016. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
2. **SOUSA, M. A. P.**. ANÁLISE DO EFEITO DO COMPORTAMENTO NÃO LINEAR DOS SOLOS EM RADIER ESTAKEADO. 2013. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

Demais tipos de produção técnica

1. **SOUSA, M. A. P.**. Excel. 2016. .
2. **SOUSA, M. A. P.**. Curso Básico de Excel. 2014. (Curso de curta duração ministrado/Outra).
3. **SOUSA, M. A. P.**. Curso Avançado de Excel. 2014. .
4. **SOUSA, M. A. P.**. Curso de AutoCAD. 2009. .

Bancas

Participação em bancas de trabalhos de conclusão

Trabalhos de conclusão de curso de graduação

1. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Geovane Barbosa Frazão.Cálculo da Ocupação das Faixas da avenida Teotônio Segurado com uma nova proposta de implantação do BRT. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
2. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Ayla Miellena Fonseca Barros e Aluizio Lima Arbués Neto.Principais Problemas e Irregularidades na execução de obras públicas. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
3. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Edinilson Barbosa Amaral e Reinaldo Teixeira Matos.Avaliação do sistema de ar condicionado do bloco beta das salas de aula do ITPAC-PORTO NACIONAL. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
4. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Alayane de Moura Lima e Eder Augusto Ribeiro.Estudo de implantação de sistema de gestão de qualidade aplicado na execução de serviço de construção civil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
5. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Emanuel Fernandes Nunes e Herbert Ayres Sardinha Júnior.Análise de métodos de orçamento para obras de construção civil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
6. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Giovane Mantovani Rodrigues.Análise da resistência mecânica do concreto convencional em relação ao concreto aditivado com fibra do coco babaçu. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
7. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Bruno Gomes Teixeira.Resíduos da construção civil e sua gestão eficiente e eficaz. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
8. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Mateus Creiler Gouveia da Silveira.Análises de desempenho Técnico do sistema construtivo para paredes pré-moldados em concreto leve como indicativo de sustentabilidade. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
9. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Eduardo de Castro Bittencourt.Fundação em Radier Estaqueado: Metodologias construtivas e comportamento estrutural. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
10. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Izabel Castro de Abreu Neta e Max Douglas Pereira da Silva.Estudo do comportamento a ruptura de vigas de concreto armado submetidas à flexão simples. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
11. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Alexandre Maia Cardoso e Lucas Marinho Araújo.Proposta de Correlação entre parâmetros geotécnicos de materiais saprofíticos aplicados no dimensionamento de barragens. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.
12. **SOUSA, M. A. P.**. Participação em banca de Diego Pitágoras Piauilino da Costa e Odair Ferrara Filho.Análise comportamento de solos arenosos quando reforçados com DS - 328 e cimento Portland. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos.

Eventos

Participação em eventos, congressos, exposições e feiras

1. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Efeito do comportamento não linear dos solos para três blocos de fundação analisados como radier estaqueado. 2016. (Congresso).
2. Durabilidade a longo prazo (mais de 25 anos) de bases estabilizadas com cal. 2013. (Seminário).
3. Estruturas de infiltração da água da chuva como meio de prevenção de inundações e erosões. 2012. (Seminário).
4. XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA - COBRAMSEG. 2012. (Congresso).
5. Maccaferri - Soluções em Geotecnia. 2011. (Seminário).
6. 7º Congresso Estadual de profissionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Pará. 2010. (Congresso).
7. Diálogos Universitários. 2010. (Outra).
8. TRANS 2010 - V Congresso Internacional de Transportes na Amazônia. 2010. (Congresso).
9. Workshop de Estruturas e Materiais. 2010. (Outra).
10. Diálogos Universitários. 2009. (Outra).
11. Treinamento de Instalações Hidráulicas Prediais. 2009. (Outra).
12. Avaliação Estrutural de Pontes Ferroviárias. 2008. (Seminário).
13. II Semana de Engenharia Civil. 2008. (Outra).
14. Lajes Pré-Moldadas: Volterranas e Treliçadas. 2008. (Seminário).
15. Palestra sobre Nanotecnologia. 2008. (Seminário).
16. Projeto Vila da Barca: Aspectos Construtivos. 2008. (Seminário).
17. Treinamento de Sistemas de Água Fria. 2008. (Outra).
18. II Semana de Engenharia Civil dentro da Programação da I Semana do Instituto de Tecnologia. 2007. (Seminário).

Organização de eventos, congressos, exposições e feiras

1. **SOUSA, M. A. P.** Encontro Para a Opção Profissional. 2007. (Exposição).

Orientações

Orientações e supervisões concluídas

Trabalho de conclusão de curso de graduação

1. Sócrates Leite Pereira. Proposta de uso de adição de cimento junto ao solo arenoso de São Felix do Tocantins. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.
2. Markus Danyllo de Sousa. Reaproveitamento de fresado de capa asfáltica como integrante de um novo pavimento. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.
3. Alan Henrique Carneiro Brito. Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para estimativa da capacidade de carga. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.
4. Adriene Reis dos Santos Menezes e Onilda da Silva Guilherme. Aplicação de técnicas de recuperação de pavimentos como metodologia para a recuperação do trecho de Porto Nacional a Silvanópolis - Tocantins. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.
5. Jonas Pimentel Abadia e Lucas Pedrini de Mendonça. Asfalto poroso como alternativa na prevenção de patologias em rodovias de tráfego leve. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.
6. Luiz Paulo Barreira Santiago e Jalisson Magalhães Santiago. Avaliação e análise de três tipos de tratamentos superficiais para a recuperação da TO-070 entre Porto Nacional e Brejinho de Nazaré - T). 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos. Orientador: Mauro Alexandre Paula de Sousa.

Educação e Popularização de C & T

Cursos de curta duração ministrados

1. **SOUSA, M. A. P.** Excel. 2016. .

Outras informações relevantes
