

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Thiago de Souza Oliveira

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO *MOBILE* PARA DIMENSIONAMENTO E
VERIFICAÇÃO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS

Piumhi - MG

2022

THIAGO DE SOUZA OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO *MOBILE* PARA DIMENSIONAMENTO E
VERIFICAÇÃO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Piumhi para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Júnior Henrique Canaval

Piumhi - MG

2022

O48d Oliveira, Thiago de Souza.
Desenvolvimento de aplicativo mobile para
dimensionamento e verificação de blocos sobre estacas
[manuscrito] / Thiago de Souza Oliveira. – 2022.
79 f. : il.

Orientador: Júnior Henrique Canaval.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto
Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2022.

1. Concreto armado. 2. Blocos de concreto. 3. Aplicativos
móveis. 4. Fundações (Engenharia Civil). I. Canaval, Júnior
Henrique. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus*
Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 624

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

Thiago de Souza Oliveira

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO *MOBILE* PARA DIMENSIONAMENTO E
VERIFICAÇÃO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS


Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto Federal de Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovado em: 05 / 07 / 2022 pela banca examinadora:


BANCA EXAMINADORA



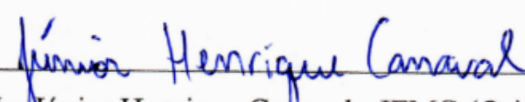
Prof. M.e Humberto Coelho de Melo - IFMG



Prof. M.^a Stella Maria Gomes Tomé - IFMG



Prof. M.e Tobias Ribeiro Ferreira - IFMG



Prof. M.e Júnior Henrique Carnaval - IFMG (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso obtive auxílio de algumas pessoas, dentre as quais gostaria de agradecer:

Aos meus familiares pelo apoio e confiança durante toda a minha caminhada no meio acadêmico, não permitindo a minha desistência. Em especial meu irmão Pedro por me inspirar criativamente em produções de aplicativos *mobiles* e tecnologias computacionais, sendo este um alvo de possíveis atuações profissionais no futuro.

A minha namorada e futura esposa Tatiane por estar sempre ao meu lado em momentos difíceis e me inspirando a sempre seguir atrás de nossos sonhos, possibilitando um futuro melhor em meio a tanto sofrimento e dificuldades neste mundo.

Aos meus professores do curso de Bacharelado em Engenharia Civil que através dos seus conhecimentos puderam me capacitar, possibilitando a realização deste trabalho. Em especial ao meu professor orientador Júnior Canaval pela atenção e pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas do curso de Bacharelado em Engenharia Civil que auxiliaram na trajetória de todo o curso, superando as dificuldades impostas a nós em todos os desafios diários.

RESUMO

Com a alta diversidade de estudos relacionados ao dimensionamento e a verificação de blocos sobre estacas, os profissionais do ramo da construção civil se deparam com metodologias complexas que apresentam diversas etapas em seus cálculos. Seja pela alta demanda de tempo para a aquisição de conhecimento sobre a temática ou em virtude da utilização de *softwares* complexos, em sua maioria pagos, para a realização destes cálculos, os projetistas estruturais criam métodos alternativos para facilitar a elaboração de seus projetos, sendo ferramentas muito utilizadas neste meio: as rotinas computacionais. O presente trabalho focou na elaboração de aplicativo *mobile* que se baseiam nos princípios das rotinas computacionais, utilizando funções lógicas e expressões matemáticas. Unindo a agilidade dos aplicativos *mobiles* com a demanda apresentada pelo ramo da construção civil, no que diz respeito ao dimensionamento e à verificação de blocos sobre estacas, desenvolveu-se uma ferramenta capaz de realizar estes cálculos de maneira mais acessível. O aplicativo desenvolvido neste trabalho pode ser utilizado para o dimensionamento e verificação de blocos sobre até 4 (quatro) estacas.

Palavras-chave: Concreto Armado; Blocos Sobre Estacas; Fundação; Aplicativo *Mobile*.

ABSTRACT

With the high variation of studies related to the design and verification of blocks on piles, professionals in the construction industry are faced with complex methodologies that have several steps in their calculations. Whether due to the high demand for time to acquire knowledge on the subject or due to the use of complex software, mostly paid, to carry out these calculations, structural designers create alternative methods to facilitate the elaboration of their projects, being tools many used in this environment: the computational routines. The present work focused on the development of a mobile application that is based on the principles of computational routines, using logical functions and mathematical expressions. Combining the agility of mobile applications with the demand presented by the civil construction sector, with regard to the dimensioning and verification of blocks on piles, a tool was developed capable of performing these calculations in a more accessible way. The application developed in this work can be used for the sizing and verification of blocks on up to 4 (four) piles.

Keywords: Reinforced Concrete; Blocks on Piles; Foundation; Mobile Application.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjos de armaduras para os blocos com três estacas de Blévoet e Fremy.	20
Figura 2 - Modelos de blocos sobre quatro estacas estudados por Blévoet e Fremy.	20
Figura 3 - Método da Superposição.	28
Figura 4 - Bloco sobre uma estaca - Esquema de Forças e Detalhes das Armaduras.	30
Figura 5 - Bloco sobre três estaca - Esquema de Forças e Modelagem do Bloco.	31
Figura 6 - Bloco sobre quatro estaca - Esquema de Forças e Modelagem do Bloco.	32
Figura 7 - Ampliação da área do pilar no interior do bloco, segundo Fusco (1994).	36
Figura 8 - Regiões de estudo no interior do bloco, segundo Fusco (1994).	36
Figura 9 - Regras práticas para o dimensionamento de blocos, prescritos por Fusco (1994). ..	37
Figura 10 - Modelo esquemático para o bloco de duas estacas prescrito por Fusco (1994). ...	38
Figura 11 - Vista frontal e em planta de zona nodal, segundo Santos e Stucchi.	40
Figura 12 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com única estaca.	45
Figura 13 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com duas estacas.	45
Figura 14 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com três estacas.	46
Figura 15 - Tela de <i>Designer</i>	47
Figura 16 - Ferramentas de Interface de Usuário.	48
Figura 17 - Caixas de Organização de Interface.	48
Figura 18 - Componentes de Armazenamento de Dados.	49
Figura 19 - Lista de Componentes do Aplicativo.	49
Figura 20 - Lista de Mídias do Aplicativo.	50
Figura 21 - Prévia da Interface do Usuário.	51
Figura 22 - Propriedades dos Componentes.	52
Figura 23 - Tela de Blocos.	53
Figura 24 - Blocos de Programação do Aplicativo.	53
Figura 25 - Exemplo de Bloco de Programação.	54
Figura 26 - Tela inicial do aplicativo.	55
Figura 27 - Informações sobre as estacas e o solo.	56
Figura 28 - Cargas atuantes e propriedades dos materiais.	57
Figura 29 - Coeficientes de cálculo e quantidade de estacas.	58
Figura 30 - Dimensões do bloco de única estaca.	59
Figura 31 - Verificações e armação do bloco de única estaca.	60
Figura 32 - Altura do bloco de duas estacas.	61
Figura 33 - Dimensões do bloco de duas estacas e reação crítica das estacas.	62
Figura 34 - Verificações e armação do bloco de duas estacas.	63
Figura 35 - Quantidade de Estacas – Primeiro Exemplo.	65
Figura 36 - Quantidade de Estacas – Terceiro Exemplo.	65
Figura 37 - Falha do ângulo de inclinação das bielas igual a 45°.	66
Figura 38 - Correção do ângulo de inclinação das bielas.	67
Figura 39 - Tensão na região do pilar excede o limite – Inclinação das bielas igual a 45°.	67
Figura 40 - Dimensões dos blocos de duas e três estacas.	69
Figura 41 - Reações críticas e verificações das tensões.	70
Figura 42 - Dimensionamento e ancoragem das armaduras.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$	23
Quadro 2 - Valores para o coeficiente γ_{f2}	23
Quadro 3 - Valor do coeficiente de aderência η_1	25
Quadro 4 - Valor do coeficiente de aderência η_2	25
Quadro 5 - Reações de compressão e tração presentes nos blocos.	32
Quadro 6 - Altura útil máxima e mínima dos blocos.	33
Quadro 7 - Limites para a verificação das bielas.....	34
Quadro 8 - Valores para a relação x/b, segundo Fusco (1994).....	35
Quadro 9 - Valores para o cobrimento nominal (mm).	43
Quadro 10 - Especificações das modelagens 3D e das plantas de armação.	46
Quadro 11 - Especificações dos exemplos.	64
Quadro 12 - Cargas estudadas nos exemplos.	64
Quadro 13 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Altura total do bloco.....	68
Quadro 14 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Dimensões dos blocos.	69
Quadro 15 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Verificação das tensões atuantes.	69
Quadro 16 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Dimensionamento das armaduras.....	71
Quadro 17 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Ancoragem da armadura principal.	71
Quadro 18 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.....	73
Quadro 19 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.	73
Quadro 20 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.	74
Quadro 21 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.	74
Quadro 22 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.....	75
Quadro 23 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.....	75
Quadro 24 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas.....	76
Quadro 25 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas.	76
Quadro 26 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas. ...	77

LISTA DE SIGLAS

Ângulos, Coeficiente e Resistências:

θ_1 - Ângulo de espraçamento das tensões provenientes do pilar;

θ - Ângulo de inclinação das bielas de compressão.

α - Coeficiente para cálculo de comprimento de ancoragem;

αv_2 - Coeficiente de ponderação das tensões nodais, que considera ação de fissuras geradas pelas forças de tração;

n_1, n_2, n_3 - Coeficientes para cálculo da tensão de aderência da armadura passiva;

γ_f - Coeficiente de ponderação das ações;

γ_{f1} - Parte do coeficiente de ponderação das ações, que considera a variabilidade das ações;

γ_{f2} - Parte do coeficiente de ponderação das ações, que considera a simultaneidade de atuação das ações;

γ_{f3} - Parte do coeficiente de ponderação das ações, que considera os desvios gerados nas construções e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das solicitações;

γ_n - Coeficiente de ajuste coeficiente de ponderação das ações, que considera o aumento de probabilidade de ocorrência de desvios relativos significativos na construção (aplicado em pilares, pilares-paredes e lajes em balanço com dimensões menores que certos valores)

γ_c - Coeficiente de ponderação da resistência do concreto;

γ_s - Coeficiente de ponderação da resistência do aço;

f_{ck} - Resistência característica à compressão do concreto;

f_{cd} - Resistência de cálculo à compressão do concreto;

f_{yk} - Resistência característica ao escoamento do aço de armadura passiva;

f_{yd} - Resistência de cálculo ao escoamento do aço de armadura passiva;

f_{bd} - Resistência de aderência de cálculo da armadura passiva;

$f_{ctk, inf}$ - Resistência característica do concreto à tração direta inferior;

f_{ctd} - Resistência de cálculo do concreto à tração direta.

f_{cd1} - Resistência de cálculo de bielas prismáticas ou nós CCC;

f_{cd2} - Resistência de cálculo de bielas atravessadas por mais de um tirante ou nós CTT;

f_{cd3} - Resistência de cálculo de bielas atravessadas por tirante único ou nós CCT.

Armaduras e Ancoragem:

A_{barra} - Área da seção transversal da armadura principal de tração;

$A_{st, calc}$ - Área calculada da seção transversal da armadura principal de tração;

$A_{st, efet}$ - Área efetiva da seção transversal da armadura principal de tração;

$A_{st, dist}$ - Área calculada da seção transversal da armadura de distribuição;

$A_{st, susp}$ - Área calculada da seção transversal da armadura de suspensão;

$A_{st, sup}$ - Área calculada da seção transversal da armadura superior;

$A_{st, malha}$ - Área calculada da seção transversal da armadura em malha;

$A_{st, pele}$ - Área calculada da seção transversal da armadura de pele;

$A_{st, estribo}$ - Área calculada da seção transversal da armadura dos estribos;

c_{nom} - Cobrimento nominal da armadura em relação à face do elemento;

\emptyset_{barra} - Diâmetro das barras da armadura;

N_{barras} - Quantidade de barras presentes na armadura principal do bloco;

L_b - Comprimento de ancoragem básico;

$L_{b, pilar}$ - Comprimento de ancoragem do pilar;

$L_{b, necess}$ - Comprimento de ancoragem necessário;

$L_{b, min}$ - Comprimento de ancoragem mínimo;

$L_{b, disp}$ - Comprimento de ancoragem disponível.

s_{princ} - Espaçamento da armadura principal;

s_{pele} - Espaçamento da armadura de pele;

$s_{estribo}$ - Espaçamento dos estribos verticais;

Dimensões e Distâncias:

C - Distância entre o eixo da estaca até a face do bloco;

e - Distância entre os eixos das estacas;

x_i - Posição da estaca ao longo do eixo x em relação ao plano do bloco;

y_i - Posição da estaca ao longo do eixo y em relação ao plano do bloco;

β - Relação entre a maior dimensão do pilar e a menor dimensão do pilar;

a - Maior dimensão da área da seção transversal do pilar;

b - Menor dimensão da área da seção transversal do pilar;

a_p – Dimensão de pilar de seção quadrada, com área igual à um pilar de seção retangular;
 h – Altura total do bloco de coroamento sobre estacas;
 A - Maior dimensão da área da seção transversal do bloco de coroamento;
 B - Menor dimensão da área da seção transversal do bloco de coroamento;
 A_c – Área do pilar de concreto;
 $A_{c,amp}$ – Área ampliada da seção transversal do pilar de concreto;
 x - Profundidade de espraçamento das tensões;
 A_e - Área das estacas utilizadas;
 $A_{est, amp}$ - Área ampliada da seção transversal das estacas;
 a_{est} - Diâmetro das estacas utilizadas;
 l_{est} – Dimensão de estaca de seção quadrada, com área igual à uma estaca de seção circular;
 d – Altura útil do bloco;
 d' - Dimensão considerado no cálculo da área ampliada da estaca;
 n_{est} – Quantidade de estacas presentes no bloco.

Esforços, Reações e Momentos Fletores:

$N_{k, pilar}$ - Força normal característica atuante no pilar;
 $N_{d, pilar}$ - Força normal de cálculo atuante no pilar;
 $N_{k, estaca}$ - Força normal característica atuante na estaca;
 $N_{d, estaca}$ - Força normal de cálculo atuante na estaca;
 P_{adm} - Capacidade geotécnica admissível da estaca;
 T_d - Força de Tração Horizontal de Cálculo
 $R_{st, d}$ - Esforço resistente de cálculo da armadura principal de tração;
 M_x - Momento fletor solicitante que atua no eixo x;
 M_y - Momento fletor solicitante que atua no eixo y;
 $\sigma_{cd, pil}^{biela}$ – Tensão atuante na região nodal que compõem o pilar e as bielas, abaixo do pilar;
 $\sigma_{cd, est}^{biela}$ – Tensão atuante na região nodal que compõem a estaca e as bielas, acima da estaca;
 σ_{vd} – Tensão vertical atuante na seção horizontal do bloco, abaixo do pilar.
 σ_{c2d} – Tensão atuante na seção horizontal do bloco, abaixo do pilar.
 $\sigma_{\theta d}$ – Tensão atuante na seção diagonal das bielas no interior do bloco.
 $\sigma_{cd, est}$ – Tensão atuante na seção horizontal das estacas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2	PROBLEMÁTICA ANALISADA	14
1.3	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	14
1.4	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	15
2	METODOLOGIA ADOTADA	16
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	OBJETIVO GERAL	17
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	18
4.1	ESTUDOS DE BLÉVOT E FRÉMY (1967).....	18
4.2	ESTUDOS DE DELALIBERA (2006).....	21
4.3	PARÂMETROS DOS MATERIAIS E COEFICIENTES DE CÁLCULO	22
4.4	ORIENTAÇÕES ESTABELECIDAS PELA ABNT NBR 6118:2014.....	25
4.5	ESTAQUEAMENTO DO BLOCO	27
4.6	DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DOS BLOCOS	29
4.6.1	Dimensionamento segundo Blévo (1967).....	29
4.6.2	Dimensionamento segundo Fusco (1994).....	35
4.6.3	Dimensionamento segundo Santos e Stucchi (2015).....	39
4.7	DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DAS ARMADURAS	41
5	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO.....	47
5.1	MIT APP INVENTOR.....	47
5.2	APLICATIVO DESENVOLVIDO.....	55
5.3	TESTES NUMÉRICOS PARA VALIDAÇÃO DO APLICATIVO.....	64
6	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

As fundações são elementos estruturais construídos nas camadas de solo que irão resistir aos impactos causados pelas ações permanentes e variáveis das edificações geradas por fatores externos na edificação e transmitidos pela superestrutura da construção até às fundações. A resistência atribuída às camadas de solo depende diretamente da sua composição, visto que o solo apresenta heterogeneidade entre suas camadas. As fundações podem ser classificadas de acordo com sua profundidade de assentamento em fundações rasas e profundas.

Segundo a ABNT NBR 6122:2019 as fundações profundas são:

elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

Além das fundações profundas, a normativa define as fundações rasas como sendo:

elementos de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada; para esta definição adota-se a menor profundidade, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação.

Uma vez que as camadas superiores não apresentem resistências compatíveis com as demandas estruturais, os profissionais utilizam de fundações profundas para alcançarem camadas com resistências suficientes para o projeto. Para estas situações podem ser utilizados blocos de coroamento sobre estacas de concreto armado ou de outros materiais, tendo como princípio a transmissão destas cargas através de sua base, caracterizado pela resistência de ponta, e de sua superfície lateral, caracterizado pela resistência de fuste (FERREIRA, LOPES, *et al.*, 2011).

Tendo em vista que os blocos devem transmitir os esforços para um conjunto de estacas, deve-se realizar o dimensionamento dos mesmos a partir de métodos matemáticos que possibilitam se adequar à medida que o número de elementos no conjunto aumente. O resultado, contudo, são equações complexas e de grande extensão que ocasiona uma grande demanda de tempo no cálculo de diversos elementos de fundação simultaneamente.

1.2 Problemática Analisada

Tendo como base o dimensionamento das fundações, os engenheiros calculistas utilizam de rotinas computacionais e *softwares* para garantirem resultados confiáveis e minimizando possíveis erros decorrentes de falhas humanas durante esta etapa de dimensionamento. Decorrente destas ferramentas, cria-se uma demanda aos profissionais para a utilização de recursos computacionais de grande potencial tecnológico.

Quando analisada a rotina profissional de engenheiros do ramo da construção civil, nota-se uma grande demanda destes profissionais dentro dos canteiros de obra e a necessidade de resoluções de problemas ou verificações que podem surgir *in loco*. Visto que estes locais possuem poucos recursos tecnológicos, como por exemplo acesso à *internet*, e apresentam limitações para a utilização de computadores, os profissionais devem se locomover a seus escritórios para realizarem cálculos mais complexos e para realizarem a conferência dos resultados apresentados em campo.

1.3 Justificativa do Trabalho

Diante de um mercado altamente escalável, o desenvolvimento de aplicativos *mobiles* tem sido muito difundido em plataformas online, inspirando muitos jovens para este ramo da computação e uma possível área de atuação destes aplicativos são no ramo da construção civil. Como há poucos aplicativos voltados para a Engenharia Civil, deve-se iniciar seus estudos para que possa instigar novas mentes curiosas em relação a este ramo, possibilitando uma melhoria na atuação dos profissionais, estes auxiliados pelos aplicativos, e uma melhor imersão dos estudantes no que diz respeito de produção dos conhecimentos adquiridos em sala de aula.

Dentre as tecnologias atuais, destaca-se a utilização de aplicativos *mobile* para a resolução de problemas práticos desenvolvidos em campo, sem a necessidade de utilizar recursos mais avançados encontrados em plataformas computacionais. Nesse contexto, fica claro a agilidade, a facilidade e a acessibilidade dos aplicativos *mobiles* quando comparados aos computadores.

1.4 Estrutura da Monografia

Este trabalho de conclusão de curso estrutura-se em 6 (seis) capítulos, apresentando no primeiro a introdução da temática, levantando pontos iniciais sobre o estudo de fundações, analisando a problemática abordada pelo trabalho. O segundo capítulo é relativo à metodologia adotada, a qual aborda as pesquisas bibliográficas realizadas e as ferramentas utilizadas para a elaboração do aplicativo.

No terceiro capítulo serão apresentados os objetivos do trabalho, definindo o objetivo central do estudo através do desenvolvimento do aplicativo *mobile* e os objetivos específicos através das etapas a serem concluídas para atingir o objetivo principal do estudo.

No quarto capítulo será exposto a revisão bibliográfica da monografia, sendo subdividido em 7 (sete) seções, iniciando através dos estudos realizados por Blévoit e Frémy (1967) e Delalibera (2006). Após estes estudos, serão abordadas as definições e os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014, sendo fundamentais para o dimensionamento das estacas, e finalizando com as metodologias de cálculo utilizadas em seu desenvolvimento. O capítulo cinco aborda o desenvolvimento do aplicativo e sua validação a partir de testes numéricos.

Para finalizar o trabalho, no capítulo seis foi realizada a conclusão estabelecida pelo estudo, estabelecendo uma visão geral sobre a temática estudada e apresentada as observações referentes aos resultados obtidos pelos testes numéricos realizados no aplicativo.

2 METODOLOGIA ADOTADA

Para o presente trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas e utilizadas ferramentas computacionais para a criação do aplicativo *mobile*. A pesquisa bibliográfica baseou-se nos estudos realizados por Bastos (2020) e Pereira (2017) sobre as etapas de dimensionamento de blocos sobre estacas. Obteve-se definições técnicas através das ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 6122:2019. Para mais detalhes sobre este estudo utilizou-se os trabalhos desenvolvidos por Ferreira *et al.* (2011), Lopes *et al.* (2011) e Souza *et al.* (2011).

A ferramenta computacional utilizada para a criação do aplicativo foi a *MIT App Inventor*, que é uma plataforma *online* de criação de aplicativos *mobiles* baseada na dinâmica de blocos de comando para a sua modelagem, a qual realiza sua programação através da linguagem *Java*.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo *mobile*, para fins educacionais, que permita dimensionar e verificar blocos sobre até 4 (quatro) estacas.

3.2 Objetivos Específicos'

- Apresentar e demonstrar as metodologias para dimensionamento de blocos sobre estacas desenvolvidos por Blévoit e Frémy (1967), por Fusco (1994) e por Santos e Stucchi (2015).
- Citar e analisar as especificações técnicas referentes ao dimensionamento de blocos sobre estacas estabelecido pelas normativas ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 6122:2019.
- Apresentar a plataforma de desenvolvimento de aplicativos *mobiles*, *MIT App Inventor*, e demonstrar a utilização do mesmo no desenvolvimento do trabalho.
- Realizar testes numéricos para validar os resultados apresentados pelo aplicativo *mobile* desenvolvido e compará-los com os resultados obtidos por outras fontes de estudo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Estudos de Blévat e Frémy (1967)

Um dos pioneiros dos estudos relacionado ao comportamento dos blocos de fundação foi o engenheiro Blévat propondo um modelo “espacial” de treliças dentro dos blocos de concreto, sendo estas formadas por bielas inclinadas comprimidas e tirantes tracionados na porção inferior do bloco. O comportamento das bielas perante os esforços atuantes na estrutura é definido pelas propriedades do concreto presente no bloco, enquanto os tirantes são definidos pelas propriedades da armadura de aço presente na estrutura. Antes de seus estudos notava-se uma preocupação no que diz respeito ao comportamento das bielas, tendo em vista suas características como seu formato, suas dimensões e sua inclinação, e após suas análises batizou-se esta metodologia como Método de Bielas e Tirantes.

Segundo Bastos (2020) esta metodologia é recomendada para blocos submetidos a carregamentos centrados ou com pouca excentricidade, podendo ser utilizados para cálculos de carregamentos descentralizados, mas admitindo que todas as estacas em estudos apresentem a mesma carga, esta considerada a maior entre as calculadas. Para esta segunda análise observa-se um dimensionamento antieconômico, pois utiliza-se uma majoração das cargas nas estacas estudadas. Mesmo com esta simplificação o método é amplamente utilizado no Brasil e em toda a Europa, pois apresenta um modelo intuitivo e com uma vasta base experimental, possuindo 116 estudos apenas relacionados a Blévat. Outro fator que garante a utilização deste método é em relação ao espaçamento das estacas, os quais devem ser espaçados igualmente perante ao eixo do pilar.

Com auxílio de Frémy, foram realizados estudos experimentais para observar o comportamento de diferentes sistemas de blocos de fundação perante a forças centradas, tendo como premissa a análise a configuração das armaduras, a aplicação do Método das Bielas e Tirantes e seu comportamento estrutural, no que diz a respeito da aparição de fissuras e em seu Estado Limite Último, ou seja, até sua ruína. Para este estudo analisaram blocos de 2 (duas), 3 (três) e 4 (quatro) estacas, além de observar o comportamento da armadura quando apresentado ganchos em suas pontas.

Para o bloco de duas estacas, os pesquisadores notaram que a armadura sem a presença dos ganchos em suas pontas sofreu escorregamento, contribuindo negativamente para a análise do comportamento do bloco, constatando a necessidade de ganchos na armação deste tipo de estrutura. A ruína do bloco se deu através do esmagamento das bielas nas regiões próximas as estacas e abaixo do pilar, ocorrendo de maneira simultânea. A partir destes ensaios, os pesquisadores recomendaram a utilização de blocos que apresentavam ângulos de inclinação das bielas contidos em um intervalo de 40° a 55° , pois fora deste intervalo as forças de ruína notificaram valores menores que os calculados (DELALIBERA, 2006). De acordo com Bastos (2020), através dos estudos realizados por Machado, nota-se um refinamento para o intervalo do ângulo de inclinação das bielas, sendo este entre 45° e 55° , atribuindo valores mais confiáveis e com pouca presença de manifestações patológicas nos blocos.

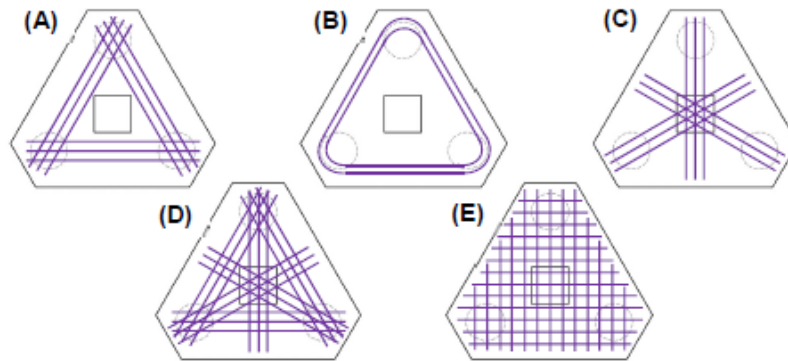
Os blocos de três e quatro estacas foram utilizados para analisar diferentes configurações de armaduras. As configurações para as armaduras dos blocos sobre três estacas, apresentadas na Figura 1, foram:

- a) Armadura segundo os lados unindo as estacas;
- b) Armadura em laço contornando as estacas;
- c) Armadura disposta nas medianas passando pelo pilar;
- d) Combinação entre lados e medianas;
- e) Armadura em malha.

Para os blocos sobre quatro estacas, as configurações das armaduras, demonstradas na Figura 2, foram feitas da seguinte maneira:

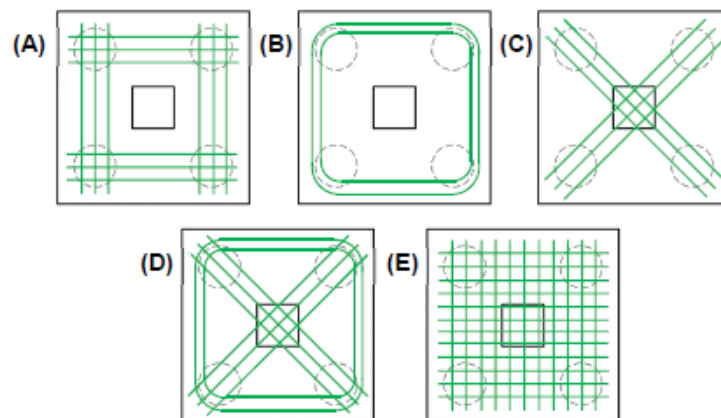
- a) Armadura segundo os lados do bloco;
- b) Armadura em laço contornando as estacas;
- c) Armadura segundo as diagonais;
- d) Armadura combinada em laço com segundo as diagonais;
- e) Armadura em malha.

Figura 1 - Arranjos de armaduras para os blocos com três estacas de Blévtot e Frémy.



Fonte: MENDONÇA, 2017, p. 25.

Figura 2 - Modelos de blocos sobre quatro estacas estudados por Blévtot e Frémy.



Fonte: MENDONÇA, 2017, p. 27.

Analisando inicialmente as configurações estabelecidas nos blocos de três estacas, os autores observaram a eficiência dos modelos (a), (b) e (d), tendo uma análise especial para o modelo (d) que só pode garantir tal afirmação se as armaduras segundo os lados do bloco forem preponderantes. Para o modelo de malha, notou-se um decréscimo nos valores calculados, por volta de 50%, devido à ausência de armaduras de suspensão, estas necessárias quando a distância entre as estacas for maior que três vezes o diâmetro das mesmas (DELALIBERA, 2006).

Para os blocos de quatro estacas, observou-se a eficiência dos modelos (a) e (d), enquanto o modelo de malha apresentou novamente valores menores que os calculados, por volta de 80% de eficiência. O modelo (c) registrou um número maior de manifestações patológicas com a atuação de cargas de pequena intensidade e o modelo (b) necessitou de uma malha na região inferior do bloco para combater a fissuração nesta região (DELALIBERA, 2006).

4.2 Estudos de Delalibera (2006)

Com o objetivo de refinar os estudos realizados anteriormente, Delalibera (2006) realizou um ensaio experimental com 14 (quatorze) blocos apoiados em duas estacas submetidos a cargas centradas e excêntricas. O pesquisador analisou o comportamento dos mesmos atribuindo variações em seus arranjos de armaduras, na angulação da inclinação das bielas de compressão, na altura dos blocos analisados, nas dimensões dos pilares e na posição das forças descentralizadas. Neste estudo utilizou-se das recomendações descritas por Blévet e Frémy (1967) e pela ABNT NBR 6118:2007.

Ao analisar as tensões atuantes no interior do bloco, comprovou-se o conservadorismo nos resultados obtidos pelas pesquisas de Blévet e Frémy (1967), notando apenas uma solicitação mais intensa na seção transversal das estacas, levando a considerar que metade da carga aplicada no bloco é destinada a uma das metades da seção transversal do pilar (DELALIBERA, 2006).

Quando observado a capacidade portante dos blocos, notou-se um acréscimo nesta propriedade à medida que a seção transversal do pilar é aumentada. Um fator importante para esta propriedade é em relação a atuação de momentos fletores no pilar, no qual diminui-se a capacidade portante dos blocos à medida que se aumenta a sua atuação, sendo fundamental o estudo mais aprofundado sobre a excentricidade da carga atuante nos blocos (DELALIBERA, 2006).

Segundo Delalibera (2006) a altura do bloco possui papel fundamental para se garantir a rigidez ideal deste tipo de estrutura, pois está diretamente relacionado com a determinação da carga máxima resistida e pela formação das bielas comprimidas. Comprovou também a independência da tensão de compressão no processo de ruína dos blocos, pois estes são influenciados pelo fendilhamento do concreto ocorridos antes do escoamento da armadura.

4.3 Parâmetros dos Materiais e Coeficientes de Cálculo

Para iniciar os estudos de blocos sobre estacas deve-se ter em mente as características apresentadas pelos materiais que compõem tais elementos construtivos. Para este trabalho serão abordadas estacas em concreto armado, nos quais apresentam componentes em aço e concreto. A partir desta observação, a ABNT NBR 6118:2014 apresenta parâmetros e coeficientes relacionados ao comportamento destes materiais perante a uma variedade de ações.

Quando se observa o comportamento destes materiais no Estado Limite Último destaca-se os coeficientes γ_c e γ_s que são ponderações para a resistência do concreto e do aço, respectivamente. Numericamente, a ABNT NBR 6118:2014 atribui o valor de 1,40 para a minoração relacionada ao concreto e 1,15 para o aço, nos quais ambos os valores consideram a atuação de ações normais nas estruturas.

Em virtude da natureza das ações, a ABNT NBR 6118:2014 apresenta o coeficiente γ_f que realiza a majoração dos esforços provenientes destas ações sendo atribuído um valor de 1,40 considerando o pior cenário em estudo (para as combinações últimas). Para maiores detalhes são apresentados no Quadro 1 e no Quadro 2 os parâmetros necessários para se calcular este coeficiente, por meio da Equação 1.

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot \gamma_{f3} \quad \text{Equação 1}$$

Quadro 1 - Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$.

Combinações de Ações	Ações Permanentes (g)		Ações Variáveis (q)		Ações de Protensão (p)		Recalques de Apoio e Retração	
	Desfavorável	Favorável	Cargas em Geral	Temperatura	Desfavorável	Favorável	Desfavorável	Favorável
Normais	1,40 ¹	1,00	1,40	1,20	1,20	0,90	1,20	0,00
Especiais ou de Construção	1,30	1,00	1,20	1,00	1,20	0,90	1,20	0,00
Excepcionais	1,30	1,00	1,00	0,00	1,20	0,90	0,00	0,00

¹ Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,30.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2014.

Quadro 2 - Valores para o coeficiente γ_{f2} .

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	ψ_1 ¹	ψ_2
Cargas Acidentais de Edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas. ²	0,50	0,40	0,30
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas. ³	0,70	0,60	0,40
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens.	0,80	0,70	0,60
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral.	0,60	0,30	0,00
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local.	0,60	0,50	0,30

¹ Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga.
² Edifícios residenciais.
³ Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2014.

Com os valores destes coeficientes em mãos, pode-se calcular as resistências de cálculo para ambos os materiais em estudo e os esforços de cálculo atuantes na estrutura. Para ambas as resistências se utiliza a razão entre a sua resistência característica e seu coeficiente de ponderação atribuído ao material. Para a obtenção do valor da resistência de cálculo do concreto utiliza-se a Equação 2 e para o aço a Equação 3, enquanto que os esforços de cálculo são determinados pela Equação 4 (ABNT, 2014).

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \text{Equação 2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{Equação 3}$$

$$N_d = \gamma_f \cdot N_k \quad \text{Equação 4}$$

Para a ancoragem do aço no concreto deve-se levar em consideração a resistência do concreto à tração para se obter o valor da resistência de aderência, através da Equação 5, ambos caracterizados como valores de cálculo.

$$f_{bd} = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot f_{ctd} \quad \text{Equação 5}$$

Nota-se a presença de alguns coeficientes para o cálculo da resistência de aderência, estes são relacionados com as propriedades das barras de aço, segundo sua dimensão, sua aderência (Quadro 4) e sua superfície (Quadro 3). Se tratando do coeficiente relacionado a dimensões das barras, utiliza-se o valor de 1,00 para barras de diâmetro menor que 32 mm, e para barras maiores deve ser calculado este coeficiente através da Equação 6, considerando o diâmetro da barra em milímetros.

$$n_3 = \frac{132 - \phi}{100} \quad \text{Equação 6}$$

Quadro 3 - Valor do coeficiente de aderência η_1 .

Tipo de Superfície	η_1
Lisa	1,00
Entalhada	1,40
Nervurada	2,25

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2014.

Quadro 4 - Valor do coeficiente de aderência η_2 .

Condição de Aderência	η_2
Boa Aderência	1,00
Má Aderência	0,70

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2014.

A ABNT NBR 6118:2014 permite estimar a resistência à tração do concreto, podendo ser utilizada a Equação 7, que depende da resistência característica do concreto à tração inferior, esta calculada através da Equação 8.

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad \text{Equação 7}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,3 \cdot 0,7 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad \text{Equação 8}$$

4.4 Orientações Estabelecidas pela ABNT NBR 6118:2014

A ABNT NBR 6118:2014 apresenta orientações, no que diz respeito à escolha da metodologia utilizada para o dimensionamento de blocos sobre estacas, além de apresentar características fundamentais presentes nestas estruturas. Em seu item 22.7.3 a normativa apresenta a modelagem de cálculo ideal para este tipo estruturas sendo “[...] aceitos modelos tridimensionais lineares ou não lineares e modelos biela-tirante tridimensionais”.

Quando se observa a rigidez dos blocos, o item 22.2.7.1 da normativa apresenta características para os blocos rígidos e flexíveis, nos quais os blocos flexíveis possuem propriedades complexas, sendo necessária a realização de uma “[...] análise mais completa, desde a distribuição dos esforços nas estacas, dos tirantes de tração, até a necessidade da verificação da punção”. Já os blocos rígidos são caracterizados 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.

Numericamente, pode-se caracterizar blocos rígidos através da angulação da inclinação das bielas, os quais apresentam grandezas superiores ou iguais a 45° . Para ângulos em um intervalo de $33,69^\circ$ ($\arctg 2/3$) a 45° ($\arctg 1$), os blocos são considerados semirrígidos e possíveis de serem utilizados no modelo de bielas-tirantes, porém deve-se estudar a rigidez do bloco para se analisar o comportamento global da estrutura. Por fim valores inferiores a $33,69^\circ$, os blocos são considerados flexíveis (CARVALHO, 2018).

Por possuírem muitas exigências e se tornar mais complexo seu dimensionamento, os blocos flexíveis são pouco utilizados em projetos estruturais. Em contrapartida os blocos rígidos são amplamente utilizados e possuem dimensionamento simplificado.

Em relação a geometria do bloco, a ABNT NBR 6118:2014 apresenta em seu item 22.7.4.1.4 a condição para sua altura em relação ao comprimento de ancoragem do pilar em estudo, no qual “o bloco deve ter altura suficiente para permitir a ancoragem da armadura de arranque dos pilares. Nessa ancoragem pode-se considerar o efeito favorável da compressão transversal às barras decorrente da flexão do bloco”. Além de atender este critério, Fusco (1994) apresenta um valor mínimo para a altura dos blocos em 30 (trinta) centímetros.

Outra observação tratada pela normativa é em relação a necessidade da utilização de armaduras complementares para garantir estabilidade do bloco não ocorrendo fissuração do mesmo. Através do item 22.7.4.1.5 descreve-se situações nas quais devem ser utilizadas armaduras laterais, também conhecidas como armaduras de pele, e armaduras superiores, nos quais os “[...] blocos com duas ou mais estacas em uma única linha, é obrigatória a colocação de armaduras laterais e superior. Em blocos de fundação de grandes volumes, é conveniente a análise da necessidade de armaduras complementares”. Bastos (2020) comenta sobre este trecho da norma expondo:

“Excetuando o bloco sobre duas estacas, blocos sobre uma única linha de estacas são raros. Eventualmente podem ser necessários blocos sobre três ou mais estacas em linha, mas não são comuns. De modo que, a rigor, esta prescrição da norma não se aplica a blocos sobre três ou mais estacas que não estejam em uma única linha. Na frase seguinte a norma mostra a conveniência de colocar armaduras complementares nos blocos de maneira geral, entre elas a superior, mas não define o que é um bloco de grande volume. Pode-se em tese dizer que é aquele sujeito a uma maior possibilidade de ocorrência de fissuras, principalmente por efeito da retração e do calor do concreto gerado na hidratação do cimento.”

Para a ancoragem das armaduras principais, a ABNT NBR 6118:2014 cita no item 22.7.4.1.1 as condições necessárias para sua perfeita ancoragem, especificando que a armadura de flexão para os blocos rígidos:

“[...] deve ser disposta essencialmente (mais de 85 %) nas faixas definidas pelas estacas, considerando o equilíbrio com as respectivas bielas. As barras devem se estender de face a face do bloco e terminar em gancho nas duas extremidades. Deve ser garantida a ancoragem das armaduras de cada uma dessas faixas, sobre as estacas, medida a partir das faces internas das estacas. Pode ser considerado o efeito favorável da compressão transversal às barras, decorrente da compressão das bielas.”

No item 22.7.4.1.2, a ABNT NBR 6118:2014 especifica a utilização da armadura de distribuição, em formato de malha uniformemente distribuída em duas direções na região inferior do bloco, na qual é utilizada para controlar a fissuração nesta região atribuindo a resistência de 20% dos esforços totais, sendo independente da armadura principal de flexão. Baseado neste item, prescreve-se a utilização de armaduras de suspensão quando “[...] for prevista armadura de distribuição para mais de 25 % dos esforços totais ou se o espaçamento entre estacas for maior que 3 vezes o diâmetro da estaca”.

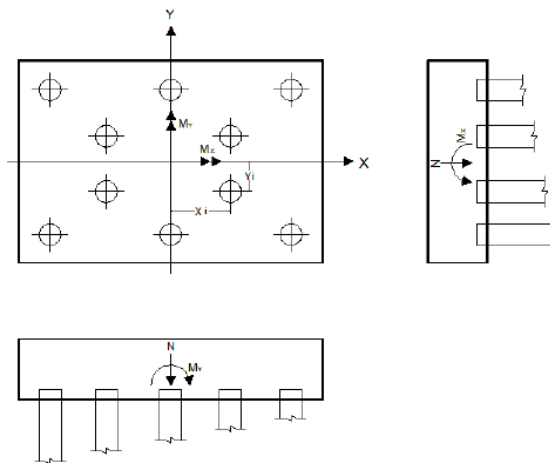
4.5 Estaqueamento do Bloco

Para realizar o estaqueamento do bloco deve-se ter, inicialmente, a quantidade de estacas necessárias para suportar a carga atuante no bloco em estudo. Segundo os estudos realizados por Ferreira *et al.* (2011), a quantidade de estacas é obtida através da razão entre a carga vertical atuante no pilar em estudo e a carga geotécnica admissível, esta adquirida através do estudo da relação entre as estacas e o solo de apoio. A Equação 9 apresenta esta razão e nota-se a presença de um coeficiente de valor igual a 1,10, sendo este aplicado como estimativa para o peso próprio do bloco.

$$n_{est} = \frac{1,10 \cdot N_{k,pilar}}{P_{adm}} \quad \text{Equação 9}$$

Para a obtenção das reações atuantes nas estacas considera-se a utilização da metodologia da superposição de efeitos, pois, segundo Delalibera (FERREIRA, LOPES, *et al.*, 2011), este método apresenta resultados satisfatórios em situações que apresentam estacas de grandes comprimentos e quando são apoiadas em terrenos não muito rígidos. Outras considerações importantes são em relação às estacas do bloco, quando se adota o Método da Superposição deve-se utilizar estacas verticais em paralelo, com mesmas dimensões e possuindo tipologias idênticas. Para ilustrar este método e demarcar os eixos de coordenação é apresentada a Figura 3 com o detalhamento de um bloco, tanto em sua vista superior quanto em suas laterais.

Figura 3 - Método da Superposição



Fonte: FERREIRA, *et al.*, 2011, p. 5.

Após a obtenção da quantidade de estacas presentes no bloco, calcula-se as reações em cada estaca, podendo utilizar a metodologia da superposição, a qual combina os efeitos da carga vertical de compressão atuante no pilar com as ações decorrentes dos momentos fletores presentes em sua base e os esforços horizontais em casos mais específicos. Numericamente, o Método da Superposição pode ser descrito através da Equação 10 (FERREIRA, LOPES, *et al.*, 2011).

$$N_{k,estaca} = \frac{N_{k,pilar}}{n_{est}} - \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y_i^2} \quad \text{Equação 10}$$

Ferreira *et al.* (2011), em suas análises, elenca algumas observações importantes no que diz respeito da quantidade de estacas em um bloco, sendo recomendável uma quantidade mínima de 3 estacas para blocos que não se encontram apoiados em elementos estruturais, pois estes garantem uma rigidez adequada para suportar os esforços nas direções em que não há a presença desta rigidez. Exemplos de elementos estruturais com esta finalidade são vigas baldrame e vigas de equilíbrio. Outra observação importante é em questão da economia em alguns aspectos, no qual recomenda-se evitar a utilização de blocos com mais de 5 estacas.

4.6 Dimensionamento e verificação dos blocos

4.6.1 Dimensionamento segundo Blévoit (1967)

Iniciando os estudos das dimensões do bloco será analisada a metodologia elaborada por Blévoit, a qual apresenta diferentes valores para cada tipologia de bloco estabelecida, variando com a quantidade de estacas presentes e o formato do bloco. Vale ressaltar que conforme mencionado por Bastos (2020) devem ser realizadas as observações do estudo de Machado, as quais atribuiu um valor para a distância entre os eixos das estacas, sendo variável com a sua tipologia, esta por sua vez caracterizada por estacas pré-moldadas ou moldadas in loco. Para as estacas moldadas in loco, o valor atribuído para esta distância é relativo a 3 (três) vezes o diâmetro das estacas, enquanto para as estacas pré-moldadas esta distância é de 2,5 vezes o diâmetro das mesmas.

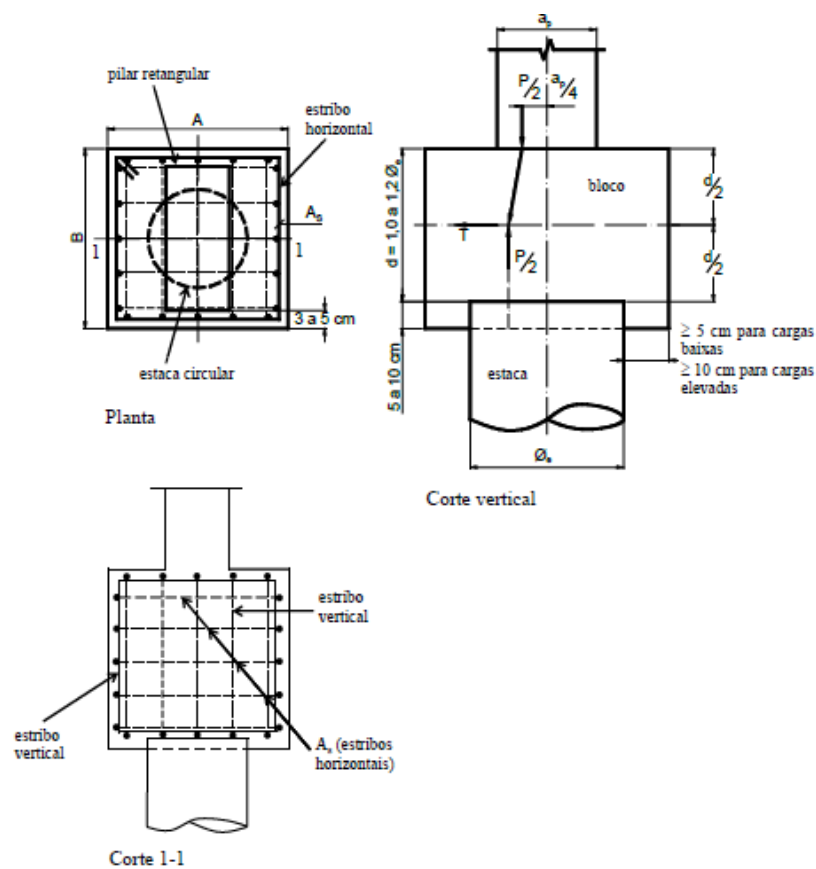
De acordo com Bastos (2020), o método de Blévoit apresenta uma simplificação para a dimensão do pilar sendo este considerado como quadrado. Quando trabalhado com pilares retangulares realiza-se o cálculo para uma dimensão equivalente, na qual encontra-se a área deste pilar e obtém-se sua raiz para que assim se utilize valores idênticos para as dimensões dos pilares, simplificando a metodologia de cálculo.

4.6.1.1 Blocos sobre uma estaca

Segundo as observações estabelecidas por Bastos (2020), os blocos sobre uma estaca são responsáveis pela transferência das cargas provenientes do pilar de seção qualquer para a estaca em questão, tendo em vista que não há a compatibilização entre a dimensão da estaca e a seção do pilar. Além desta utilização, estes blocos são empregados para a locação correta dos pilares, para auxiliar na fixação de chumbadores metálicos, para corrigir pequenas excentricidades decorrentes da estaca, para uniformizar a carga sobre estaca e entre outras funcionalidades.

A Figura 4 apresenta o detalhamento das armaduras e a distribuição da carga ao longo do bloco. Pela figura nota-se o embutimento da estaca no interior do bloco, variando entre 5 (cinco) a 10 (dez) centímetros, a altura útil do bloco é estimada dentro de um intervalo de 1,0 a 1,2 vezes o diâmetro da estaca, e a distância entre a face da estaca e a borda do bloco, possuindo valor mínimo de 10 centímetros quando submetido a cargas elevadas e 5 centímetros quando submetido a cargas de pouca magnitude.

Figura 4 - Bloco sobre uma estaca - Esquema de Forças e Detalhes das Armaduras.



Fonte: BASTOS, 2020, p. 3.

Para calcular sua armadura principal, pela Equação 12, utiliza-se a razão entre a força de tração horizontal presente no bloco, descrita pela Equação 11, e a resistência de cálculo ao escoamento do aço. Conforme descrito por Bastos (2020), a armadura principal resultará em pequenos diâmetros, sendo recomendado armaduras de 4,20 ou 5,00 milímetros, quando estiver tratando de cargas de baixa intensidade no pilar e em edificações de pequeno porte, sendo estas dimensões atribuídas aos estribos horizontais e verticais.

$$T_d = \frac{1}{4} \cdot \frac{a_{est} - a_p}{a_{est}} \cdot N_d \approx 0,25 \cdot N_d \quad \text{Equação 11}$$

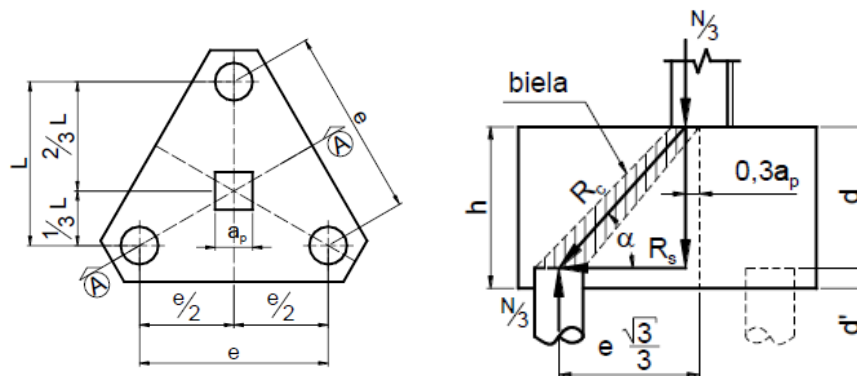
$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad \text{Equação 12}$$

4.6.1.2 Demais Blocos Estudados

Segundo Bastos (2020), a metodologia de Bléivot apresenta etapas bem definidas para realizar o dimensionamento dos blocos compostos de duas ou mais estacas. Seu princípio baseia-se em relações trigonométricas para se adquirir os valores dos esforços atuantes nas armaduras principais e nas bielas. Com base nos valores encontrados determina-se as dimensões (altura, largura e comprimento) e realiza-se a verificação das regiões nodais do bloco através da relação entre a carga atuante nas bielas e a área de contato, ora sendo pelas estacas ora sendo pelo pilar. Por fim, são estabelecidas as armaduras a partir da carga atuante calculada anteriormente.

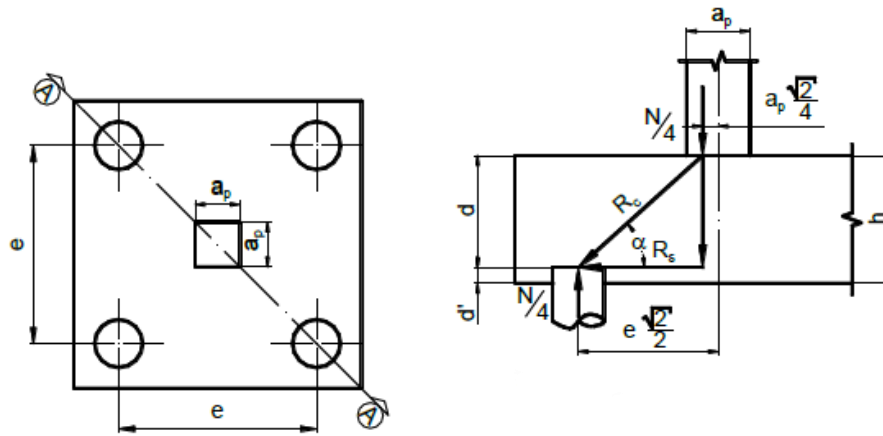
Para este estudo serão utilizados blocos triangulares quando apresentar três estacas e blocos quadrados quando apresentar quatro estacas. A Figura 5 e a Figura 6 demonstram os modelos adotados, vistos em planta, junto a seus respectivos cortes. A partir da modelagem dos blocos, elabora-se poligonais de forças presente no interior dos blocos que possibilitam encontrar as reações presentes nas bielas e nos tirantes, que podem ser visualizadas no Quadro 5.

Figura 5 - Bloco sobre três estaca - Esquema de Forças e Modelagem do Bloco.



Fonte: BASTOS, 2020, p. 11.

Figura 6 - Bloco sobre quatro estaca - Esquema de Forças e Modelagem do Bloco.



Fonte: BASTOS, 2020, p. 16.

Quadro 5 - Reações de compressão e tração presentes nos blocos.

Quantidade de Estacas	Compressão das Bielas (R_c)	Tração da Armadura (R_s)	Polígono de Forças
2	$\frac{N}{2 \cdot \sin \alpha}$	$\frac{N \cdot (2e - a_p)}{8 \cdot d}$	
3	$\frac{N}{3 \cdot \sin \alpha}$	$\frac{N \cdot (e\sqrt{3} - 0,9 \cdot a_p)}{9 \cdot d}$	
4	$\frac{N}{4 \cdot \sin \alpha}$	$\frac{N\sqrt{2} \cdot (2e - a_p)}{16 \cdot d}$	

Fonte: Adaptado de BASTOS, 2020.

De acordo com Bastos (2020), durante seus ensaios, Blévoit observou um aumento de 15% na carga atuante nos tirantes dos blocos de duas estacas quando comparado com os valores indicados pelos cálculos teóricos. Visto que os cálculos teóricos não apresentavam valores seguros, o autor acrescentou um fator de 1,15 a esta carga.

Além das reações atuantes no interior do bloco, o polígono de forças apresenta sua altura útil, podendo ser estimada segundo as recomendações propostas por Blévoit e Machado (BASTOS, 2020). No Quadro 6 estão descritas as limitações para esta altura, sendo seu valor máximo atribuído a um ângulo de 55° das bielas, enquanto o valor mínimo é referente ao ângulo de 45° .

Quadro 6 - Altura útil máxima e mínima dos blocos.

Quantidade de Estacas	Altura Útil Mínima (45°)	Altura Útil Máxima (55°)	Polígono de Forças
2	$0,500 \cdot \frac{(2e - a_p)}{2}$	$0,714 \cdot \frac{(2e - a_p)}{2}$	
3	$0,577 \cdot (e - 0,52 \cdot a_p)$	$0,825 \cdot (e - 0,52 \cdot a_p)$	
4	$0,707 \cdot \frac{(2e - a_p)}{2}$	$1,010 \cdot \frac{(2e - a_p)}{2}$	

Fonte: Adaptado de BASTOS, 2020.

Com o valor da altura útil do bloco, pode-se calcular sua altura total somando este valor com o embutimento da estaca em seu interior, sendo que o embutimento da estaca possui valor igual ao maior valor obtido entre 5 (cinco) centímetros e 1/5 do valor referente ao lado de uma estaca de seção quadrada com área igual à da estaca de seção circular, possível de ser encontrada através da Equação 13.

$$l_{est} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot a_{est}}{2} \quad \text{Equação 13}$$

Para que não ocorra fissuração e fendilhamento, deve-se verificar as ações da carga atuante no interior do bloco, nisto realiza-se a verificação das bielas na região superior das estacas e inferior do pilar. Em suma, as tensões atuantes nas bielas são caracterizadas pela Equação 14 e Equação 15, na qual a primeira é referente à região inferior ao pilar e a segunda pela região superior às estacas. Após o cálculo das tensões compara-se os resultados com as limitações referentes a cada modelo de bloco, presentes no

Quadro 7. Um fator importante para a verificação das bielas é o coeficiente Kr que, segundo Bastos (2020), “leva em consideração a perda de resistência do concreto ao longo do tempo devida a cargas permanentes”, sendo este fenômeno denominado por Efeito Rüsçh.

$$\sigma_{cd,pil}^{biela} = \frac{N_d}{A_c \cdot \sin^2 \theta} \quad \text{Equação 14}$$

$$\sigma_{cd,est}^{biela} = \frac{N_d}{n_{est} \cdot A_e \cdot \sin^2 \theta} \quad \text{Equação 15}$$

Quadro 7 - Limites para a verificação das bielas.

Quantidade de Estacas	Limite da Tensão nas Bielas	Intervalo do Coeficiente Kr
2	$1,40 \cdot K_r \cdot f_{cd}$	0,90 à 0,95
3	$1,75 \cdot K_r \cdot f_{cd}$	0,90 à 0,95
4	$2,10 \cdot K_r \cdot f_{cd}$	0,90 à 0,95

Fonte: Adaptado de BASTOS, 2020.

A armadura principal dos blocos possuirá variações em seu dimensionamento, de acordo com o arranjo adotado. Para este estudo serão adotadas armaduras paralelas aos lados dos blocos e uma malha ortogonal, pois este arranjo é comumente utilizado no Brasil, é o mais econômico e, além disso, apresenta menor fissuração que os demais arranjos (BASTOS, 2020). A partir desta consideração, faz-se necessária a decomposição das cargas atuantes nos tirantes dos blocos sobre três e quatro estacas, as quais resultam na Equação 16 e na Equação 17.

$$R'_s = \frac{N\sqrt{3} \cdot (e\sqrt{3} - 0,9 \cdot a_p)}{27 \cdot d} \quad \text{Bloco sobre três estacas} \quad \text{Equação 16}$$

$$R'_s = \frac{N \cdot (2e - a_p)}{16 \cdot d} \quad \text{Bloco sobre quatro estacas} \quad \text{Equação 17}$$

4.6.2 Dimensionamento segundo Fusco (1994)

Diferentemente da metodologia descrita por Blévoit, Fusco (1994) considera a existência de um plano horizontal resistente no interior do bloco, sendo posicionado a uma distância abaixo da base do pilar, e a partir deste as tensões são dissipadas pelo concreto. A profundidade do plano horizontal é determinada através do Quadro 8, a qual apresenta valores para a razão entre a profundidade e a menor dimensão do pilar, tendo como premissa a taxa de armadura longitudinal do pilar. Para se estabelecer um valor para esta taxa deve-se realizar a razão entre a área de aço presente no pilar e sua área de concreto, porém Fusco (1994) apresenta valores típicos para esta taxa, variando entre 1% e 3%, sendo comum utilizar o valor de 3% por se tratar de uma quantia segura a estrutura.

Em seus estudos, o autor apresenta uma relação entre a área do pilar e a área ampliada segundo o espraçamento das tensões (Equação 18), no qual apresenta um coeficiente que varia de acordo com a taxa de armadura longitudinal do pilar, neste caso simbolizado pela letra y . No mesmo quadro, anteriormente citado, é apresentado valores calculados para este coeficiente e, a partir de análises comparativas, determinou-se valores característicos para este coeficiente em cada padrão estabelecido por Fusco (1994). Através destes valores, pode-se estabelecer equações para calcular a profundidade do espraçamento das tensões em cada caso analisado, sendo visualizadas pelo Quadro 8.

$$A_{c,amp} = y \cdot A_c$$

Equação 18

Quadro 8 - Valores para a relação x/b , segundo Fusco (1994).

FORMATO DO PILAR		TAXA DE ARMADURA DO PILAR			RELAÇÃO ENTRE DIMENSÕES DO PILAR
		1,00%	2,00%	3,00%	
ALONGADO	x/b	0,800	1,000	1,200	$a = 10b$
	y (calculado)	5,544	7,000	8,584	
QUADRADO	x/b	0,350	0,420	0,500	$a = b$
	y (calculado)	5,760	7,182	9,000	
RETANGULAR	x	$\frac{\sqrt{a^2 + 32,336 \cdot ab + b^2} - (a + b)}{8}$	$\frac{\sqrt{a^2 + 26 \cdot ab + b^2} - (a + b)}{8}$	$\frac{\sqrt{a^2 + 20,176 \cdot ab + b^2} - (a + b)}{8}$	$a < 10b$ e $a \neq b$
	y (adotado)	5,544	7,000	8,584	

Fonte: Adaptado de FUSCO, 1994.

A partir da visualização das figuras acima, pode-se extrair aproximações para a altura útil do bloco e a profundidade do espraçamento das tensões, sendo o primeiro igual a 95% e o segundo igual a 15%, ambos em relação à altura total do bloco. Para o embutimento das estacas no interior do bloco, Fusco (1994) utiliza 20% do diâmetro das estacas, sendo considerado como 5% da altura total do bloco. Além destas aproximações, Fusco (1994) apresenta algumas regras práticas para o dimensionamento dos blocos de coroamento, os quais são apresentados na Figura 9.

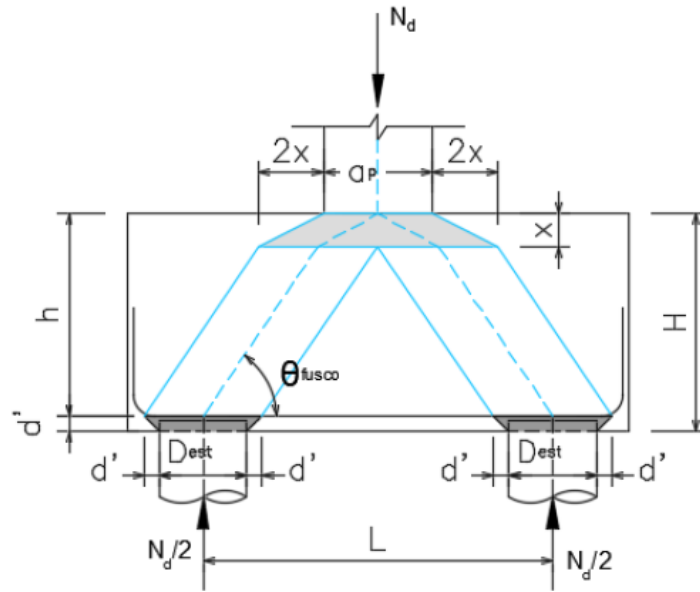
Figura 9 - Regras práticas para o dimensionamento de blocos, prescritos por Fusco (1994).

Regras práticas	
z	$= h - x - d' \cong 0,8h$
d'	$= 0,15 a_{est}$
x	$=$ Seção onde $\sigma_{cd} = 0,20 f_{cd}$
A_{s1}	$= \frac{M_{1d}}{z f_{yd}}$

Fonte: FUSCO, 1994, p. 350.

Nota-se, na Figura 8, que o autor utiliza um ângulo de inclinação para as bielas igual a $26,56^\circ$ ($\arctg \frac{1}{2}$). Este valor é referente a suas primeiras análises, durante o ano de 1994, porém sofreu alterações no decorrer de seus estudos, refinando este valor para um intervalo de $33,69^\circ$ ($\arctg \frac{2}{3}$) a $63,43^\circ$ ($\arctg 2$), entretanto o espraçamento das tensões deve seguir as indicações iniciais do autor, ou seja, através de um ângulo de $63,43^\circ$ ($\arctg 2$). Para melhor visualização, Carvalho (2018) elaborou um modelo esquemático para o bloco de duas estacas prescrito por Fusco, o qual apresenta duas regiões, uma descrita pelo espraçamento das tensões (Região Acinzentada) e a outra descrita pelas bielas (Região Branca), conforme pode ser verificado na Figura 10.

Figura 10 - Modelo esquemático para o bloco de duas estacas prescrito por Fusco (1994).



Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2018.

Segundo seus estudos, Fusco (1994) apresenta uma expressão característica para a máxima tensão resistida pelas bielas, presente na Equação 20. Nesta mesma equação, pode-se observar o comparativo entre a tensão atuante na biela e sua limitação, porém o valor desta tensão depende da tensão vertical atuante no bloco. Por consequência da análise do plano horizontal descrito pelo espraçamento das tensões resistir aos esforços atuantes, a tensão vertical terá valor igual a razão entre a carga atuante neste plano e sua área, levando em consideração a ampliação causada pelo espraçamento das tensões. A Equação 21 demonstra o cálculo para esta tensão e apresenta o máximo resistido por este plano.

$$\sigma_{\theta d} = \frac{\sigma_{vd}}{\text{sen}^2\theta} \leq \frac{0,20 \cdot f_{cd}}{\text{sen}^2\theta} \quad \text{Equação 20}$$

$$\sigma_{vd} = \frac{N_d}{A_{c,amp}} \leq 0,20 \cdot f_{cd} \quad \text{Equação 21}$$

No caso da região acima das estacas, Fusco (1994) utiliza o mesmo princípio abordado na região abaixo do pilar, o qual irá ampliar a área de atuação das estacas, e calcular a tensão atuante nesta área ampliada, comparando com o valor máximo resistido. A angulação adotada para o espraçamento das tensões atuantes nas estacas é padronizada em 45°, tanto em seus estudos primários quanto após seu refinamento. Ao final desta análise, é obtida a Equação 22 que caracteriza a verificação das tensões nesta região.

$$\sigma_{cd,est} = \frac{N_d}{n_{est} \cdot A_{e,amp}} \leq 0,20 \cdot f_{cd} \quad \text{Equação 22}$$

4.6.3 Dimensionamento segundo Santos e Stucchi (2015)

Através dos fundamentos estabelecidos por Fusco, Santos e Stucchi (2015) na publicação feita pelo IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto) elaboraram uma metodologia de cálculo que simplificou o dimensionamento de blocos sobre estacas. Este método foi aderido pela ABNT NBR 6118:2014 e a partir desta metodologia pode-se verificar a resistência dos nós e das bielas por meio de três equações fundamentais, no entanto deve-se levar em consideração a tipologia da zona nodal analisada. Estas tipologias podem ser descritas pela presença de:

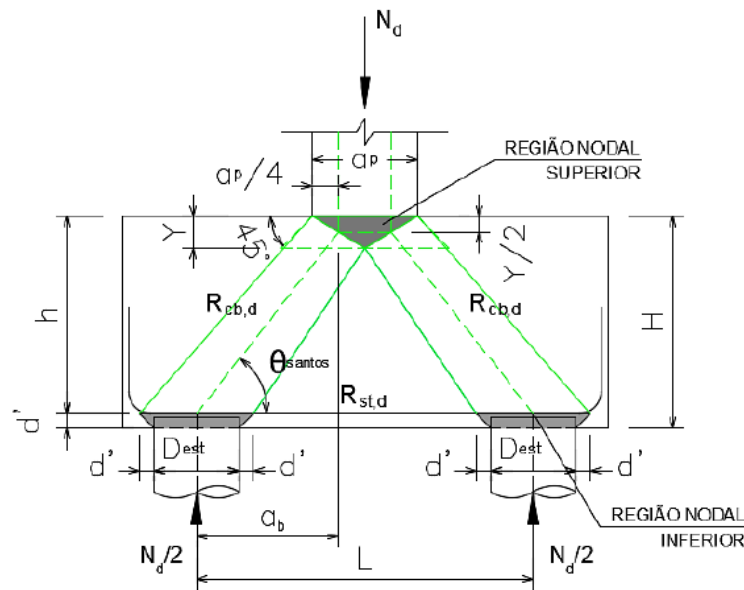
- a) Bielas prismáticas ou nós onde confluem somente bielas de compressão (nós CCC);
- b) Bielas atravessadas por mais de um tirante ou nós onde confluem dois ou mais tirantes tracionados (nós CTT ou TTT);
- c) Bielas atravessadas por tirante único ou nós onde confluem um tirante tracionado (nós CCT).

Similar a metodologia estabelecida por Fusco, Santos e Stucchi (2015) estudam a dinâmica que envolve a região nodal inferior ao pilar, tendo como premissa uma profundidade característica para o espraçamento das tensões, no qual adquire valor aproximado de 15% da altura total do bloco, formando assim uma região resistente. Segundo a metodologia, deverá ser estipulado um valor para esta profundidade, para que assim possa ser possível encontrar um valor para a altura total do bloco, tornando o método iterativo.

A angulação das bielas, por sua vez, sofre diferenciação quando comparado a metodologia abordada por Fusco, pois o mesmo atribui um valor para o limite inferior igual a $33,69^\circ$ ($\arctg 2/3$), enquanto Santos e Stucchi (2015) segue as orientações estabelecidas por Blévet e Frémy, com angulações variando entre 45° e 55° .

Além da angulação das bielas, o espraimento das tensões não segue os fundamentos estabelecidos por Fusco, possuindo comportamento similar as recomendações prescritas por Blévet e Frémy, como pode ser observado através da Figura 11.

Figura 11 - Vista frontal e em planta de zona nodal, segundo Santos e Stucchi.



Fonte: CARVALHO, 2018, p. 95.

Como anteriormente citado, as equações que regem esta metodologia dependem da tipologia da zona nodal, sendo a Equação 23 relacionada ao nó que apresenta apenas bielas comprimidas (CCC), a Equação 25 baseada em um modelo que apresenta um único tirante tracionado junto as demais bielas (CCT) e a Equação 24 quando se observa a presença de mais de um tirante no conjunto (CTT ou TTT).

$$f_{cd1} = 0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \quad \text{Equação 23}$$

$$f_{cd2} = 0,60 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \quad \text{Equação 24}$$

$$f_{cd3} = 0,72 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \quad \text{Equação 25}$$

Analisando as equações anteriores, nota-se a presença do coeficiente de minoração α_{v2} , calculado conforme a Equação 26, mostrando que o bloco pode estar sujeito à pequenas fissuras ocasionadas pelas forças de tração existentes dentro da dinâmica do bloco, mais especificadamente no comportamento demonstrado pelas barras de aço que compõem o tirante ancorado (SOUZA, LOPES, *et al.*, 2011).

$$\alpha_{v2} = 1 - (f_{ck}/250) \quad \text{Equação 26}$$

Unindo os conceitos de Fusco (2013) e Blévoit e Frémy (1947), Santos e Stucchi (2015) elaboraram as equações Equação 27 e Equação 28 que demonstram o cálculo das tensões nas bielas, tanto próximas a base do pilar quanto próximas ao topo das estacas.

$$\sigma_{cd,pil}^{biela} = \frac{N_{d,pilar}}{A_{c,amp} \cdot \text{sen}^2 \theta} \leq f_{cd1} \quad \text{Equação 27}$$

$$\sigma_{cd,est}^{biela} = \frac{N_{d,est}}{A_{e,amp} \cdot \text{sen}^2 \theta} \leq f_{cd2} \text{ ou } f_{cd3} \quad \text{Equação 28}$$

4.7 Dimensionamento e verificação das armaduras

Para resistir aos esforços de tração presentes no interior do bloco, deve-se dimensionar armaduras capazes de combater estas solicitações. Por meio das orientações prescritas pela ABNT NBR 6118:2014, pode-se determinar a armadura principal dos blocos de coroamento através da Equação 29.

$$A_{st,calc} = \frac{R_{st,d}}{f_{yd}} \quad \text{Equação 29}$$

$$N_{barras} = \frac{A_{st,calc}}{A_{barra}} \quad \text{Equação 30}$$

Com o valor da área de aço calculada para a armadura principal do bloco, determina-se a quantidade de barras necessárias, conforme a Equação 30. Posteriormente, obtêm-se o espaçamento mínimo entre as barras através do comparativo entre as condições estabelecidas pela normativa vigente, no qual deve-se optar pelo maior valor entre as opções apresentadas na Equação 31.

$$s_{princ} \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ 1,20 \cdot \phi_{m\acute{a}x,agrg} \\ \phi_{barra} \end{cases} \quad \text{Equação 31}$$

Segundo as orientações estabelecidas por Lopes (2011), para a ancoragem das barras de aço com diâmetro inferior a 20 mm deve-se utilizar ganchos de 90 graus, enquanto para os diâmetros maiores são utilizados ganchos de 180 graus. Para o comprimento de ancoragem a autora utiliza a Equação 32, a qual utiliza-se parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014, destacando o coeficiente de ancoragem (α) que possui valor igual a 0,7 por possuir ganchos em suas extremidades. Por meio desta equação, pode-se observar a presença de alguns coeficientes e um valor mínimo para o comprimento de ancoragem.

$$L_{b,necess} = \alpha \cdot L_b \cdot \frac{A_{st,calc}}{A_{st,efet}} \geq L_{b,min} \quad \text{Equação 32}$$

Segundo Bastos (2020), o valor do comprimento mínimo de ancoragem é encontrado através da comparação entre três condições, sendo a primeira igual a 100 mm, a segunda sendo 10 vezes o diâmetro da barra utilizada e por fim 30% do comprimento de ancoragem básica, optando pelo maior valor entre as três condições. Quando se analisa os coeficientes presentes na equação, nota-se a presença do comprimento de ancoragem básica (L_b), calculado pela Equação 33, e a área de aço efetiva ($A_{st,efet}$) sendo caracterizada pela área de aço que é empregada no elemento (que pode ser maior que a calculada).

$$L_b = \frac{\phi_{barra}}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad \text{Equação 33}$$

Concluindo esta etapa de dimensionamento da ancoragem da armação principal do bloco, deve-se realizar a compatibilização deste valor com o espaço disponível apresentado pelas dimensões do bloco, calculado através da Equação 34, sendo necessária a determinação do cobrimento nominal do elemento estrutural (LOPES, SOUZA, *et al.*, 2011).

$$L_{b,disp} = C - c_{nom} + \frac{\phi_{estaca}}{2} \quad \text{Equação 34}$$

Quadro 9 - Valores para o cobrimento nominal (mm).

Tipo de Estrutura	Componente ou Elemento	Classe de Agressividade Ambiental			
		Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV ²
Concreto armado	Laje ¹	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ³	30		40	50
¹ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.					
² Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.					
³ No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.					

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2014.

Segundo os estudos realizados por Lopes (2011), deve-se realizar a armação dos blocos para combater a fissuração do mesmo e para isso utiliza-se armaduras que formam uma malha de aço no interior do bloco. Este reforço atua para combater os esforços totais presentes na estrutura, como descrito pela ABNT NBR 6118:2014 e apresentado no capítulo 3.4 deste trabalho, e seu dimensionamento é através de armaduras de distribuição (Equação 35) e por armaduras positivas adicionais, também denominadas como armadura de malha (Equação 37). Em casos especiais, como apresentado pela ABNT NBR 6118:2014, quando se observa a atuação da armadura de distribuição combatendo esforços totais de magnitudes elevadas ou quando há um distanciamento elevado entre as estacas deve-se utilizar armaduras de suspensão, calculado a partir da Equação 36.

$$A_{st,dist} = 0,20 \cdot A_{st,calc} \quad \text{Equação 35}$$

$$A_{st,susp} = \frac{N_d}{1,50 \cdot n_{est} \cdot f_{yd}} \quad \text{Equação 36}$$

$$A_{st,malha/direção} = \begin{pmatrix} 0,20 \cdot A_{st,calc} \rightarrow \text{Bloco de Três Estacas} \\ 0,25 \cdot A_{st,calc} \rightarrow \text{Bloco de Quatro Estacas} \end{pmatrix} \geq \frac{A_{st,susp}}{n_{est}} \quad \text{Equação 37}$$

A ABNT NBR 6118:2014 orienta, para casos em que ocorra o posicionamento de duas ou mais estacas em uma única linha, a realização da armação dos blocos em suas laterais através de estribos horizontais, ou também chamados de armadura de pele, em seu contorno através de estribos verticais e em sua superfície superior. Numericamente, pode-se calcular os estribos através das Equação 39 (blocos de duas estacas) e Equação 40 (para os demais blocos), enquanto que a armadura superior é descrita pela Equação 38, conforme demonstrado por Bastos (2020).

$$A_{st,sup} = 0,20 \cdot A_{st,princ} = 0,20 \cdot A_{st,calc} \cdot n_{est} \quad \text{Equação 38}$$

$$\left(\frac{A_{st,pele}}{S_{pele}} \right)_{min,face} = \left(\frac{A_{st,estribo}}{S_{estribo}} \right)_{min,face} = 0,075 \cdot B \quad (cm^2/m) \quad \text{Equação 39}$$

$$A_{st,pele/face} = 0,125 \cdot A_{st,princ} \quad \text{Equação 40}$$

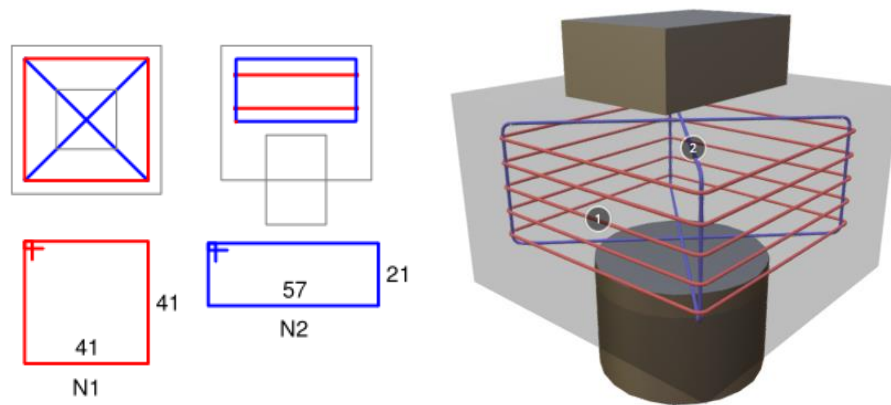
Nota-se que as equações descritas por Bastos (2020) levam em consideração o espaçamento das armaduras, assim, faz-se necessário a determinação dos mesmos, sendo estabelecidos por limitações quanto aos estribos verticais posicionados sobre as estacas pela Equação 41 e às armaduras de pele pela Equação 42. Para as demais regiões do bloco, o espaçamento dos estribos verticais deve possuir valor máximo de 20 centímetros. Uma recomendação prática citada pelo autor é a utilização de um valor mínimo de 8 (oito) centímetros para o espaçamento entre os estribos horizontais (armadura de pele).

$$s_{estribo} \leq \begin{cases} 15 \text{ cm} \\ 0,50 \cdot l_{est} \end{cases} \quad \text{Equação 41}$$

$$s_{pele} \leq \begin{cases} d/3 \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{Equação 42}$$

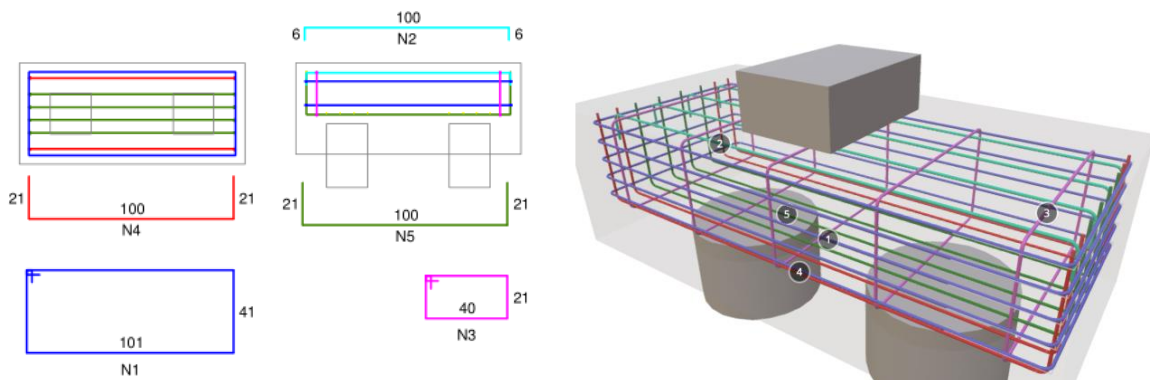
Com auxílio de *software*, Longo (2019) criou modelagens 3D's que apresentam a disposição das armaduras presentes nos blocos de coroamento que apresentam uma estaca (Figura 12), duas estacas (Figura 13) e três estacas (Figura 14). Além das modelagens criadas, o autor elaborou as plantas de armação de cada um dos blocos citados. Para facilitar a visualização das plantas de armação e das modelagens 3D's, criou-se o Quadro 10 com as especificações apresentadas em cada caso.

Figura 12 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com única estaca.



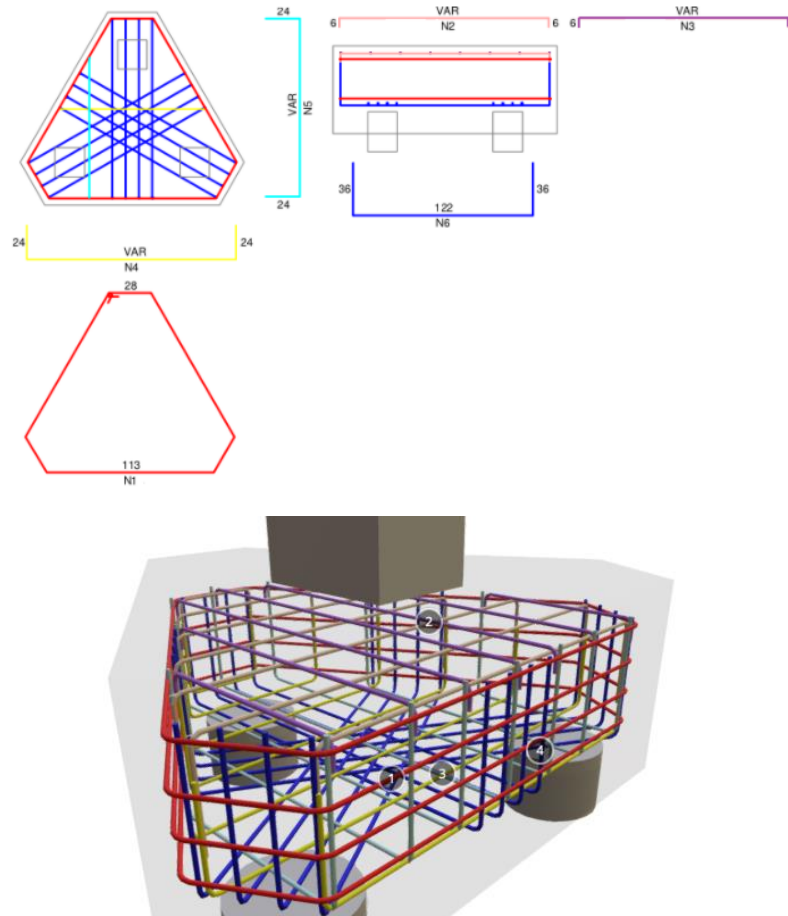
Fonte: LONGO, 2019.

Figura 13 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com duas estacas.



Fonte: LONGO, 2019.

Figura 14 - Plantas de armação e modelagem 3D de bloco com três estacas.



Fonte: LONGO, 2019.

Quadro 10 - Especificações das modelagens 3D e das plantas de armação.

BLOCO COM ÚNICA ESTACA		
INDICE	COLORAÇÃO	DESCRIÇÃO
1	VERMELHO	ESTRIBO HORIZONTAL
2	AZUL	ESTRIBO VERTICAL
BLOCO COM DUAS ESTACAS		
INDICE	COLORAÇÃO	DESCRIÇÃO
1	AZUL	ESTRIBO HORIZONTAL
2	CIANO	ARMADURA SUPERIOR
3	ROSA	ESTRIBO VERTICAL
4	VERMELHO	ARMADURA DISTRIBUIÇÃO
5	VERDE	ARMADURA PRINCIPAL
BLOCO COM TRÊS ESTACAS		
INDICE	COLORAÇÃO	DESCRIÇÃO
1	VERMELHO	ESTRIBO HORIZONTAL
2	ROSA/BEGE	ARMADURA SUPERIOR
3	CINZA/AMARELO	ARMADURA DISTRIBUIÇÃO
4	AZUL	ARMADURA PRINCIPAL

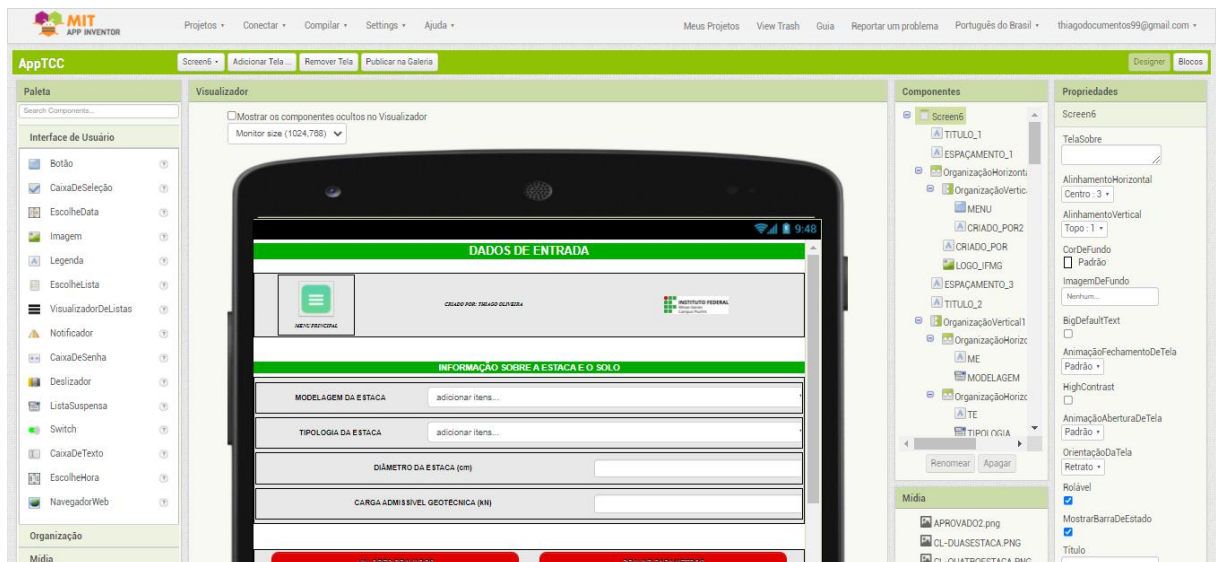
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

5 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

5.1 MIT App Inventor

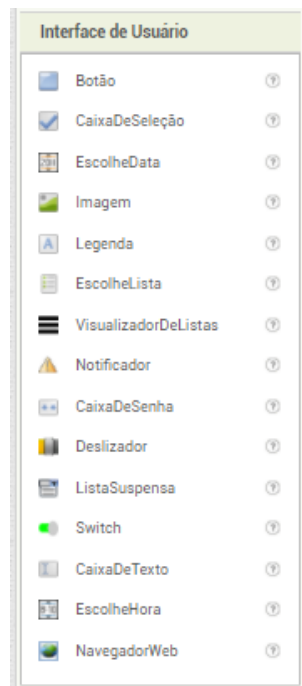
Para o desenvolvimento do aplicativo deve-se ter em mente as funcionalidades que a plataforma de criação fornece ao desenvolvedor. Em sua tela de *designer* (Figura 15), a plataforma disponibiliza componentes para a criação da interface na qual os usuários terão acesso, conforme pode ser visto na Figura 16. Outra ferramenta fundamental para a criação da interface são as caixas de organização, as quais possuem objetivo de separar a tela dos usuários em colunas verticais e linhas horizontais, possíveis de serem visualizadas pela Figura 17.

Figura 15 - Tela de *Designer*.



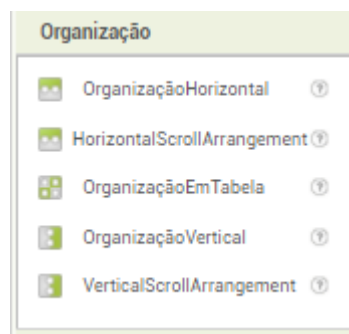
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 16 - Ferramentas de Interface de Usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

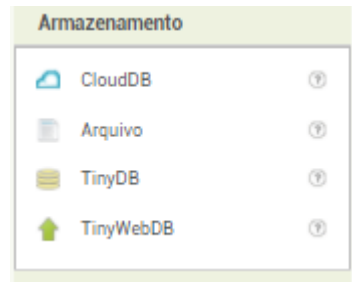
Figura 17 - Caixas de Organização de Interface.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para a criação do banco de dados do aplicativo, a plataforma disponibiliza algumas ferramentas para seu armazenamento sendo utilizado o componente *TinyDB* neste trabalho. Os demais componentes possuem funcionalidades específicas que não serão necessários para este estudo, pois interagem com meios digitais em *web*. Pode-se observar estes componentes na Figura 18.

Figura 18 - Componentes de Armazenamento de Dados.

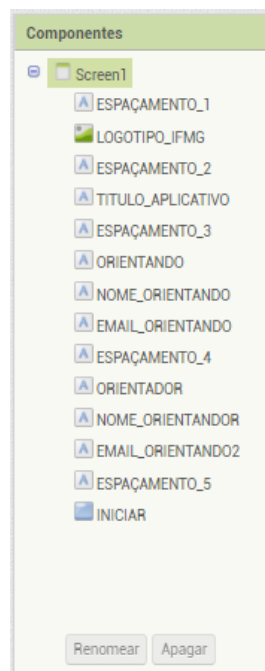


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Vale ressaltar a diversidade de componentes presentes na plataforma, com diversas funcionalidades que abrem um grande leque de possibilidades, as quais permitem que sejam implementadas melhorias futuras no aplicativo. Dentre estes componentes destacam-se ferramentas de mídia, de mapeamento, sensoriais, de conectividade e de interação com redes sociais.

Ainda na tela de *designer*, pode-se observar a seção que apresenta e organiza a lista de componentes (Figura 19) presentes na interface. Nesta seção é possível organizar e renomear os componentes para facilitar o desenvolvimento do aplicativo. Logo abaixo desta seção está disponível a lista de mídias (Figura 20) presentes no aplicativo, que englobam arquivos de imagens, de áudio e vídeos.

Figura 19 - Lista de Componentes do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 20 - Lista de Mídias do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

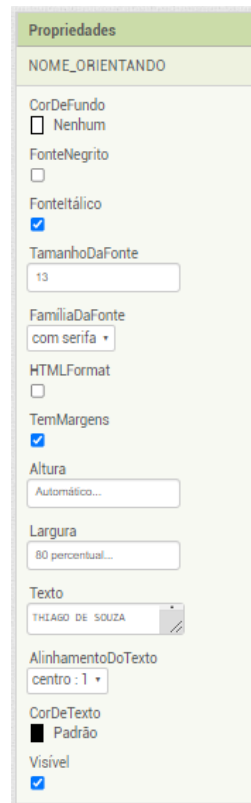
Entre as listagens e a seção de componentes, a plataforma apresenta a interface do aplicativo (Figura 21) na qual o usuário irá visualizar e configurar alguns tamanhos característicos, como a tela de celulares, de *tablets* e de monitores. Ao lado das listagens, a plataforma apresenta a seção de propriedades dos componentes (Figura 22), com objetivo de editar a aparência, os elementos textuais e algumas características de interação com a tela.

Figura 21 - Prévia da Interface do Usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 22 - Propriedades dos Componentes.

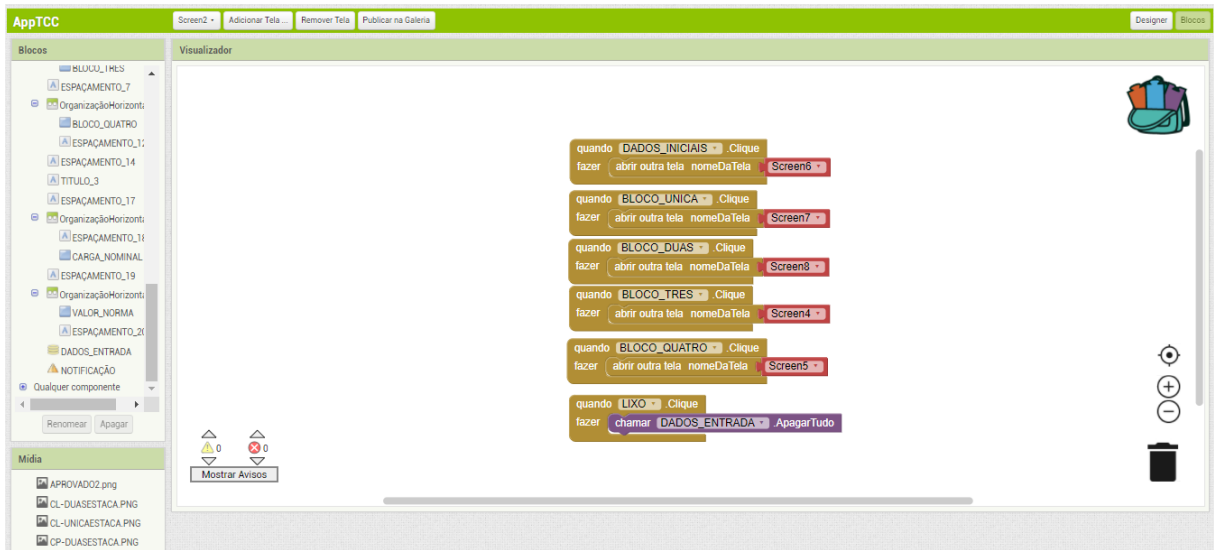


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a modelagem da interface de usuários deve-se realizar o desenvolvimento dos blocos de programação. Na tela de blocos (Figura 23), o desenvolvedor se depara com a seção de visualização dos blocos, a seção dos blocos (Figura 24) propriamente dita e a listagem de mídias, visualmente igual a tela de *designer*. Observa-se a presença dos componentes dentro da seção dos blocos, pois utiliza-os para programar interações entre si através de interações do usuário e cálculos internos dentro do aplicativo.

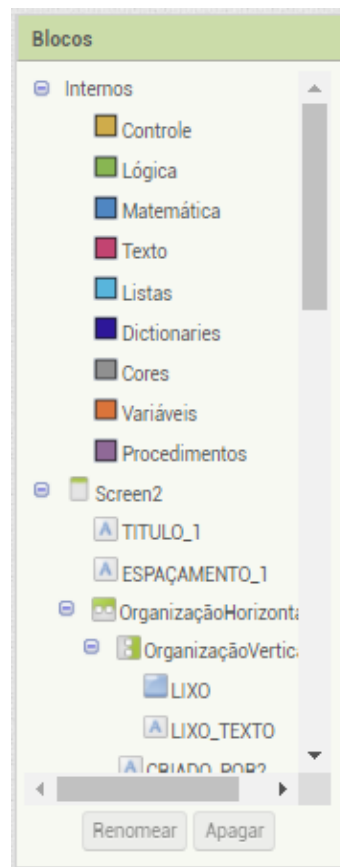
Os blocos são divididos em categorias com finalidades matemáticas, visuais, textuais e lógicas. Vale destacar os blocos de procedimentos que auxiliam o desenvolvedor para criação de linhas lógicas internas no aplicativo, organizando a programação do aplicativo e simplificando etapas de cálculo.

Figura 23 - Tela de Blocos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

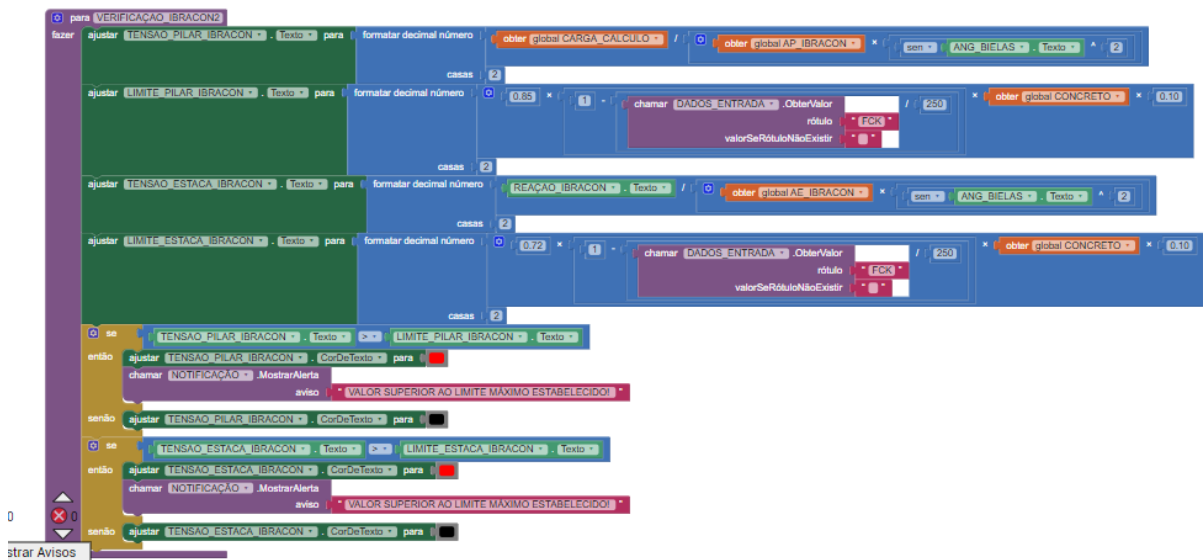
Figura 24 - Blocos de Programação do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para exemplificar a programação em blocos, na Figura 25 é apresentada a verificação realizada considerando o método do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Neste procedimento de cálculo as limitações e as tensões são calculadas através de lógicas matemáticas, representadas pelos blocos azuis, e por sentenças numéricas, estas através de variáveis (laranja). Os arquivos armazenados pelo banco de dados são representados pelos blocos roxos e os valores presentes na interface do usuário pelos blocos verdes-claros. No mesmo bloco de procedimento realiza-se uma etapa lógica que determina a coloração dos textos referentes às tensões calculadas, baseando em comparações matemáticas. Nota-se a presença de notificações em certas condições pré-estabelecidas pela comparação, nas quais os textos apresentados nas notificações se encontram nos blocos de cor rosa.

Figura 25 - Exemplo de Bloco de Programação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.2 Aplicativo Desenvolvido

A partir das ferramentas de desenvolvimento da plataforma, criou-se a interface inicial do aplicativo apresentando seus criadores e seu objetivo central. A Figura 26 ilustra esta interface inicial, no qual o usuário deverá pressionar o botão “INICIAR” para começar o dimensionamento do bloco. Vale ressaltar que o aplicativo foi desenvolvido apenas para fins educacionais e para apresentar a possibilidade de desenvolvimento de aplicativos *mobile* que possam ser utilizados em projetos profissionais.

Figura 26 - Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Prosseguindo para a primeira etapa de dimensionamento, o usuário deverá apresentar os dados necessários para a realização da modelagem do bloco. Inicialmente deve inserir as características sobre as estacas, como seu modelo e sua tipologia, e logo após irá fornecer valores para seu diâmetro e para a carga admissível das estacas. Após cada seção da tela, o usuário deverá salvar os dados fornecidos através do botão vermelho que apresenta o texto “GRAVAR PARÂMETROS”, mostrado na Figura 27. A navegação entre as abas do aplicativo é realizada através do botão verde no canto superior esquerdo da tela.

Figura 27 - Informações sobre as estacas e o solo.

18:18 27%

DADOS DE ENTRADA

MENU PRINCIPAL

CRIADO POR: THIAGO OLIVEIRA

INSTITUTO FEDERAL
Minas Gerais
Campus Piumhi

INFORMAÇÃO SOBRE A ESTACA E O SOLO

MODELAGEM DA ESTACA SELECIONE UM MODELO! ▼

TIPOLOGIA DA ESTACA SELECIONE UM TIPO! ▼

DIÂMETRO DA ESTACA (cm)

CARGA ADMISSÍVEL GEOTÉCNICA (kN)

VALORES GRAVADOS GRAVAR PARAMETROS

REPRESENTAÇÃO DO PILAR SOBRE O BLOCO

CARGAS ATUANTES E DIMENSÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

FORÇA VERTICAL (kN)

FORÇA HORIZONTAL NO EIXO X (kN)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Em relação aos esforços atuantes, o usuário deverá entrar com os valores tanto para cargas verticais e horizontais quanto para momentos fletores. Em casos de não existirem valores para tais esforços, deverá fornecer valores nulos (inserir zero “0”) para que prossiga com o dimensionamento. Os materiais utilizados na confecção do bloco podem ser selecionados a partir das caixas de seleção, podendo ser utilizadas barras de aço CA-50 ou CA-60 e concretos de classe de resistência entre C20 a C40. O pilar a ser ancorado na fundação é um fator importante para os cálculos, sendo necessário o fornecimento do diâmetro da ancoragem do pilar. Por fim, esta seção exigirá do usuário o valor do cobrimento do concreto, este pode ser consultado na ABNT NBR6118:2014 e neste trabalho no Quadro 9.

Figura 28 - Cargas atuantes e propriedades dos materiais.

CARGAS ATUANTES E DIMENSÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

FORÇA VERTICAL (kN)	INSIRA O VALOR AQUI !
FORÇA HORIZONTAL NO EIXO X (kN)	INSIRA O VALOR AQUI !
FORÇA HORIZONTAL NO EIXO Y (kN)	INSIRA O VALOR AQUI !
MOMENTO FLETOR NO EIXO X (kN.m)	INSIRA O VALOR AQUI !
MOMENTO FLETOR NO EIXO Y (kN.m)	INSIRA O VALOR AQUI !
MAIOR DIMENSÃO DO PILAR - "a" (cm)	INSIRA O VALOR AQUI
MENOR DIMENSÃO DO PILAR - "b" (cm)	INSIRA O VALOR AQUI

VALORES GRAVADOS **GRAVAR PARÂMETROS**

PROPIEDADES DOS MATERIAIS

CLASSE DO CONCRETO	SELECIONE.. ▼
CATEGORIA DO AÇO	SELECIONE.. ▼
TAXA DE ARMADURA DO PILAR	SELECIONE.. ▼
DIÂMETRO ANCORAGEM PILAR (cm)	INSIRA O VALOR AQUI !
COBRIMENTO NOMINAL (cm)	INSIRA O VALOR AQUI !

VALORES GRAVADOS **GRAVAR PARÂMETROS**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Finalizando esta tela, o usuário deverá fornecer valores para os coeficientes utilizados nos cálculos, porém poderão ser atribuídos valores padrões para estes coeficientes, possível de serem utilizados através do botão vermelho que apresenta o texto “VALORES PADRÕES”. Após o fornecimento de todos os dados será possível calcular a quantidade de estacas presentes no bloco, sendo neste trabalho limitada em 4 (quatro) estacas, para prosseguirem no dimensionamento.

Figura 29 - Coeficientes de cálculo e quantidade de estacas.

16:51 61%

CLASSE DO CONCRETO SELECIONE.. ▾

CATEGORIA DO AÇO SELECIONE.. ▾

TAXA DE ARMADURA DO PILAR SELECIONE.. ▾

DIÂMETRO ANCORAGEM PILAR (cm) INSIRA O VALOR AQUI !

COBRIMENTO NOMINAL (cm) INSIRA O VALOR AQUI !

VALORES GRAVADOS GRAVAR PARÂMETROS

COEFICIENTES DE CÁLCULO

PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA INSIRA O VALOR AQUI !

RESISTÊNCIA DO CONCRETO (γ_c) INSIRA O VALOR AQUI !

RESISTÊNCIA DO AÇO (γ_s) INSIRA O VALOR AQUI !

PONDERAÇÃO DAS AÇÕES (γ_f) INSIRA O VALOR AQUI !

EFEITO RUSCH (K_r) INSIRA O VALOR AQUI !

VALORESE PADRÕES GRAVAR PARÂMETROS

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE ESTACAS

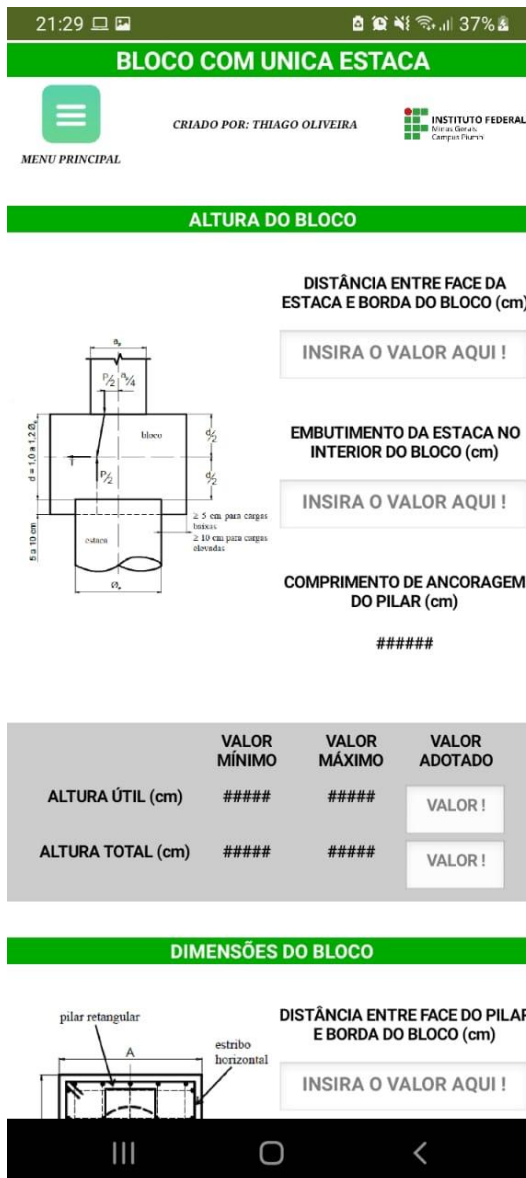
QUANTIDADE DE ESTACAS **RESULTADO**

CALCULAR QUANTIDADE PRÓXIMA ETAPA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a determinação da quantidade de estacas, o aplicativo irá redirecionar o usuário até a tela de dimensionamento relativa ao valor calculado, isto através do botão vermelho que apresenta o texto “PRÓXIMA ETAPA”. Com exceção dos blocos sobre uma estaca, os demais blocos possuem telas padronizadas, com as mesmas etapas de cálculo. Analisando inicialmente os blocos sobre uma estaca, por serem mais simples o seu dimensionamento, a tela do aplicativo apresentará apenas 2 (duas) etapas de cálculo: Dimensões e Armação do Bloco. Nota-se, pela Figura 30, a necessidade de inserir valores para alguns parâmetros do bloco, estes limitados por intervalos presentes nas imagens apresentadas no aplicativo.

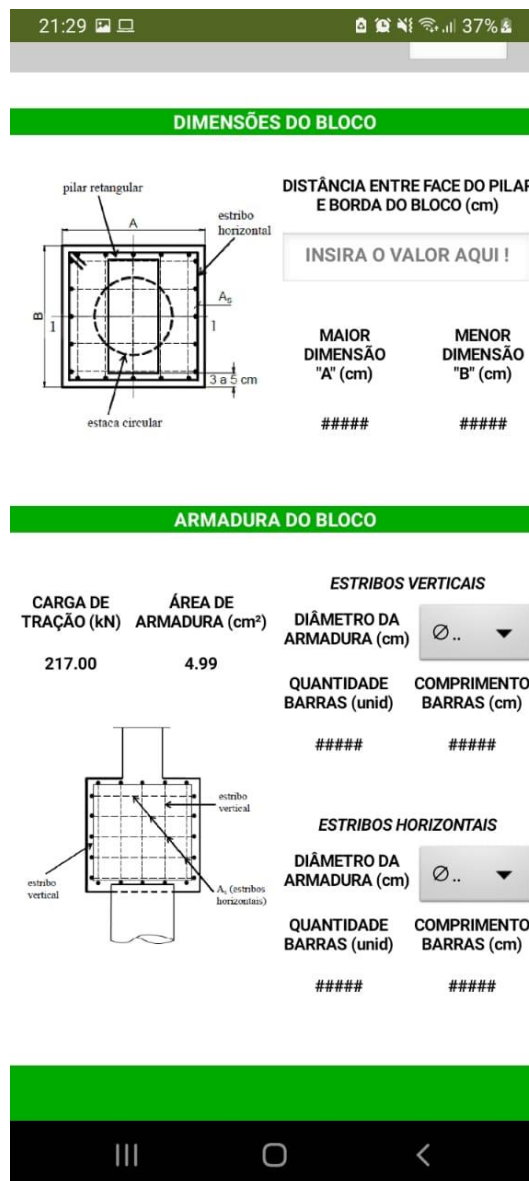
Figura 30 - Dimensões do bloco de única estaca.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A partir da inserção de valores nas sentenças exigidas pelo aplicativo, o mesmo irá realizar, automaticamente, o cálculo dos limites da altura útil do bloco e de sua altura total, facilitando assim a determinação destes valores pelo usuário. As dimensões do bloco serão calculadas após o fornecimento da distância entre a face do pilar e a borda do bloco. Com base nos resultados fornecidos pelo aplicativo, o usuário irá optar pelas dimensões das barras de cada armadura presente no bloco, possibilitando assim o cálculo do quantitativo de barras necessárias para armação, conforme pode ser visto na Figura 31.

Figura 31 - Verificações e armação do bloco de única estaca.

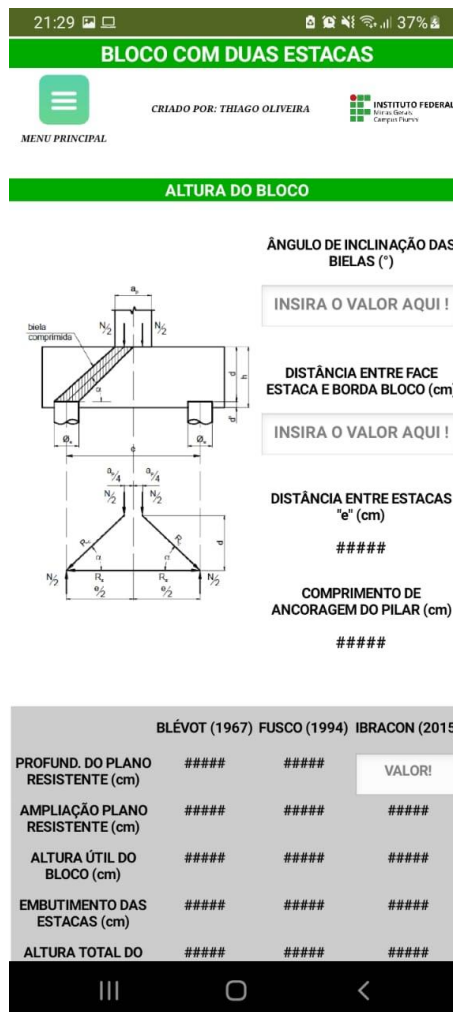


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para os demais blocos, a tela de dimensionamento irá apresentar 4 (quatro) etapas de cálculo, sofrendo acréscimo da etapa de verificação das tensões atuantes no bloco e do cálculo da reação crítica das estacas. Analisando a Figura 32, nota-se a presença das metodologias de cálculo apresentadas nos capítulos anteriores deste trabalho. Igualmente realizado no dimensionamento dos blocos sobre uma estaca, será necessário o fornecimento de alguns parâmetros para a realização dos próximos cálculos.

Uma particularidade para estes blocos é a interatividade da metodologia prescrita pelo IBRACON, o qual exigirá que o usuário insira valores para a profundidade do plano resistente chegando a um valor aceitável para seu dimensionamento. Ainda relacionado a esta interatividade o usuário poderá fornecer um valor nulo para que o aplicativo calcule com valores típico, considerando esta profundidade igual a 15% da altura total do bloco.

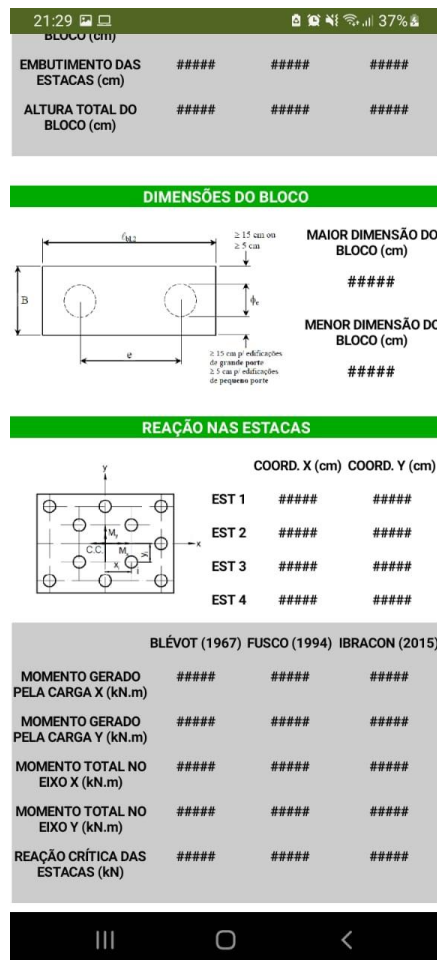
Figura 32 - Altura do bloco de duas estacas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após esta etapa do dimensionamento, serão apresentados ao usuário os valores relativos às dimensões do bloco e a reação crítica das estacas (Figura 33), possibilitando verificar as tensões atuantes no interior do bloco (Figura 34), tendo como premissa as orientações estabelecidas por Blévtot, por Fusco e pelo IBRACON. Posteriormente à verificação das tensões atuantes no bloco, o usuário deverá optar pela metodologia que irá reger os cálculos da armação do bloco, selecionando um dos botões presentes na tela. Com a seleção da metodologia realizada, o usuário deve fornecer as dimensões das barras de cada armadura presente no bloco. Para o caso de barras com diâmetros que não atendem as limitações pré-estabelecidas pelo bloco, o aplicativo irá notificar o usuário exigindo alterações neste valor ou em outros fatores anteriormente fornecidos. Por fim, o comprimento de ancoragem será calculado após o usuário selecionar a condição de aderência das barras e sua superfície, variando em lisa, entalhada ou nervurada.

Figura 33 - Dimensões do bloco de duas estacas e reação crítica das estacas.



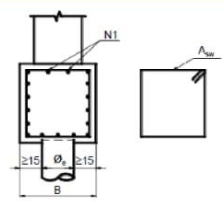
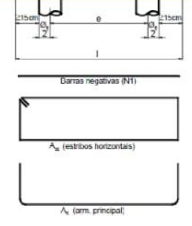
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 34 - Verificações e armação do bloco de duas estacas.

21:30
37%

VERIFICAÇÃO DO BLOCO

	BLÉVOT (1967)	FUSCO (1994)	IBRACON (2015)
TENSÃO NA REGIÃO DO PILAR (kN/cm ²)	#####	#####	#####
LIMITE NA REGIÃO DO PILAR (kN/cm ²)	#####	#####	#####
TENSÃO NA REGIÃO ESTACAS (kN/cm ²)	#####	#####	#####
LIMITE NA REGIÃO ESTACAS (kN/cm ²)	#####	#####	#####

21:30
37%

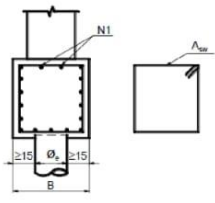
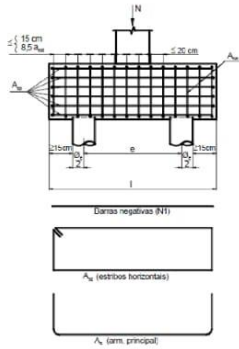
ARMADURAS DO BLOCO

BLÉVOT (1967)

FUSCO (1994)

IBRACON (2015)

CARGA ATUANTE (kN) #####

	PRINCIPAL (As)	HORIZONTAIS (Asp/face)	VERTICAIS (Asw/face)	SUPERIOR (N1)
DIÂMETRO (cm)	▼	▼	▼	▼
ÁREA DE AÇO (cm ²)	#####	#####	#####	#####
ESPAÇAMENTO (cm)	#####	#####	#####	#####
QUANTIDADE (unid)	#####	#####	#####	#####
COMPRIMENTO (cm)	#####	#####	#####	#####

SUPERFÍCIE DAS BARRAS SELECIONE A SUPERF.. ▼

CONDIÇÃO DE ADERÊNCIA SELECIONE A ADERÊ.. ▼

ANCORAGEM BÁSICA (cm)

#####

ANCORAGEM MÍNIMA (cm)

#####

ANCORAGEM NECESSÁRIA (cm)

#####

ANCORAGEM DISPONÍVEL (cm)

#####

PRINCIPAL (As)

▼

HORIZONTAIS (Asp/face)

▼

VERTICAIS (Asw/face)

▼

SUPERIOR (N1)

▼

III
O
<

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

5.3 Testes numéricos para validação do aplicativo

Para a validação dos resultados apresentados pelo aplicativo, foram utilizados exemplos numéricos presentes nos estudos de Bastos (2020), nos quais abordam análises de blocos de duas, três e quatro estacas. A partir das peculiaridades apresentadas nestes exemplos, será possível comparar os resultados expressos pelo aplicativo e os encontrados por Bastos (2020).

O Quadro 11 apresenta as características dos materiais utilizados em cada exemplo, expõe as dimensões dos pilares e das estacas em estudo e o cobrimento adotado para estas estruturas. Já o Quadro 12 engloba todas as cargas a serem resistidas pelas estruturas, tendo como destaque as cargas geotécnicas admissível das estacas que serão fundamentais para calcular a quantidade de estacas presentes no bloco.

Quadro 11 - Especificações dos exemplos.

Exemplo	Modelagem das Estacas	Materiais		Dimensões do Pilar (cm)	Diâmetro das Estacas (cm)	Diâmetro da Ancoragem do Pilar (cm)	Cobrimento (cm)
		Aço	Concreto				
Duas Estacas	Pré-Moldadas	CA-50	C25	20 x 30	30	1,60	3,00
Três Estacas	Moldada In-Loce	CA-50	C25	65 x 65	70	2,50	4,00
Quatro Estacas	Pré-Moldadas	CA-50	C20	20 x 75	30	1,60	3,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

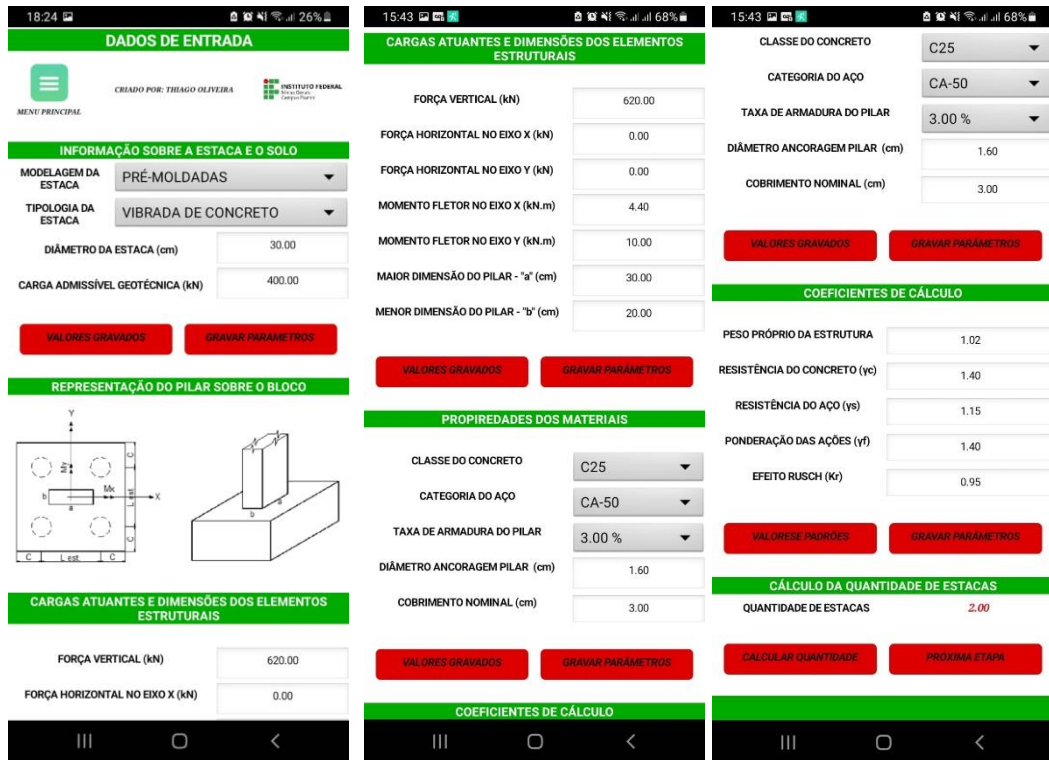
Quadro 12 - Cargas estudadas nos exemplos.

Exemplo	Esforços Atuantes			Carga Geotécnica Admissível (kN)
	Carga Vertical (kN)	Momento Entorno do Eixo X (kN.cm)	Momento Entorno do Eixo Y (kN.cm)	
Duas Estacas	620	440	1000	400
Três Estacas	5000	###	###	###
Quatro Estacas	1303	###	###	400

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

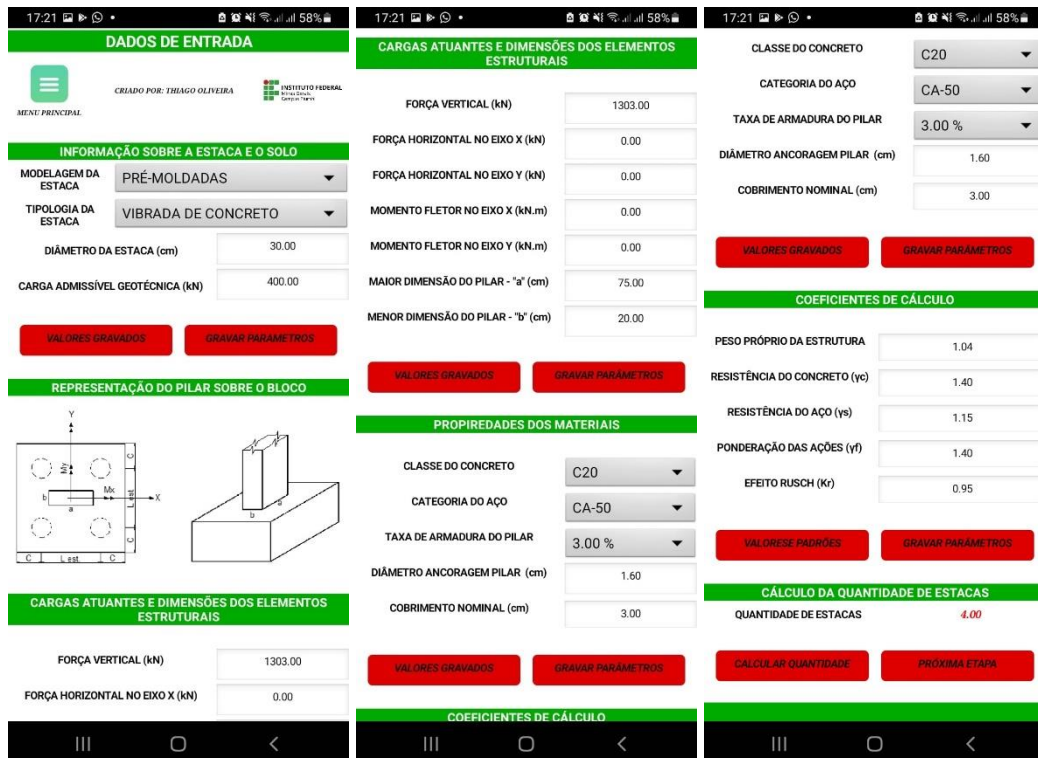
Para o início da validação do aplicativo calculou-se a quantidade de estacas presentes em cada caso estudado, levando em consideração os exemplos que apresentaram cargas geotécnicas admissíveis. A Figura 35 e a Figura 36 expõem os resultados obtidos através do aplicativo desenvolvido, assim como todas as especificações exigidas pelos casos estudados. Pode-se observar a compatibilidade dos resultados apresentados pelo aplicativo com o proposto por Bastos (2020).

Figura 35 - Quantidade de Estacas – Primeiro Exemplo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 36 - Quantidade de Estacas – Terceiro Exemplo

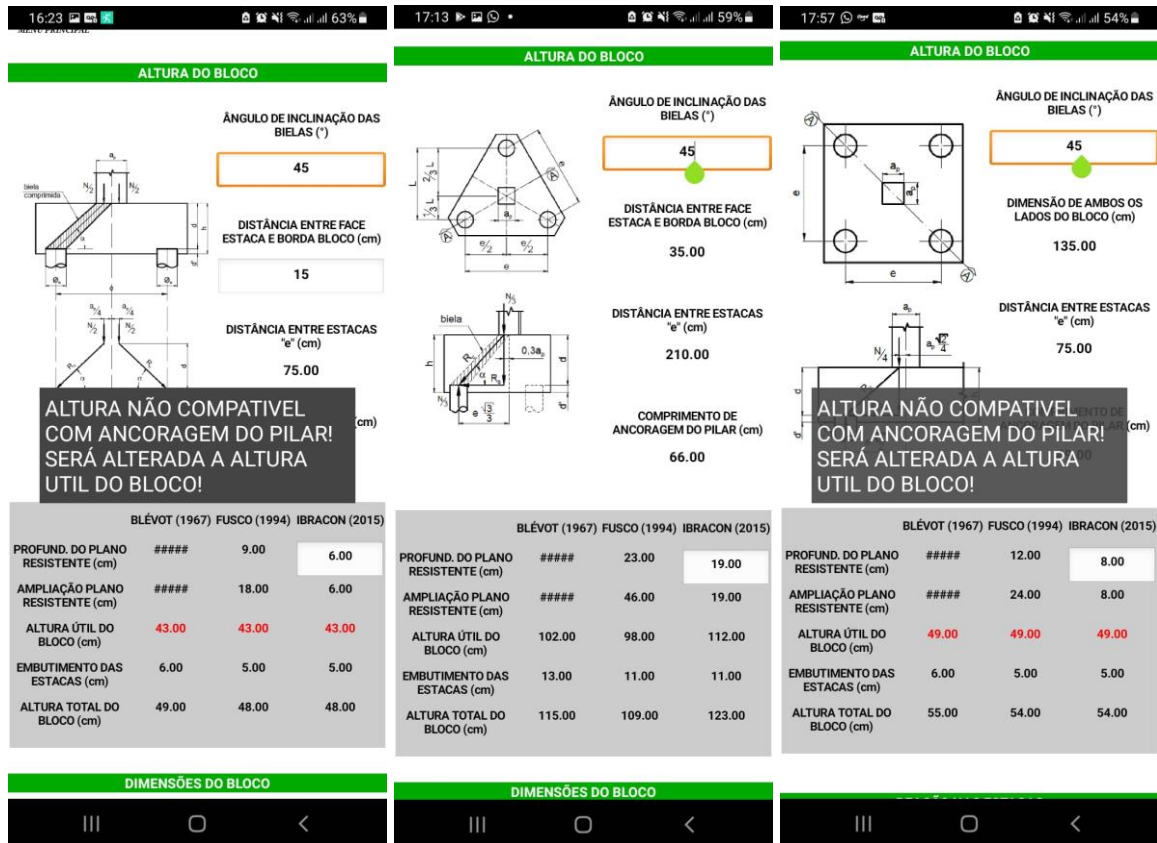


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para o dimensionamento da estrutura utilizou-se, inicialmente, um ângulo de inclinação das bielas igual a 45°, no qual resultou em alturas incompatíveis com as exigências estabelecidas, como demonstrado na Figura 37. A partir desta análise alterou-se a angulação das bielas para compatibilizar com os valores encontrados por Bastos (2020), resultando em valores aceitáveis (Figura 38), possibilitando a continuação do dimensionamento.

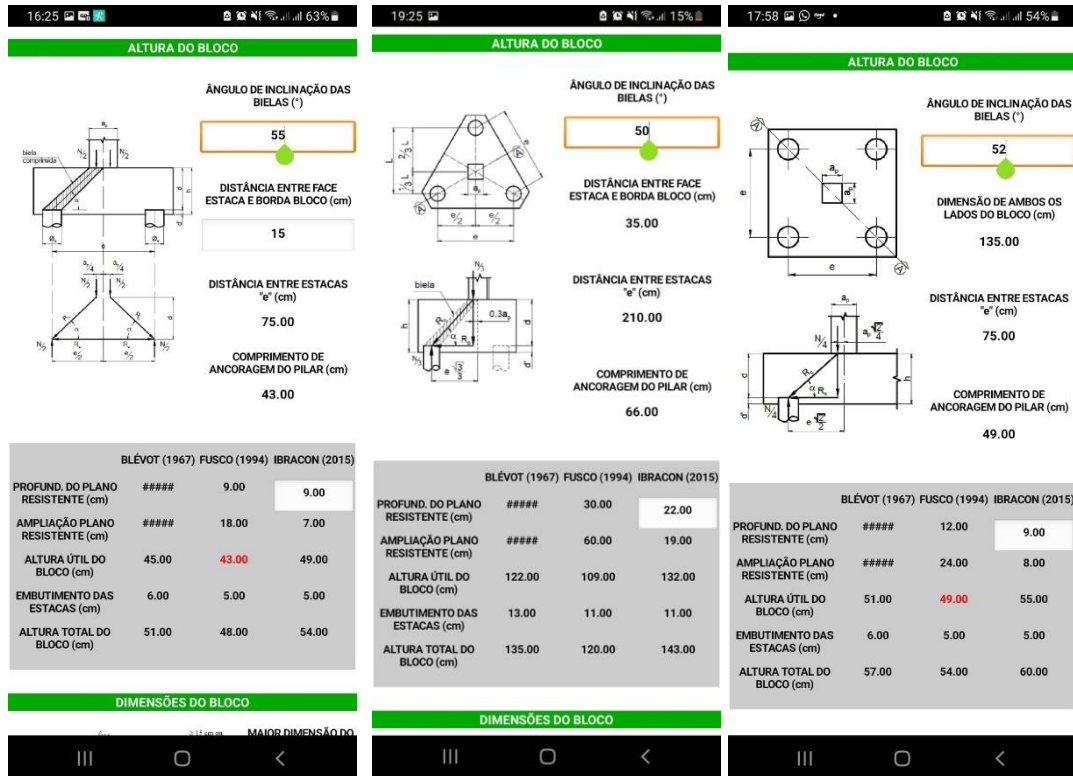
Uma observação notável é em relação aos resultados obtidos no segundo exemplo, no qual apresentam valores aceitáveis mesmo com a inclinação das bielas igual a 45°. Em contrapartida a esta análise, a tensão atuante na região do pilar superou a limitação exigida, como pode ser observado através da Figura 39, sendo necessário a alteração no valor da inclinação das bielas.

Figura 37 – Notificação sobre o ângulo de inclinação das bielas igual a 45°.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 38 - Correção do ângulo de inclinação das bielas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 39 - Tensão na região do pilar excede o limite – Inclinação das bielas igual a 45°.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com base nos resultados obtidos para a altura total do bloco, pode-se observar proximidade com os resultados encontrados por Bastos (2020), expostos através do Quadro 13. A discrepância dos resultados se dá através da adoção, realizada pelo autor, de valores com grandezas maiores quando se comparado aos calculados.

Embora a maior parte dos resultados apresentaram valores satisfatórios, o aplicativo notificou o usuário quanto a altura útil calculada através da metodologia elaborada por Fusco (1994). No primeiro e no terceiro exemplo a altura útil calculada apresentou valor incompatível com a ancoragem do pilar, levando em conta o ângulo de inclinação das bielas adotado, resultando em uma correção automática do aplicativo, sendo adotado uma altura útil mínima e, conseqüentemente, alterando o valor da angulação das bielas.

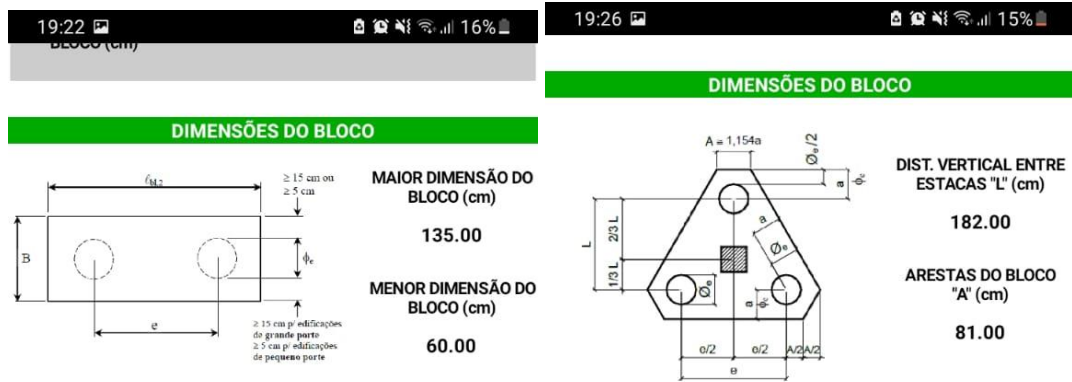
Quadro 13 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Altura total do bloco.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	EXEMPLO DUAS ESTACAS		EXEMPLO TRÊS ESTACAS		EXEMPLO QUATRO ESTACAS	
		VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO
CÁLCULO DA ALTURA TOTAL DO BLOCO	ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DAS BIELAS	54,16°	54,16°	49,90°	49,90°	51,55°	51,55°
	DISTÂNCIA ENTRE ESTACAS	75,00 cm	80,00 cm	210,0 cm	250,0 cm	75,00 cm	80,00 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM PILAR	#####	42,00 cm	#####	66,00 cm	#####	49,00 cm
	ALTURA ÚTIL DO BLOCO	45,00 cm	45,00 cm	148,0 cm	148,0 cm	54,00 cm	54,00 cm
	EMBUTIMENTO DAS ESTACAS	5,00 cm	5,00 cm	12,00 cm	12,00 cm	6,00 cm	6,00 cm
	ALTURA TOTAL DO BLOCO	#####	50,00 cm	#####	160,0 cm	#####	60,00 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a análise da altura total do bloco, o aplicativo calcula as dimensões dos blocos (Figura 40) e verifica as tensões atuantes na estrutura. Observando a Figura 41 e comparando com o Quadro 15, nota-se uma compatibilidade entre os valores das reações críticas e poucas variações entre as tensões calculadas. Vale ressaltar que em ambos os casos as tensões atuantes são inferiores aos limites propostos, possibilitando a continuidade no dimensionamento. Quando comparado com o Quadro 14, as dimensões encontradas pelo aplicativo apresentaram divergência em seus resultados, mas isso se explica através das considerações estabelecidas por Bastos (2020) em seus exemplos, nos quais atribuem valores maiores para algumas dimensões.

Figura 40 - Dimensões dos blocos de duas e três estacas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 14 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Dimensões dos blocos.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	EXEMPLO DUAS ESTACAS		EXEMPLO TRÊS ESTACAS		EXEMPLO QUATRO ESTACAS	
		VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO
DIMENSÕES DO BLOCO	DISTÂNCIA ENTRE FACE ESTACA E BORDA BLOCO	#####	10/20 cm	35 cm	35 cm	#####	20 cm
	MAIOR DIMENSÃO DO BLOCO	143,2 cm	150,0 cm	#####	#####	143,2 cm	150,0 cm
	MENOR DIMENSÃO DO BLOCO	50,00 cm	50,00 cm	#####	#####	143,2 cm	150,0 cm
	ARESTAS DO BLOCO	#####	#####	80,00 cm	80,00 cm	#####	#####

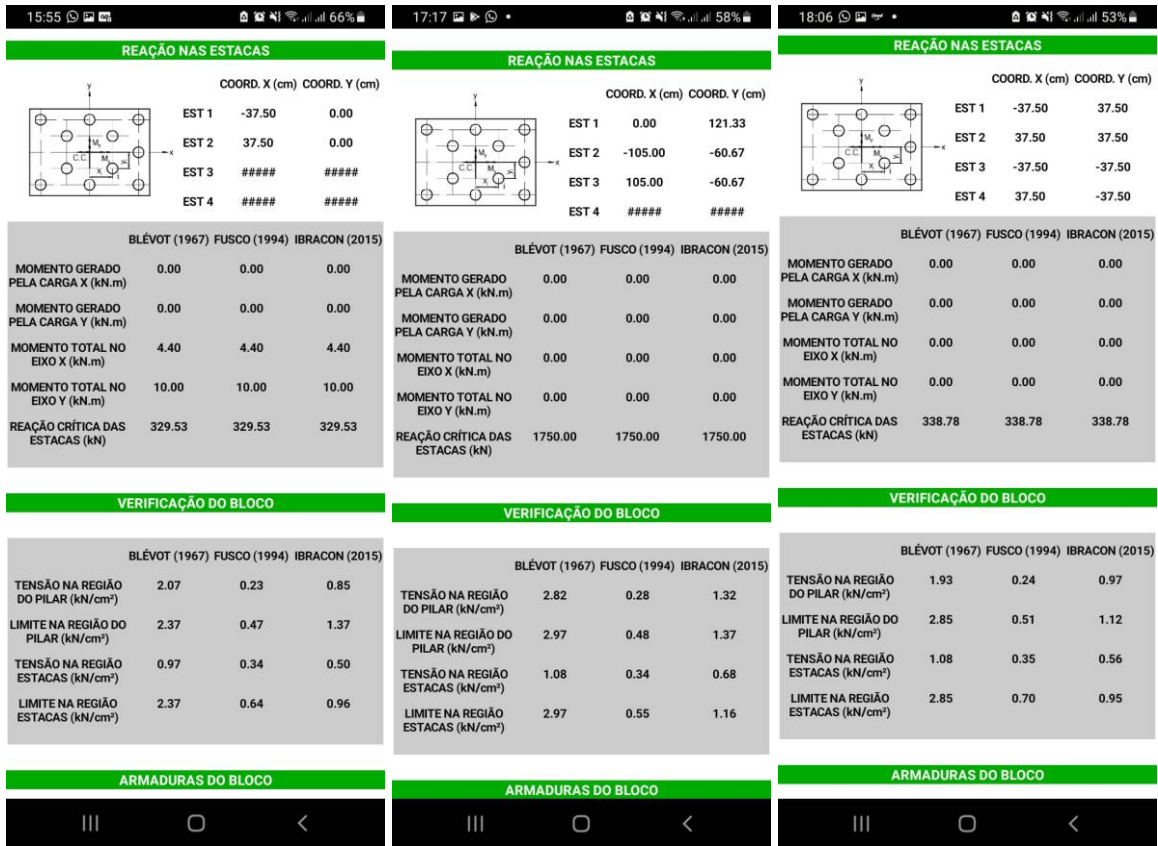
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 15 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Verificação das tensões atuantes.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	EXEMPLO DUAS ESTACAS		EXEMPLO TRÊS ESTACAS		EXEMPLO QUATRO ESTACAS	
		VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO
VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO BLOCO	REAÇÃO CRÍTICA NAS ESTACAS	328,7 kN	328,7 kN	1750,0 kN	1750,0 kN	337,2 kN	337,2 kN
	TENSÃO NA REGIÃO DO PILAR	2,33 kN/cm ²	2,33 kN/cm ²	2,83 kN/cm ²	2,83 kN/cm ²	1,98 kN/cm ²	1,98 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DO PILAR	2,38 kN/cm ²	2,38 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²
	TENSÃO NA REGIÃO DAS ESTACAS	0,99 kN/cm ²	0,99 kN/cm ²	1,09 kN/cm ²	1,09 kN/cm ²	1,09 kN/cm ²	1,09 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DAS ESTACAS	2,38 kN/cm ²	2,38 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 41 - Reações críticas e verificações das tensões.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Finaliza-se o dimensionamento do bloco com suas armaduras, sendo o bloco de duas estacas composto pela armação principal, estribos verticais e horizontais e barras superiores com efeito negativo, enquanto os blocos de três e quatro estacas são formados pela armadura principal, malhas superiores e inferiores e as armaduras de pele. Além do dimensionamento das armaduras, a Figura 42 apresenta a ancoragem necessária para a confecção do bloco, o que possibilita realizar o comparativo destes resultados com o Quadro 16 e o Quadro 17 que expõem as armações dimensionadas por Bastos (2020).

Quadro 16 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Dimensionamento das armaduras.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	EXEMPLO DUAS ESTACAS		EXEMPLO TRÊS ESTACAS		EXEMPLO QUATRO ESTACAS	
		VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO
DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DO BLOCO	ÁREA DA ARMADURA PRINCIPAL	8,79 cm ²	8,79 cm ²	27,43 cm ² /lado	27,43 cm ² /lado	6,10 cm ² /lado	6,10 cm ² /lado
	QUANTIDADE DE BARRAS PRINCIPAIS	5 ϕ 16 mm	5 ϕ 16 mm	9 ϕ 20 mm	9 ϕ 20 mm	5 ϕ 12,5 mm	5 ϕ 12,5 mm
	ÁREA DA ARMADURA SUPERIOR	1,79 cm ²	1,79 cm ²	8,23 cm ² (malha)	8,23 cm ² (malha)	2,44 cm ² (malha)	2,44 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS SUPERIORES	4 ϕ 8 mm	4 ϕ 8 mm	17 ϕ 8 mm	17 ϕ 8 mm	8 ϕ 6,30 mm	8 ϕ 6,30 mm
	ÁREA DA ARMADURA INFERIOR	#####	#####	5,49 cm ² (malha)	5,49 cm ² (malha)	1,53 cm ² (malha)	1,53 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS INFERIORES	#####	#####	12 ϕ 8 mm	12 ϕ 8 mm	6 ϕ 6,30 mm	6 ϕ 6,30 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS HORIZONTAIS	1,88 cm ² /face	1,88 cm ² /face	10,29 cm ² /face	10,29 cm ² /face	3,02 cm ² /face	3,02 cm ² /face
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS HORIZONTAIS	4 ϕ 8 mm	4 ϕ 8 mm	13 ϕ 10 mm	13 ϕ 10 mm	6 ϕ 8 mm	6 ϕ 8 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS VERTICAIS	5,63 cm ² /face	5,63 cm ² /face	#####	#####	#####	#####
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS VERTICAIS	11 ϕ 8 mm	11 ϕ 8 mm	#####	#####	#####	#####

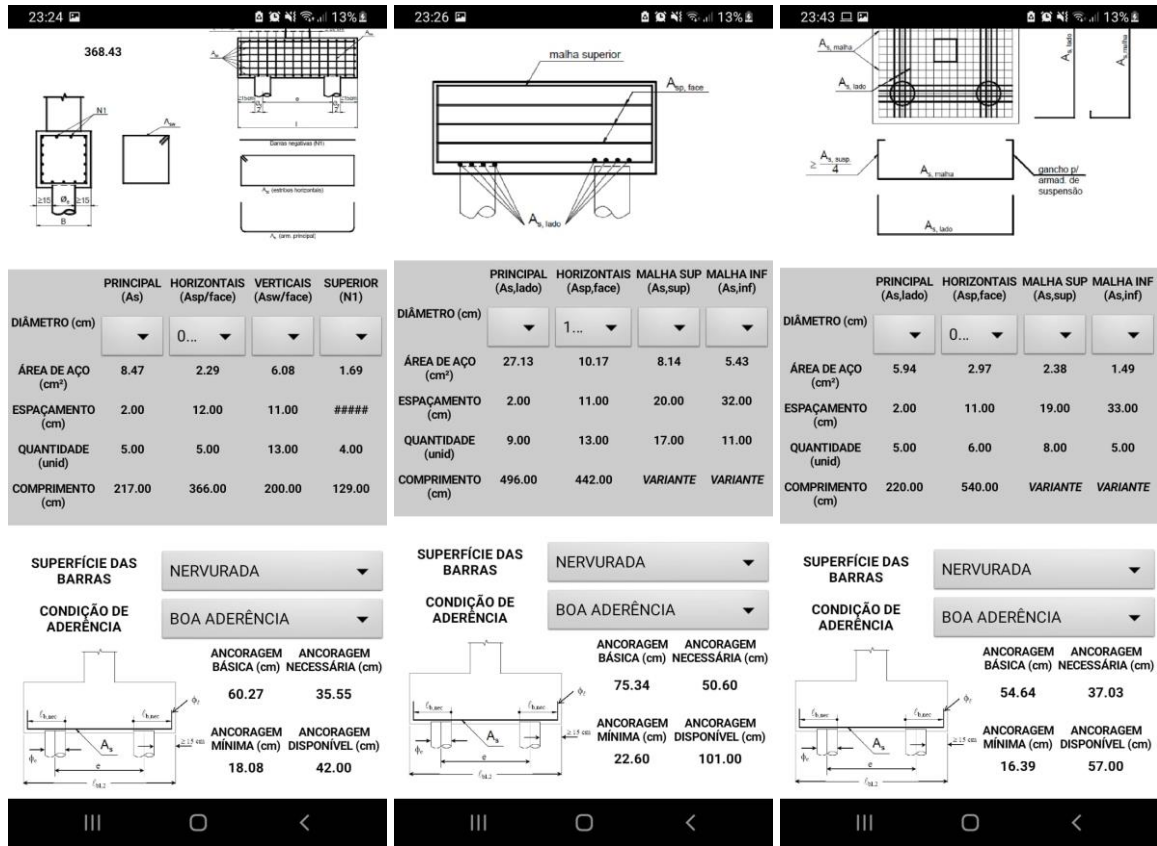
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 17 - Resultados obtidos por Bastos (2020) – Ancoragem da armadura principal.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	EXEMPLO DUAS ESTACAS		EXEMPLO TRÊS ESTACAS		EXEMPLO QUATRO ESTACAS	
		VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO	VALOR CALCULADO	VALOR ADOTADO
ANCORAGEM DA ARMADURA PRINCIPAL	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICA	#####	60,00 cm	#####	75,00 cm	#####	55,00 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM NECESSÁRIA	36,90 cm	36,90 cm	50,80 cm	50,80 cm	37,60 cm	37,60 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM DISPONÍVEL	46,20 cm	46,20 cm	100,0 cm	100,0 cm	47,00 cm	47,00 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 42 - Dimensionamento e ancoragem das armaduras.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Diante dos resultados obtidos pelo aplicativo, pode-se desenvolver seu comparativo com os exemplos numéricos propostos por Bastos (2020), apresentando valores para a geometria dos blocos (Quadro 18, Quadro 21 e Quadro 24), para as tensões atuantes (Quadro 19, Quadro 22 e Quadro 25) e para sua armadura (Quadro 20, Quadro 23 e Quadro 26). De maneira geral, nota-se uma proximidade entre os resultados apresentados pelas metodologias calculadas pelo aplicativo com os resultados propostos por Bastos (2020).

No caso da metodologia de Fusco (1994), as discrepâncias apresentadas tiveram como fator fundamental a angulação das bielas, devendo adotar valores maiores, dentro dos limites estabelecidos pelo autor, ou utilizando a altura útil mínima exigida.

Quadro 18 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
CÁLCULO DA ALTURA TOTAL DO BLOCO	ÂNGULO DE INCLINÇÃO DAS BIELAS	54,16°	55,00°	56,50	55,00°
	DISTÂNCIA ENTRE ESTACAS	80,00 cm	75,00 cm	75,00 cm	75,00 cm
	COMPRIIMENTO DE ANCORAGEM PILAR	42,00 cm	43,00 cm	43,00 cm	43,00 cm
	ALTURA ÚTIL DO BLOCO	45,00 cm	45,00 cm	43,00 cm	49,00 cm
	EMBUTIMENTO DAS ESTACAS	5,00 cm	6,00 cm	5,00 cm	5,00 cm
	ALTURA TOTAL DO BLOCO	50,00 cm	51,00 cm	48,00 cm	54,00 cm
DIMENSÕES DO BLOCO	DISTÂNCIA ENTRE FACE ESTACA E BORDA BLOCO	10/20 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	MAIOR DIMENSÃO DO BLOCO	150,0 cm	135,0 cm	135,0 cm	135,0 cm
	MENOR DIMENSÃO DO BLOCO	50,00 cm	60,00 cm	60,00 cm	60,00 cm
	ARESTAS DO BLOCO	#####	#####	#####	#####

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 19 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO BLOCO	REAÇÃO CRÍTICA NAS ESTACAS	328,70 kN	329,53 kN	329,53 kN	329,53 kN
	TENSÃO NA REGIÃO DO PILAR	2,33 kN/cm ²	2,07 kN/cm ²	0,23 kN/cm ²	0,85 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DO PILAR	2,38 kN/cm ²	2,37 kN/cm ²	0,47 kN/cm ²	1,37 kN/cm ²
	TENSÃO NA REGIÃO DAS ESTACAS	0,99 kN/cm ²	0,97 kN/cm ²	0,34 kN/cm ²	0,50 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DAS ESTACAS	2,38 kN/cm ²	2,37 kN/cm ²	0,64 kN/cm ²	0,96 kN/cm ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 20 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de duas estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DO BLOCO	ÁREA DA ARMADURA PRINCIPAL	8,79 cm ²	8,47 cm ²	6,94 cm ²	7,45 cm ²
	QUANTIDADE DE BARRAS PRINCIPAIS	5 ø 16 mm	5 ø 16 mm	4 ø 16 mm	4 ø 16 mm
	ÁREA DA ARMADURA SUPERIOR	1,79 cm ²	1,69 cm ²	1,39 cm ²	1,49 cm ²
	QUANTIDADE DE BARRAS SUPERIORES	4 ø 8 mm	4 ø 8 mm	3 ø 8 mm	3 ø 8 mm
	ÁREA DA ARMADURA INFERIOR	#####	#####	#####	#####
	QUANTIDADE DE BARRAS INFERIORES	#####	#####	#####	#####
	ÁREA DOS ESTRIBOS HORIZONTAIS	1,88 cm ² /face	2,29 cm ² /face	2,16 cm ² /face	2,43 cm ² /face
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS HORIZONTAIS	4 ø 8 mm	5 ø 8 mm	4 ø 8 mm	5 ø 8 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS VERTICAIS	5,63 cm ² /face	6,08 cm ² /face	6,08 cm ² /face	6,08 cm ² /face
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS VERTICAIS	11 ø 8 mm	13 ø 8 mm	13 ø 8 mm	13 ø 8 mm
ANCORAGEM DA ARMADURA PRINCIPAL	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICA	60,00 cm	60,27 cm	60,27 cm	60,27 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM NECESSÁRIA	36,90 cm	35,55 cm	38,26 cm	35,51 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM DISPONÍVEL	46,20 cm	42,00 cm	42,00 cm	42,00 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 21 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
CÁLCULO DA ALTURA TOTAL DO BLOCO	ÂNGULO DE INCLINÇÃO DAS BIELAS	49,90°	50,00°	50,00°	50,00°
	DISTÂNCIA ENTRE ESTACAS	250,0 cm	210,0 cm	210,0 cm	210,0 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM PILAR	66,00 cm	66,00 cm	66,00 cm	66,00 cm
	ALTURA ÚTIL DO BLOCO	148,0 cm	122,0 cm	112,0 cm	132,0 cm
	EMBUTIMENTO DAS ESTACAS	12,00 cm	13,00 cm	11,00 cm	11,00 cm
	ALTURA TOTAL DO BLOCO	160,0 cm	135,00 cm	123,00 cm	143,00 cm
DIMENSÕES DO BLOCO	DISTÂNCIA ENTRE FACE ESTACA E BORDA BLOCO	35 cm	35 cm	35 cm	35 cm
	MAIOR DIMENSÃO DO BLOCO	#####	#####	#####	#####
	MENOR DIMENSÃO DO BLOCO	#####	#####	#####	#####
	ARESTAS DO BLOCO	80,00 cm	81,00 cm	81,00 cm	81,00 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 22 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO BLOCO	REAÇÃO CRÍTICA NAS ESTACAS	1750,0 kN	1750,0 kN	1750,0 kN	1750,0 kN
	TENSÃO NA REGIÃO DO PILAR	2,83 kN/cm ²	2,82 kN/cm ²	0,28 kN/cm ²	1,12 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DO PILAR	2,97 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	0,48 kN/cm ²	1,37 kN/cm ²
	TENSÃO NA REGIÃO DAS ESTACAS	1,09 kN/cm ²	1,08 kN/cm ²	0,34 kN/cm ²	0,58 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DAS ESTACAS	2,97 kN/cm ²	2,97 kN/cm ²	0,55 kN/cm ²	1,16 kN/cm ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 23 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de três estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DO BLOCO	ÁREA DA ARMADURA PRINCIPAL	27,43 cm ² /lado	27,13 cm ² /lado	27,10 cm ² /lado	27,36 cm ² /lado
	QUANTIDADE DE BARRAS PRINCIPAIS	9 ϕ 20 mm	9 ϕ 20 mm	9 ϕ 20 mm	9 ϕ 20 mm
	ÁREA DA ARMADURA SUPERIOR	8,23 cm ² (malha)	8,14 cm ² (malha)	8,13 cm ² (malha)	8,24 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS SUPERIORES	17 ϕ 8 mm	17 ϕ 8 mm	17 ϕ 8 mm	17 ϕ 8 mm
	ÁREA DA ARMADURA INFERIOR	5,49 cm ² (malha)	5,43 cm ² (malha)	5,42 cm ² (malha)	5,47 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS INFERIORES	12 ϕ 8 mm	11 ϕ 8 mm	11 ϕ 8 mm	11 ϕ 8 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS HORIZONTAIS	10,29 cm ² /face	10,17 cm ² /face	10,16 cm ² /face	10,26 cm ² /face
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS HORIZONTAIS	13 ϕ 10 mm	13 ϕ 10 mm	13 ϕ 10 mm	13 ϕ 10 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS VERTICAIS	#####	#####	#####	#####
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS VERTICAIS	#####	#####	#####	#####
ANCORAGEM DA ARMADURA PRINCIPAL	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICA	75,00 cm	75,34 cm	75,34 cm	75,34 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM NECESSÁRIA	50,80 cm	50,60 cm	47,05 cm	52,63 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM DISPONÍVEL	100,0 cm	101,0 cm	101,0 cm	101,0 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 24 – Resultados geométricos obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
CÁLCULO DA ALTURA TOTAL DO BLOCO	ÂNGULO DE INCLINÇÃO DAS BIELAS	51,55°	52,00°	58,50	52,00°
	DISTÂNCIA ENTRE ESTACAS	80,00 cm	75,00 cm	75,00 cm	75,00 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM PILAR	49,00 cm	49,00 cm	49,00 cm	49,00 cm
	ALTURA ÚTIL DO BLOCO	54,00 cm	51,00 cm	49,00 cm	56,00 cm
	EMBUTIMENTO DAS ESTACAS	6,00 cm	6,00 cm	5,00 cm	5,00 cm
	ALTURA TOTAL DO BLOCO	60,00 cm	57,00 cm	54,00 cm	61,00 cm
DIMENSÕES DO BLOCO	DISTÂNCIA ENTRE FACE ESTACA E BORDA BLOCO	20 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	MAIOR DIMENSÃO DO BLOCO	150,0 cm	135,0 cm	135,0 cm	135,0 cm
	MENOR DIMENSÃO DO BLOCO	150,0 cm	135,0 cm	135,0 cm	135,0 cm
	ARESTAS DO BLOCO	#####	#####	#####	#####

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 25 – Resultados das tensões obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO BLOCO	REAÇÃO CRÍTICA NAS ESTACAS	337,20 kN	338,78 kN	338,78 kN	338,78 kN
	TENSÃO NA REGIÃO DO PILAR	1,98 kN/cm ²	2,03 kN/cm ²	0,15 kN/cm ²	1,01 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DO PILAR	2,85 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²	0,30 kN/cm ²	1,12 kN/cm ²
	TENSÃO NA REGIÃO DAS ESTACAS	1,09 kN/cm ²	1,08 kN/cm ²	0,35 kN/cm ²	0,56 kN/cm ²
	LIMITE NA REGIÃO DAS ESTACAS	2,85 kN/cm ²	2,85 kN/cm ²	0,66 kN/cm ²	0,95 kN/cm ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 26 – Resultados das armaduras obtidos pelo aplicativo – Bloco de quatro estacas.

ETAPA DE CÁLCULO	PARÂMETROS	BASTOS (2020)	APLICATIVO (2022)		
			MÉTODO BLÉVOT (1967)	MÉTODO FUSCO (1994)	MÉTODO IBRACON (2015)
DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DO BLOCO	ÁREA DA ARMADURA PRINCIPAL	6,10 cm ² /lado	5,94 cm ² /lado	4,64 cm ² /lado	5,99 cm ² /lado
	QUANTIDADE DE BARRAS PRINCIPAIS	5 ø 12,5 mm	5 ø 12,5 mm	4 ø 12,5 mm	5 ø 12,5 mm
	ÁREA DA ARMADURA SUPERIOR	2,44 cm ² (malha)	2,38 cm ² (malha)	1,86 cm ² (malha)	2,40 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS SUPERIORES	8 ø 6,30 mm	8 ø 6,30 mm	6 ø 6,30 mm	8 ø 6,30 mm
	ÁREA DA ARMADURA INFERIOR	1,53 cm ² (malha)	1,49 cm ² (malha)	1,16 cm ² (malha)	1,50 cm ² (malha)
	QUANTIDADE DE BARRAS INFERIORES	6 ø 6,30 mm	5 ø 6,30 mm	4 ø 6,30 mm	5 ø 6,30 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS HORIZONTAIS	3,02 cm ² /face	2,97 cm ² /face	2,32 cm ² /face	3,00 cm ² /face
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS HORIZONTAIS	6 ø 8 mm	6 ø 8 mm	5 ø 8 mm	6 ø 8 mm
	ÁREA DOS ESTRIBOS VERTICAIS	#####	#####	#####	#####
	QUANTIDADE DE ESTRIBOS VERTICAIS	#####	#####	#####	#####
ANCORAGEM DA ARMADURA PRINCIPAL	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICA	55,00 cm	54,64 cm	54,64 cm	54,64 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM NECESSÁRIA	37,60 cm	37,03 cm	30,65 cm	33,97 cm
	COMPRIMENTO DE ANCORAGEM DISPONÍVEL	47,00 cm	57,00 cm	57,00 cm	57,00 cm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como realiza-se o dimensionando dos blocos sobre estacas de maneira sintetizada através da utilização de aplicativos *mobile*, no qual este recurso reflete nas condições de estudo de diversos estudantes e profissionais da área, sendo um meio simples e de fácil acesso a todos. Por meio deste trabalho é possível extrair um memorial de cálculo que auxilia nas etapas de dimensionamento dos blocos de coroamento.

De um modo geral, o aplicativo apresentou resultados satisfatórios com poucas discrepâncias em seus valores apresentados, devido ocorrer arredondamentos em seus cálculos e por não apresentar situações excepcionais em sua composição. Quando comparado a métodos desatualizados, apresenta-se resultados mais seguros garantindo maior confiabilidade aos usuários e poupando tempo devido à facilidade de utilização do aplicativo.

Diante dos recursos apresentados pela plataforma *MIT App Inventor*, nota-se uma limitação no que diz respeito à sua interface e na elaboração de cálculos mais complexos, pois seu desenvolvimento é recente e por ser uma plataforma de uso mais básico, alcançando pessoas leigas no âmbito de programação de *softwares* e aplicativos. Outra observação notável é a aplicação do aplicativo em meios práticos, pois não ocorreu a difusão deste novo conceito sendo necessário maiores estudos para concretizar sua eficácia.

Dada à importância do tema, torna se necessário o desenvolvimento de mais aplicativos voltados para o ramo da construção civil, atribuindo um valor tecnológico neste ramo, podendo envolver estudos mais aprofundados de programação e de desenvolvimento de *softwares* e aplicativos. Outra observação a se fazer é em questão ao desenvolvimento de plataformas capazes de criar e facilitar a programação de aplicativos e *softwares*, sendo estes mais voltados para as áreas de exatas com cálculos mais complexos, possibilitando a sua criação por profissionais de outras áreas.

Nesse sentido, a utilização de aplicativos *mobile* para dimensionamento de estruturas dentro do ramo da construção civil permite uma melhoria no dinamismo dentro dos setores de uma construção, no qual obtêm-se resultados satisfatórios e de maneira rápida por meio de um instrumento comum dentro da sociedade atual. Outra reflexão sobre o tema é em relação a um novo ramo dentro do mercado de trabalho, no qual os profissionais podem desenvolver aplicativos facilitadores de tarefas diárias dentro de seus setores, enriquecendo a economia e facilitando a vida de inúmeros profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

ABNT. **NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundações**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 108. 2019.

BASTOS, Paulo S. D. S. **BLOCOS DE FUNDAÇÃO**, 2020. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Blocos.pdf>. Acesso em: Novembro 2021.

CARVALHO, MATHEUS L. D. **ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE MODELOS DE CAPACIDADE RESISTENTE DE BLOCOS DE FUNDAÇÃO**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 177. 2018.

DELALIBERA, Rodrigo G. **Análise numérica e experimental de blocos de concreto armado sobre duas estacas submetidas à ação de força centrada e excêntrica**. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 332. 2006.

FERREIRA, Tobias R. *et al.* **CÁLCULO DE ESTAQUEAMENTO PLANO POR MEIO DE PLANILHAS ELETRÔNICAS**. Universidade Federal de Goiás. Catalão, p. 12. 2011.

FUSCO, P B. **TÉCNICA DE ARMAR AS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2^a. ed. São Paulo: PINI, 1994. 396 p.

LONGO, Luis F. Armaduras de blocos de fundação. **Site da AltoQi**, 2019. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004419513-Armaduras-de-blocos-de-funda%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: Outubro 2021.

LOPES, Bárbara C. S. *et al.* **DIMENSIONAMENTO DAS BARRAS DE AÇO DA ARMADURA DE BLOCOS SOBRE ESTACAS**. Universidade Federal de Goiás. Catalão, p. 15. 2011.

MENDONÇA, Fernanda C. **DIMENSIONAMENTO DE BLOCOS DE COROAMENTO SOBRE ESTACAS METÁLICAS**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 123. 2017.

OLIVEIRA, Diôgo S. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO ARMADO SOBRE CINCO E SEIS ESTACAS**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 234. 2013.

PEREIRA, MARCELO R. **APLICATIVO MOBILE ANDROID E IOS PARA DIMENSIONAMENTO E COMPARAÇÃO DE BLOCOS DE FUNDAÇÃO SOBRE DUAS ESTACAS, SEGUNDO OS METODOS DE BLÉVOT, FUSCO E IBRACON**. Centro Universitário de Maringá. Maringá, p. 32. 2017.

SANTOS, D M. *et al.* **ABNT NBR 6118:2014 - Comentários e exemplos de aplicação**. IBRACON. São Paulo, p. 433 - 479. 2015.

SOUZA, Rhuan K. D. Q. *et al.* **VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NODAIS EMBLOCOS SOBRE ESTACAS**. Universidade Federal de Goiás. Catalão, p. 15. 2011.