

CLASS. M624.15  
COTTER L533c  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA CIVIL**  
**FILIPE BAGNI LEITE**

**COMPARATIVO DE CUSTOS DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ENTRE  
ESTACAS PRÉ-MOLDADAS E ESTACAS HÉLICE CONTINUA**

**Varginha 2014**

**FEPESMIG**

**FILIFE BAGNI LEITE**

**COMPARATIVO DE CUSTOS DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ENTRE  
ESTACAS PRÉ-MOLDADAS E ESTACAS HÉLICE CONTINUA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil do centro universitário do sul de minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado sob a orientação do prof. Armando Belato Pereira

**Varginha 2014**

**FILIPPE BAGNI LEITE**

**COMPARATIVO DE CUSTO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ENTRE  
ESTACAS PRÉ-MOLDAS E ESTACA DE HÉLICE CONTINUA**

Monografia apresentada ao curso de engenharia civil do centro universitário do sul de minas (UNIS-MG), como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado pela banca examinadora composta pelo membro:

Aprovado em //

---

Prof. Armando Belato Pereira

---

Prof.<sup>a</sup> Msc. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Prof. Leopoldo Freire Bueno

OBS.:

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais. Helenice e Mario Augusto, meus irmãos, e minha namorada. Pela confiança que todos depositam em mim.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, a minha família pelo amor incondicional de todos, a minha namorada pelo companheirismo e amizade. E a todos meus colegas pela amizade nessa jornada.

## RESUMO

Neste estudo, foi abordado o custo comparativo entre fundação profunda do tipo estaca pré-moldada e estaca de hélice contínua. O projeto na qual foi feito o estudo as estacas do tipo hélice contínua já está dimensionada, para fazer o comparativo entre os tipos de estacas foi feito o dimensionamento da estaca pré-moldada, onde foi analisado o tipo de solo na fundação de acordo com o boletim de sondagem real, com essa análise do solo foi adotado um diâmetro comercial e foi feito o dimensionamento da capacidade de carga, com o resultado obtido foi adotado o número de estacas por pilar.

**Palavra chave:** Fundação profunda, Estaca pré-moldadas, Estacas hélice contínua.

## **ABSTRACT**

This study addressed the comparative cost between deep foundation type cuttings premoldade and cuttings helix continues. The project in which the study was done prop type is already sized helix continues to make the comparison between the types of prop was done the sizing of precast cuttings, where it was analyzed the type of soil in the foundation according to the bulletin actual poll with this soil analysis was adopted a commercial diameter and was made the scaling of capacity, with the result obtained was adopted the number of cuttings per pillar.

Keyword: Deep Foundation, pre molded , continuous helix prop.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

|  |    |
|--|----|
| Figura 01 – sondagem SPT.....  | 21 |
| Figura 02 – a)deformação excessiva. b) colapsos do solo. c) colapsos dos elementos estruturais ..... | 25 |
| Figura 03 – a) blocos. b) sapata c) viga baldrame d) radier .....                                    | 26 |
| Figura 04 – Estacas pré-moldada.....   | 27 |
| Figura 05 – Estacas Aço .....  | 27 |
| Figura 06– Estacas Madeira .....   | 28 |
| Figura 07 -Bate estaca .....   | 30 |
| Figura 08 – Detalhe do capacete metálico.....  | 30 |
| Figura 09 – Emendas por anéis soldáveis.....   | 32 |
| Figura 10 – Preparo da cabeça de estaca .....  | 33 |
| Figura 11 – Fases de execução da estaca hélice continua .....  | 35 |
| Figura 12- .dimensões mínimas contada no centro da estaca à face externa do bloco...                 | 60 |
| Figura 13 – Esquema de forças.....   | 62 |
| Figura 14 - verificar se não ocorre o esmagamento da biela comprimida.....                           | 63 |
| Figura 15- Esquema de forças para blocos sobre três estacas .....                                    | 63 |
| Figura 16 – Armadura direção T .....   | 64 |
| Figura 17 – Armadura na direção que une as estacas.....  | 65 |
| Figura 18 – Armação em malhas.....   | 66 |
| Figura 19 - Detalhamento da armadura .....   | 67 |
| Figura 20 – Dimensões dos blocos sobre estacas .....   | 68 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 21 – Armação das estacas .....                    | 80 |
| Gráfico 01 –Comparativo final de custo da fundação ..... | 84 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 01 – Capacidade e consistência segundo a resistência á penetração .....                     | 22 |
| Tabela 02 – Número de sondagens por área construída .....  | 23 |
| Tabela 03 – Características mínimas da mesa rotativa e do guincho .....                            | 34 |
| Tabela 04 – Valores do Coeficiente $\alpha$ e K .....  | 42 |
| Tabela 05 - Valores do coeficiente F1 e F2.....  | 42 |
| Tabela 06 – Carga de catálogo da estaca pré-moldada.....   | 43 |
| Tabela 07 – Carga de catálogo da estaca Hélice contínua.....                                       | 44 |
| Tabela 08 – Valores limites de $N_{spt}$ para a parada das estacas estudadas .....                 | 44 |
| Tabela 09 – Relações dos pilares e suas respectivas dimensões e cargas .....                       | 49 |
| Tabela 10–Dimensionamento da estaca pré-moldada pelo método de Aoki e Velloso .                    | 54 |
| Tabela 11– Agrupamento das estacas.....  | 55 |
| Tabela 12 – Agrupamento das estaca .....   | 56 |
| Tabela 13 – Cálculo capacidade de carga para estaca hélice contínua 02 com diâmetro de 35 cm ..... | 57 |
| Tabela 14 - Cálculo capacidade de carga para estaca hélice contínua 02 com diâmetro de 40 cm ..... | 58 |
| Tabela 15 – Agrupamento das estacas.....   | 59 |
| Tabela 16 – Dimensionamento dos blocos sobre 2 estacas .....                                       | 69 |
| Tabela 17 – Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas .....                                       | 69 |
| Tabela 18 – Dimensionamento dos blocos sobre 4 estacas .....                                       | 70 |
| Tabela 19 - Dimensionamento dos blocos sobre 2 estacas com diâmetro de 35cm.....                   | 71 |
| Tabela 20 - Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas com diâmetro de 35cm.....                   | 72 |



|   |    |
|---|----|
| Tabela 21 - Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas com diâmetro de 40cm ..... | 73 |
| Tabela 22 – quantitativo de aço .....   | 74 |
| Tabela 23 – quantitativo de concreto.....   | 74 |
| Tabela 24 – quantitativo de fôrma.....  | 75 |
| Tabela 25 – quantitativo de aço.....  | 75 |
| Tabela 26 – quantitativo de fôrma.....  | 76 |
| Tabela 27 – quantitativo de aço.....  | 76 |
| Tabela 28 – quantitativo de concreto.....   | 77 |
| Tabela 29 – quantitativo de fôrma.....  | 77 |
| Tabela 30 – Preço por metro da estaca pré-moldada.....                            | 78 |
| Tabela 31 – Custo total do estaqueamento da estaca pré-moldada .....              | 79 |
| Tabela 32 – tabela de armação .....   | 80 |
| Tabela 33 - Resumo de aço.....  | 80 |
| Tabela 34 – Preço por metro do estaqueamento.....                                 | 81 |
| Tabela 35 – preço total do estaqueamento (projeto 01).....                        | 82 |
| Tabela 36 – preço total do estaqueamento (projeto 02).....                        | 82 |
| Tabela 37 – custo total blocos para estaca pré-moldada .....                      | 83 |
| Tabela 38 – custo total blocos para estaca hélice continua .....                  | 83 |
| Tabela 39 – custo total blocos para estaca hélice continua .....                  | 83 |

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas

$A_p$ : área da ponta da estaca;

$\text{Cm}^2$  - centímetros quadrados

CPU – Composição de preço unitário

EC - Encargos complementares

EPI - equipamento de proteção individual

$E_{Ptotal}$  = Preço Total dos Equipamentos

F1: coeficientes de correção das resistências de ponta;

F2: coeficientes de correção das resistências lateral;

$\text{hh/m}^2$  - homen.hora/metro quadrado

Impro – Improdutividade

*insitu* – Feito no local

K: coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para  $N_{SP}$ ;

KN – Kilograma Newton

LS : Leis Sociais

m – Metros

$\text{m}^2$  - Metros quadrados

$\text{m}^3$  - ~~Metros~~ metros cúbicos

MG – Estado de Minas Gerais

MPA – Mega Pascal

$MO_{Ptotal}$  = Preço total da mão de obra

$MP_{total}$  = Preço total do material

N – Resistência a penetração

NBR – Normas Brasileiras

$N_{est}$  = Número de estacas

$N_m$ :  $N_{SP}$  médio ao longo do fuste



$N_{SPT}$ : valor obtido nos ensaios de SPT da resistência penetração dinâmica;

$P_{unit}$  = Preço unitário

$P_{unit} \cdot Produ$  = Preço unitário de produtividade

$P_{unit} \cdot Impro$  = Preço unitário de improdutividade

$Prod$  = Produtividade

$Q_u$  = Capacidade de carga;

$Q_{est}$  = Carga da estaca

$Q_i$  = Carga do Pilar

$Quant$  = Quantidade

$R_L$  = resistência lateral

$R_p$  = resistência de ponta;

$Sh$ : Custo do salário/hora de cada trabalhador para a empresa

$Sn$ : salário/hora normal do trabalhador

SPT – Standard penetrationstest

$SPT_{total}$  = Preço total dos serviços – composições auxiliares

TCPO– tabela de composição de Preços para Orçamento

$U$ : Perímetro da estaca;

$\alpha$  = Fator de correção da resistência lateral e ponta do cone no ensaio CPT (Depende do tipo de solo).

$\Delta l$ : espessura da camada em análise;

$\beta$ : coeficiente para correção da resistência lateral;

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>17</b> |
| <b>1.1 Objetivo Geral .....</b>                              | <b>18</b> |
| <b>1.2 Objetivos Específicos .....</b>                       | <b>18</b> |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                        | <b>19</b> |
| <b>2.1 Orçamentos na Construção .....</b>                    | <b>19</b> |
| 2.1.1 Custo direto unitário .....                            | 19        |
| 2.1.2 Composição dos preços unitários .....                  | 19        |
| 2.1.3 Encargos Sociais .....                                 | 20        |
| <b>2.2 Sondagem .....</b>                                    | <b>21</b> |
| 2.2.1 Processo de execução .....                             | 21        |
| 2.2.2 Locação de Sondagens .....                             | 22        |
| <b>2.3 Materiais .....</b>                                   | <b>23</b> |
| 2.3.1 Concreto Armado .....                                  | 23        |
| 2.3.2 Concreto .....   | 23        |
| 2.3.3 Aço .....  | 23        |
| 2.3.4 Fôrmas .....   | 24        |
| <b>2.4 Fundações .....</b>                                   | <b>24</b> |
| 2.4.1 Definição .....  | 24        |
| 2.4.2 Requisitos Básicos de um projeto de fundação .....     | 25        |
| 2.4.3 Tipos de Fundação .....                                | 25        |
| 2.4.5 Fundação Profunda ou indireta .....                    | 26        |
| 2.4.5.1 Estacas .....  | 26        |
| 2.4.5.2 Tubulões .....                                       | 28        |
| 2.4.6 Estacas pré-moldadas concreto .....                    | 28        |
| 2.4.6.1 .....  | 29        |
| 2.4.6.2 Equipamentos para cravação .....                     | 29        |
| 2.4.8 Preparo das cabeças das estacas .....                  | 32        |
| 2.4.9 Vantagens e desvantagens da estaca pré-moldada .....   | 33        |
| 2.4.9.1 Vantagens .....                                      | 33        |
| 2.4.9.2 Desvantagens .....                                   | 33        |
| 2.4.10.2 Perfuração .....                                    | 35        |
| 2.2.10.5 Vantagens e Desvantagens .....                      | 36        |
| <b>3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA A CAPACIDADE DE CARGA .....</b> | <b>38</b> |
| <b>3.1 Métodos Aoki e Velloso (1975) .....</b>               | <b>38</b> |
| <b>3.2 Carga admissível .....</b>                            | <b>43</b> |
| <b>4. Custos horários .....</b>                              | <b>45</b> |
| <b>4.1 Custos horários mão de obra .....</b>                 | <b>45</b> |



|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>4.2</b>  | <b>Elaboração dos custo direto.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>5.</b>   | <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>5.1</b>  | <b>Instrumento.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>5.2</b>  | <b>Procedimento .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>6.</b>   | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>6.1</b>  | <b>Descrições do projeto.....</b>   | <b>49</b> |
| 6.1.1       | Mapa de cargas .....  | 49        |
| 6.1.2       | Perfil Geotécnico .....   | 50        |
| <b>6.2.</b> | <b>DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO .....</b>  | <b>50</b> |
| 6.2.1       | Dimensionamentos estaca pré-moldada .....   | 50        |
| 6.2.2       | Dimensionamento da Estaca Hélice continua .....   | 55        |
| <b>7.</b>   | <b>DIMENSIONAMENTOS DE BLOCOS .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>7.1</b>  | <b>Recomendações práticas .....</b>   | <b>60</b> |
| 7.1.1       | Dimensionamento de Blocos sobre duas estacas.....                                       | 61        |
| 7.1.2       | Dimensionamento de Blocos sobre três estacas .....                                      | 63        |
| 7.1.3       | Dimensionamento de bloco sobre quatro estacas .....                                     | 65        |
| <b>7.2</b>  | <b>Dimensionamentos numérico de blocos sobre estacas. ....</b>                          | <b>66</b> |
| <b>7.3</b>  | <b>Quantitativos de materias para bloco de coroamento.....</b>                          | <b>73</b> |
| 7.3.1       | Quantitativo de materias para blocos de coroamento - estaca pré-moldada.....            | 74        |
| 7.3.1.1     | Aço .....   | 74        |
| 7.3.1.2     | Volume de Concreto.....   | 74        |
| 7.3.1.3     | Fôrmas .....  | 75        |
| 7.3.2       | Quantitativos de materias para blocos de coroamento – hélice continua (projeto 01)..... | 75        |
| 7.3.2.1     | Aço .....   | 75        |
| 7.3.2.2     | Volume de Concreto.....   | 76        |
| 7.3.2.3     | Fôrmas .....  | 76        |
| 7.3.3       | Quantitativo de materias para blocos de coroamento – hélice continua (projeto 03).....  | 76        |
| 7.3.3.1     | Aço .....   | 76        |
| 7.3.3.2     | Volume de Concreto.....   | 77        |
| 7.3.3.3     | Fôrmas .....  | 77        |
| <b>8.</b>   | <b>CUSTOS ENVOLVIDOS .....</b>  | <b>78</b> |
| <b>8.1</b>  | <b>Custo da fundação – Estaca pré-moldada.....</b>                                      | <b>78</b> |
| 8.1.1       | Estimativa de custo.....  | 78        |
| <b>8.2</b>  | <b>Custo da fundação – Estaca Hélice continua .....</b>                                 | <b>79</b> |
| 8.2.1       | Aço .....   | 79        |

|   |           |
|---|-----------|
| 8.2.2 Concreto usinado .....  | 81        |
| 8.2.3 Estimativa de custo .....   | 81        |
| <b>8.3 Estimativas do custos dos blocos .....</b>   | <b>83</b> |
| <b>9. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>  | <b>84</b> |
| <b>10 CONCLUSÃO .....</b>   | <b>86</b> |
| <b>11. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>  | <b>87</b> |
| <b>ANEXO A – BOLETIM DE SONDAGEM .....</b>  | <b>91</b> |
| <b>ANEXO B – PROJETO DE FUNDAÇÃO .....</b>  | <b>92</b> |
| <b>APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS (ARMADURA,<br/>FÔRMA E CONCRETO USINADO) .....</b> | <b>93</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia de fundações vem evoluindo constantemente em buscas de novos elementos, principalmente equipamentos com alta produtividade com ausência de ruídos e vibrações, elevada capacidade de carga, controle de qualidade e um custo competitivo.

No mercado de hoje a estaca que mais vem crescendo é hélice contínua, principalmente nos grandes centros urbanos por não ocorrer vibrações e ruído tem sido um ponto positivo para escolha dessa estaca.

As estacas pré-moldadas apesar de algumas desvantagens sobre a hélice contínua, principalmente no caso de vibrações, tem a vantagem de ser executada abaixo do nível d'água, além do ótimo controle tecnológico dos materiais de concreto e aço.

Para escolha do tipo de estaca a ser executado não depende apenas do custo benefício, existem vários fatores para que possa decidir qual tipo de estaca deve ser dotado, o principal parâmetro para essa escolha é através da investigação do solo onde é feito o conhecimento do tipo de solo e o posicionamento do nível'água,

Com análise do mapa de carga é essencial o dimensionamento da capacidade de carga da fundação para que não ocorra o superdimensionamento ou a ocorrência de patologia nas fundações profundas, no que incidirá no aumento elevado do custo da obra.

## **1.1 Objetivo Geral**

Objetivo deste trabalho é elaborar um estudo comparativo de custo, entre fundações profundas entre estaca pré-moldada de concreto armado e estaca hélice continua.

## **1.2 ObjetivosEspecíficos**

- Analisar a profundidade da estaca pré-moldada a ser cravada no terreno, de acordo com a investigação do solo.

-Dimensionar geotecnicaamente a capacidade de carga das estacas pré-moldada e hélice continua.

- Elaborar um comparativo de custo para cada tipo de fundação.

- Analisar quais das fundações fornece o melhor custo beneficio.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Orçamentos na Construção**

Orçamento é uma previsão de gasto, antes de sua execução. Onde se deve estimar o custo para que se chegue ao preço final de uma obra.

Segundo Tisaka (2011).“Para um orçamento bem detalhado deve conter todos os serviços a serem executados, assim, compreendendo o levantamento dos quantitativos físicos do projeto e da composição dos custos unitários de cada serviço.”

Para Gonzalez (2007) não existe apenas um tipo de orçamento, e para fazer a escolha do tipo de orçamento depende da disponibilidade de dados e da finalidade de estimativa.

#### **2.1.1 Custo direto unitário**

O Custo direto unitário de acordo com Tisaka (2008) é o gasto de todos os elementos necessários para a construção da obra como materiais, equipamentos e mão de obra, incluindo as despesas de infra-estrutura para execução da obra.

Com isso compreende que custo direto é a somatória dos preços relacionados com os materiais, equipamento e mão-de-obra.

#### **2.1.2 Composição dos preços unitários**

É o custo unitário de cada insumo de acordo com seu consumo e produtividade, acrescentando seus preços de acordo com a unidade de serviço. Os insumos nas quais compõem as composições de preços unitários (CPU's) são:

-Mão de obra

A mão de obra equivale ao salário do trabalhador e o tempo de horas para execução de determinada tarefa estabelecida.

-Materiais e equipamentos

Equivale ao consumo de todos os materiais e equipamentos a serem usados para a construção.

Para Tisaka (2011) composição dos custos unitário é:

A quantidade de material, de horas de equipamento e o número de horas de pessoal gasto para a execução de cada unidade desses serviços, multiplicado respectivamente pelo custo dos materiais, do aluguel horário dos equipamentos e pelo salário-hora dos trabalhadores, devidamente acrescidos dos encargos sociais, são chamados de composição dos custos unitário. (TISAKA,2011)

Para González (2007) ele se refere à composição unitária como:

As composições unitárias de custos são as "fórmulas" de cálculo dos custos unitários nos orçamentos discriminados. Cada composição consiste das quantidades individuais do grupo de insumos (material, mão-de-obra e equipamentos) necessários para a execução de uma unidade de um serviço.(Gonzales, 2007)

Os preços dos materiais, equipamentos/hora por unidade de serviço e mão-de-obra/hora, podem ser obtidos através da tabelas e softwares, alguns exemplos são a tabela de composição de Preços para Orçamento(TCPO) e softwares como o Volare ambos da editora PINI.

### 2.1.3 Encargos Sociais

São encargos obrigatórios exigidos pelas leis trabalhistas e previdenciárias.

Existem três tipos de encargos sociais

- Encargos sociais básicos obrigatórios

“Os encargos sociais básicos e obrigatórios são aqueles constante da legislação em vigor e são iguais para horista e mensalista.” (Tisaka, 2008)

- Encargos incidentes e reincidentes

“São aqueles resultantes da incidência ou reincidência sobre os encargos sociais básicos e outros, em conformidade com as obrigações legais.” (Tisaka, 2008)

- Encargos complementares

“São os benefícios aos trabalhadores provenientes da legislação do trabalho e de acordos confirmados com sindicatos da categoria de cada região.” (Tisaka, 2008)



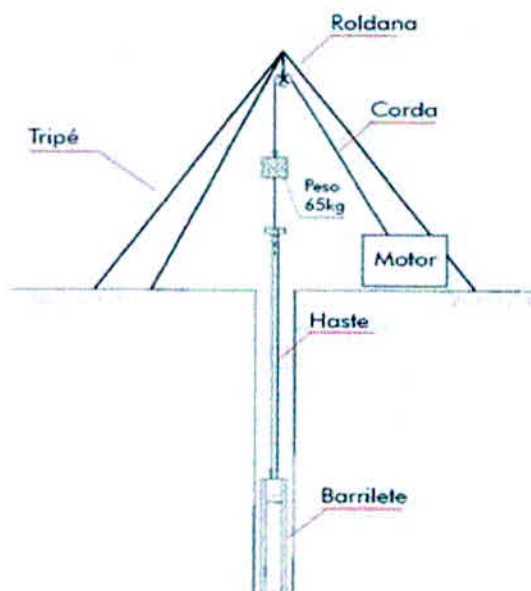
## 2.2 Sondagem

Para começar um projeto de fundação o primeiro passo é fazer a investigação do solo. No Brasil a sondagem utilizada é o SPT (Standard Penetration Test), pois tem se mostrado muito eficiente para parâmetros de projeto.

A sondagem de simples reconhecimento dos solos com SPT é utilizado para certificar-se do tipo de subsolo existente no terreno e decorrente do reconhecimento do mesmo escolher o tipo de fundação adequada, ocorrendo assim o barateamento da fundação (MILITO, 2009).

A figura 01 demonstra um exemplo de sondagem SPT

Figura 01 – sondagem SPT



Fonte: NFSondas (30/05/2014)

### 2.2.1 Processo de execução

A identificação a resistència a penetração N, primeiramente o amostrador é cravado no solo a 45cm, sendo assim é anotado o numero de golpes até atingir 15 cm.

O índice de resistência a penetração é considerado o numero de golpes a penetração a cada 30 cm, esses golpes são realizado através da queda livre de uma martelo de 650N à uma altura de 75 cm.

A tabela 01 apresenta a capacidade das areias e siltes arenosos e consistência das argilas e siltes argilosos de acordo com a resistência a penetração – SPT

Tabela 01 – Capacidade e consistência segundo a resistência à penetração

| <b>COMPACIDADES E CONSISTÊNCIA SEGUNDO A RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO –S.P.T</b> |                    |                          |
|--|--------------------|--------------------------|
| <b>SOLO</b>  | <b>DENOMINAÇÃO</b> | <b>NÚMEROS DE GOLPES</b> |
| Compacidade de areais e siltes arenosos                                      | Fofa               | ≤ 4                      |
|  | Pouco compacta     | 5-8                      |
|  | Med. Compacta      | 9-18                     |
|  | Compacta           | 19-41                    |
|  | Muito compacta     | > 41                     |
| Consistência de argilas e siltes argilosos                                   | Muito mole         | < 2                      |
|  | Mole               | 2-5                      |
|  | Média              | 6-10                     |
|  | Rija               | 11-19                    |
|  | Dura               | > 19                     |

Fonte: Associação brasileira de normas técnicas ABNT- NBR 6484/01

### 2.2.2 Locação de Sondagens

De acordo com a Associação brasileira de normas técnicas ABNT - NBR 8036/83, os pontos de sondagem na fase de planejamento ou estudos preliminares devem ser distribuídos igualmente em toda área. Na fase de projeto as sondagens podem ser distribuídas de acordo com o critério específico estrutural. Se obtiver mais de três pontos de sondagem não deve ser distribuídas ao longo de um alinhamento.

As sondagens devem obedecer ao número mínimo de pontos de acordo com a área do terreno a ser construída. A tabela 02 demonstra os números de sondagens por área construídas.

Tabela 02 – Número de sondagens por área construída

| ÁREA CONSTRUÍDA                               | NÚMEROS DE SONDAJENS  |
|---|---|
| De 200m <sup>2</sup> até 1200m <sup>2</sup>   | 1 sondagem para cada 200m <sup>2</sup>                                |
| De 1.200m <sup>2</sup> até 2400m <sup>2</sup> | 1 sondagem para cada 400m <sup>2</sup> que exceda 1.200m <sup>2</sup> |
| Acima de 2.400m <sup>2</sup>                  | Será fixado a critério, dependendo do plano de construção.            |

Fonte: Associação brasileira de normas técnicas - NBR8036/83

O número mínimo de sondagem exigido pela NBR 8036/83 é de pelo menos uma sondagem para terreno de até 200m<sup>2</sup> e de três sondagens para terreno de 200m<sup>2</sup> a 400m<sup>2</sup>.

De acordo com (MILITO, 2009). Os furos de sondagem devem obedecer a uma distância de 15 a 25m, os furos não devem ficar no mesmo alinhamento e sempre no limite da área de estudo.

## 2.3 Materiais

### 2.3.1 Concreto Armado

É obtido por meio de associação entre concreto simples e armadura convenientemente colocada (armadura passiva), de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes. (Carvalho e Figueiredo Filho, 2013)

### 2.3.2 Concreto

Concreto é obtido por meio da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água. E sua principal característica é a sua resistência a compressão. (Carvalho e Figueiredo Filho, 2013)

### 2.3.3 Aço

Aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, sendo que o carbono possui um teor inferior a 2,04%. Para as barras e fios destinados às armaduras para concreto armado, possui normalmente, teor de carbono entre 0,08% e 0,50%. E sua principal característica é a sua resistência a tração. (Carvalho e Figueiredo Filho, 2013)

| Year | Number of students | Percentage of students |
|------|--------------------|------------------------|
| 1990 | 100                | 100%                   |
| 1991 | 105                | 105%                   |
| 1992 | 110                | 110%                   |
| 1993 | 115                | 115%                   |
| 1994 | 120                | 120%                   |
| 1995 | 125                | 125%                   |
| 1996 | 130                | 130%                   |
| 1997 | 135                | 135%                   |
| 1998 | 140                | 140%                   |
| 1999 | 145                | 145%                   |
| 2000 | 150                | 150%                   |

The number of students in the school has increased steadily over the years, starting from 100 in 1990 and reaching 150 in 2000. This represents a 50% increase over the ten-year period.

The percentage of students has also increased proportionally, starting at 100% in 1990 and reaching 150% in 2000. This indicates that the school's enrollment has grown by 50% relative to its initial size.

The data shows a consistent upward trend in both the absolute number of students and the percentage of students over the ten-year period. The growth rate appears to be steady, with an average increase of 5% per year.

The overall trend suggests that the school is experiencing significant growth in enrollment. This could be due to various factors such as improved facilities, better academic performance, or increased awareness of the school's offerings.

The data also indicates that the school's enrollment is growing faster than the overall population, as the percentage of students is increasing. This suggests that the school is becoming a more attractive option for parents and students alike.

The consistent growth in enrollment over the ten-year period is a positive sign for the school. It indicates that the school is successfully attracting and retaining students, which is essential for its long-term success.

The data shows that the school's enrollment is growing at a steady pace, with a 5% increase per year. This is a strong indicator of the school's popularity and the quality of its education.

The overall trend in the data is one of steady growth. The number of students is increasing, and the percentage of students is also increasing. This suggests that the school is becoming a more prominent institution in the community.

The data also shows that the school's enrollment is growing faster than the overall population. This is a positive sign for the school, as it indicates that the school is becoming a more attractive option for parents and students.



### 2.3.4 .Fôrmas

De acordo com Iglesia (2006 apud PEDERIVA, 2009) A fôrma pode ser considerada um conjunto de componentes nas quais sua funções é dar forma ao concreto, conter o concreto fresco até atingir sua resistência e proporcionar t xtura até a superfície do concreto.

## 2.4 Funda es

### 2.4.1 Defini o

Elemento estrutural que recebe o carregamento da superestrutura e distribui ao solo de funda o.

Os elementos mais importantes para desenvolver um projeto de funda o conforme(VELLOSO e LOPES, 1998) são:

#### a) Topografia da  rea

- Onde se deve fazer o levantamento topográfico (planialtimétrico).
- Dados sobre taludes e encostas no terreno
- Dados sobre erosões

#### b) Dados Geológicos-Geotécnicos

- Investiga o do subsolo
- Outros dados geológicos e geotécnicos

#### c) Dados da Estrutura a Construir

- Tipo e uso que terá a nova obra
- Sistema estrutural
- Cargas (a es nas funda es)

#### d) Dados sobre Constru es Vizinhas

- Tipo de estrutura e funda es
- Número de pavimentos, carga média por pavimento
- Desempenho das funda es
- Existência de subsolo

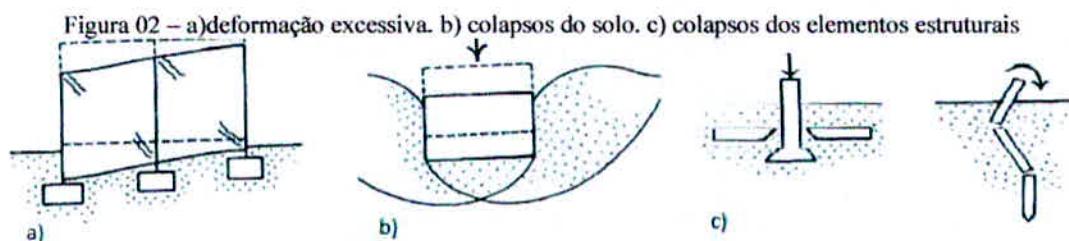
- Possíveis consequências de escavações e vibrações provocadas pela nova obra

#### 2.4.2 Requisitos Básicos de um projeto de fundação

Segundo Velloso e Lopes (1998), Os requisitos básicos que um projeto de fundações deverá atender são:

- As deformações aceitáveis sob as condições de trabalho.
- Segurança adequada ao colapso do solo de Fundações e dos elementos estruturais.

A figura 02 apresenta algumas deformações caso não seja atendidos os requisitos básicos de um projeto de fundações.



Fonte: (Velloso e Lopes, 1998)

#### 2.4.3 Tipos de Fundação

As fundações são classificadas em diretas (rasas ou superficiais) e indiretas (profunda), de acordo com as cargas aplicadas pela estrutura e a resposta do solo a estas solicitações.

##### 2.4.4. Fundações Superficiais ou diretas

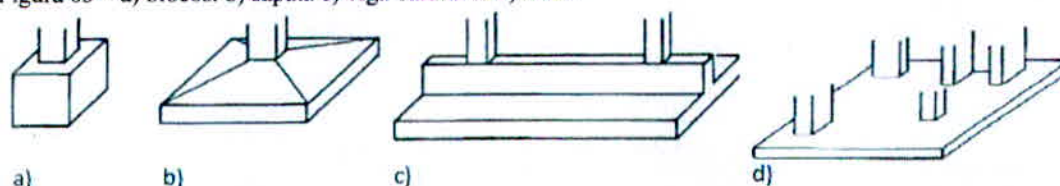
São consideradas fundações superficiais ou diretas aquelas que se apoiam sobre o solo a uma profundidade pequena.

Segundo a NBR 6122/2010, elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas

vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

As fundações diretas são de simples execução e mais econômicas, pois não precisam de equipamentos sofisticados, os principais tipos de fundações rasas estão abordados na Figura03

Figura 03 – a) blocos. b) sapata c) viga baldrame d) radier



.Fonte: (Velloso e Lopes, 1998)

#### 2.4.5.Fundação Profunda ou indireta

É considerada fundação profunda ou indireta quando a fundação superficial não é capaz de suportar cargas muito elevada.

De acordo com a Associação Brasileira de normas técnicas (ABNT). NBR 6122/2010, descreve fundação profunda como:

O elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

##### 2.4.5.1Estacas

Associação brasileira de normas técnicas - NBR 6122 (2010) descreve que estaca é um elemento usado para fundação profunda onde precisa de equipamentos e ferramentas para sua execução e não há descida de operários no processo construtivo.

“As estacas são elementos esbeltos, implantados no solo por meio de percussão ou pela previa perfuração do solo com posterior concretagem, podendo dessa forma, serem classificadas estacas cravadas e estacas escavadas.” (JOPPERT JR.,2007).



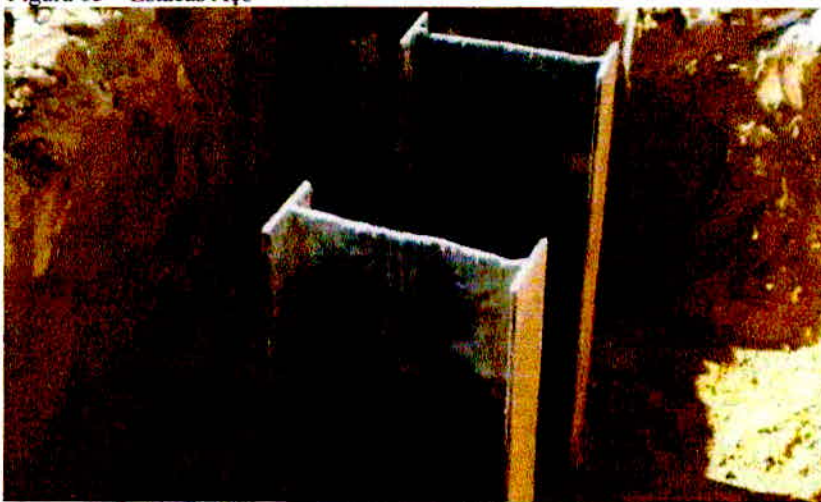
- Estacas cravadas: São estacas em que a perfuração do solo é feita conjuntamente com a inserção da estaca no maciço, alguns exemplos são estaca pré-moldada (figura 4), estaca de aço (figura 5) e estaca de madeira (figura 6).

Figura 04 – Estacas pré-moldada



Fonte: incopre pré-fabricados de concreto

Figura 05 – Estacas Aço



Fonte: TecGeo



Figura 06– Estacas Madeira



Fonte: TecGeo

- Estacada escavada: São estacas onde ocorre a retirada do solo e são executados no terreno (“*in loco*”), alguns exemplos são: Estaca de hélice-continua, broca, strauss.

#### 2.4.5.2 Tubulões

Tem por característica suportar mais cargas que os outros tipos de estaca, pois seu diâmetro pode ser maior e a base alargada com diâmetro maior que do fuste, sendo assim, pode ser feito apenas um bloco ao invés de aplicar varias estacas.

De acordo com a Associação Brasileira de normas técnicas (ABNT). NBR 6122/2010, descreve fundação profunda como:

Elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado. NBR 6122(2010)

#### 2.4.6 Estacas pré-moldadas concreto

“As estacas pré-moldadas podem ser confeccionadas em concreto armado ou protendido adensado por centrifugação ou por vibração, estes de uso mais corrente” (ALONSO, 1998).

Segundo Alonso (1998), As estacas pré-moldadas podem ser denominadas de estacas de deslocamento, as mesmas podem ser cravadas no terreno por percussão, prensagem ou vibração, sendo a mais utilizada à cravação por percussão.

Décourt (1998) comenta que o desempenho da estaca de deslocamento para atravessar camadas de solo mole é muito satisfatório além de proporcionar uma obra limpa ao final de sua execução.

As estacas pré-moldadas têm vários tipos de forma geométrica nas seções transversais, as mais usadas são a cilíndricas e as quadradas. As estacas podem ter qualquer dimensão, desde que segundo a Associação brasileira de normas técnicas NBR 6122 (2010) “as estacas pré-moldadas estejam dimensionadas de acordo com os esforços proposto em projeto e decorrentes dos transportes, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos utilização”.

#### 2.4.6.1 Cravação

O processo mais utilizado para a cravação de estacas pré-moldadas é por percussão, sendo a mesma quando a estaca é introduzida no solo com golpes de martelo, causando muitas vibrações podendo ocorrer trincas nas construções vizinhas, mesmo com essa desvantagem a cravação por percussão é a mais usada para este tipo de estacas. Hachich (1999)

Conforme Yazagi (2011) a cravação de cada estaca deve ser sempre de forma ininterrupta e Hachich (1999) aponta que as estacas devem obedecer a um espaçamento mínimo de duas vezes e meia o seu diâmetro, mas, não deve ser menor que 60 cm.

#### 2.4.6.2 Equipamentos para cravação

O equipamento usado é o bate-estaca hidráulico ou de queda livre (figura 07), onde é composto por um rolo metálico ou esteira, uma torre, martelo hidráulico ou de queda livre, capacete metálico (figura 08), cepo e coxim.

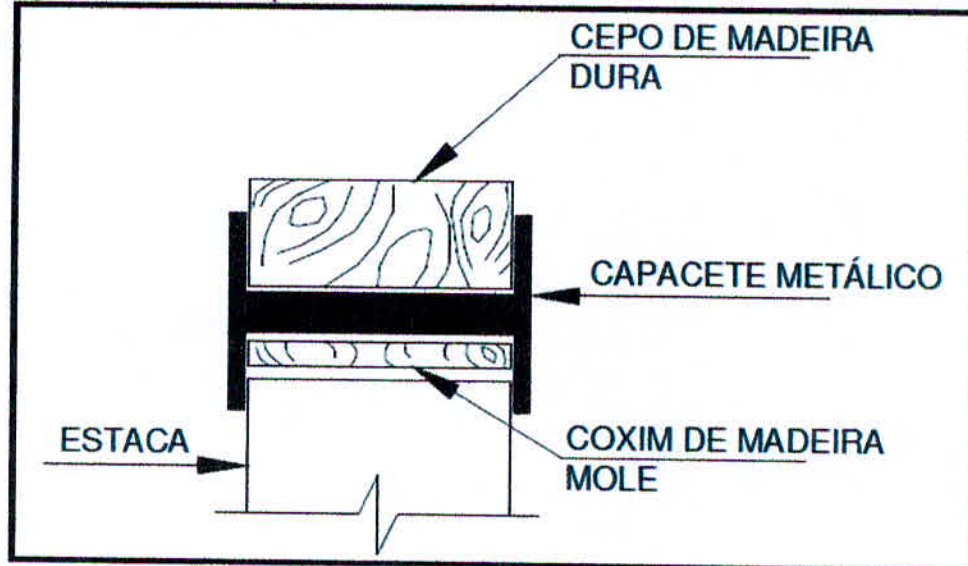


Figura 07 -Bate estaca



Fonte: Pini

Figura 08 – Detalhe do capacete metálico



Fonte: (ALONSO, 1998)adaptado

Para a cravação com martelo de queda livre a Associação brasileira de normas técnicas - NBR 6122/2010 estabelece alguns critérios mínimos como:

- Peso do martelo não inferior a 20 KN
- Peso do martelo no mínimo igual a 75% do peso total da estaca
- Peso do martelo não inferior a 40 KN para estacas com carga de trabalho de 0,7MN a 1,3MN
- Para estaca cuja a carga de trabalho for superior a 1,3 MN o sistema de cravação deve ser analisado.
- Caso seja martelo automático ou vibratório, devem ser seguidas as recomendações do fabricante.

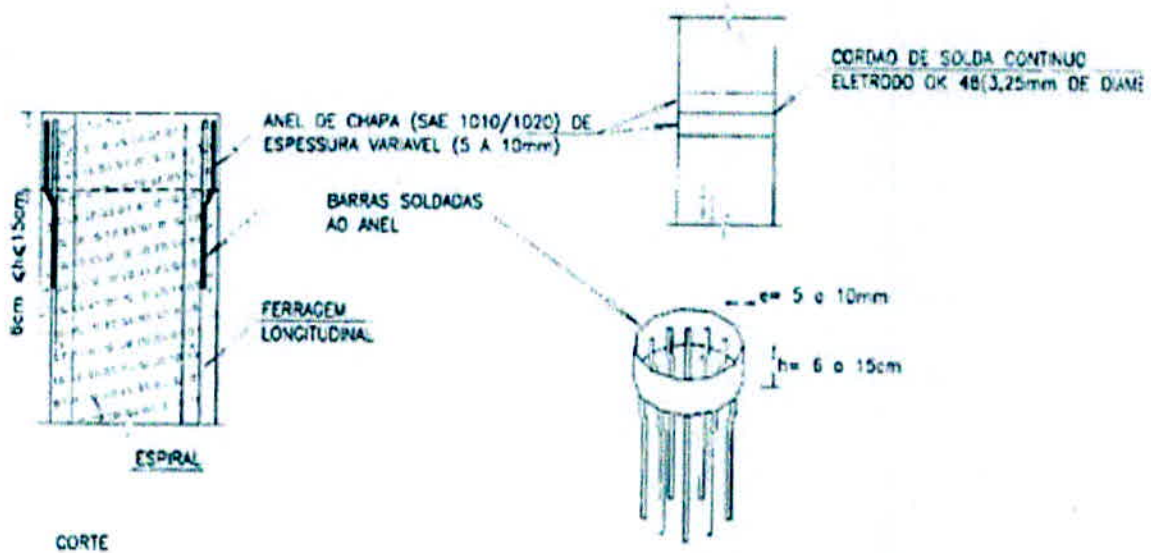
#### 2.4.7 Emenda de estaca pré-moldada

Os fabricantes de estacas pré-moldadas limitam-se no comprimento das estacas para até 12m, pois, para se fazer um transporte de estaca pré-moldada acima do mesmo, precisa-se de uma licença especial para tráfego. Caso houver estacas maiores de 12m na construção desejada, ocorre a necessidade de emendas.

As emendas nas estacas pré-moldadas devem resistir a todas as solicitações na qual forem solicitadas decorrentes de seu manuseio, cravação e utilização de estacas. As emendas devem ser feitas por anéis soldados, como mostrada na figura 09. E também devem garantir a axibilidade dos elementos emendados. Associação brasileira de normas técnicas NBR 6122 (2010).



Figura 09 – Emendas por anéis soldáveis



Fonte: Alonso (1998)

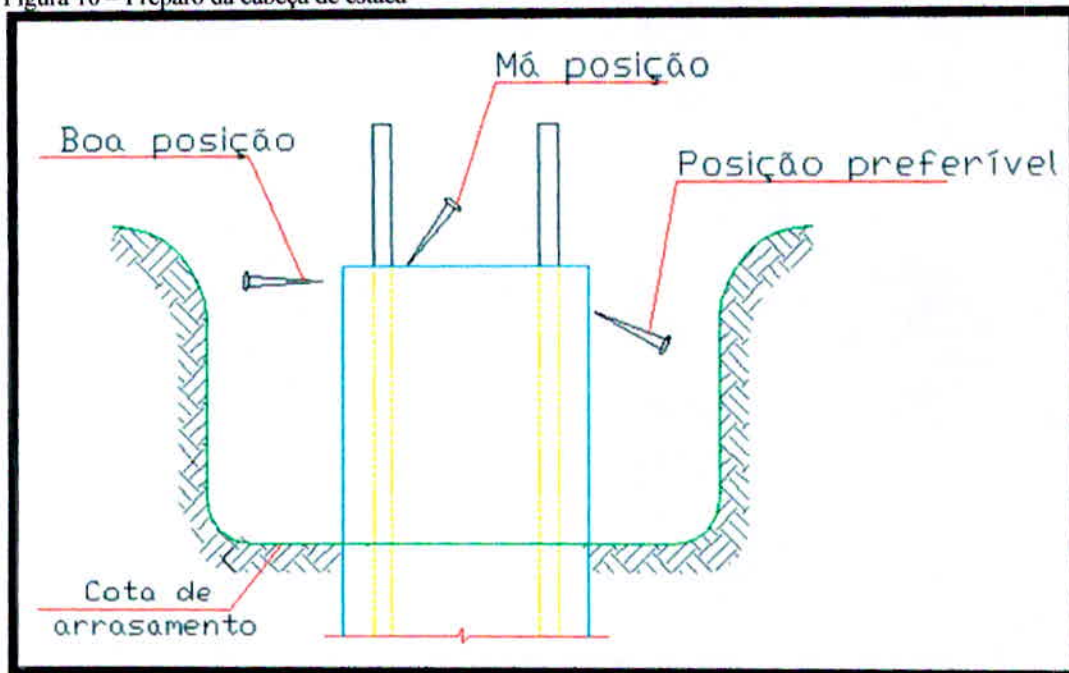
#### 2.4.8 Preparo das cabeças das estacas

A estaca pré-moldada quando cravada fica com o topo danificado com isso devem ser tomados alguns procedimentos, a Associação brasileira de normas técnicas NBR 6122/10 diz que:

O topo da estaca, danificado durante a cravação ou acima da cota de arrasamento, deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos à estaca. Nesta operação podem ser utilizados ponteiros trabalhando com pequena inclinação, para cima, em relação à horizontal para estaca cuja área seja inferior a 380 cm<sup>2</sup>. O uso de marteletes leves é permitido para seções de 380 cm<sup>2</sup> a 900cm<sup>2</sup>. O uso de marteletes maiores fica limitado às estacas cuja área seja superior a 900cm<sup>2</sup> ou marteletes leves, trabalhando com pequena inclinação, para cima, em relação à horizontal. O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada. (Associação brasileira de normas técnicas NBR6122/2010).

Está representado na figura 10 a melhor posição para demolição da cabeça da estaca, para que não ocorra danos na mesma.

Figura 10 – Preparo da cabeça de estaca



Fonte: Alonso (1998) Adaptado

## 2.4.9 Vantagens e desvantagens da estaca pré-moldada

### 2.4.9.1 Vantagens

De acordo com Costa (1956) as vantagens das estacas pré-moldadas são:

- Vida útil prolongada, mesmo quando submetidas a intempéries;
- A fabricação em diversas formas e dimensões;
- O concreto possui qualidade uniforme;
- Capacidade das armaduras a resistirem a esforços de flexão;

### 2.4.9.2 Desvantagens

Algumas desvantagens das estacas pré-moldadas são:

- Necessidade de cuidado extra em caso de transporte da estaca

- Ruídos e vibrações em excessos

•Necessidade, de demolir a cabeça da estaca para ligar ao resto da construção, sendo assim, tendo que tomar alguns cuidados específicos citados na norma NBR 6122/10 acima.

#### 2.4.10 Estacas tipo hélice continua

A estaca Hélice Continua está sendo muito utilizada por não causar grandes vibrações e nos grandes centros urbanos onde tem muita vizinhança isso acaba sendo uma vantagem, pois, não ocorrem fissuras nas casas vizinhas além de produzir poucos ruídos. A estaca hélice continua é moldada no local da obra (*in situ*), a execução é rápida e pode atingir grandes profundidades.(Antunes e Tarazzo, 1998)

O equipamento para execução da estaca deve apresentar algumas características mínimas de acordo com a tabela 03. (Associação brasileira de normas técnicas NBR 6122/2010)

Tabela 03 – Características mínimas da mesa rotativa e do guincho

| Torque<br>KNm | Arranque<br>KN | Dimensões das estacas<br>cm             |
|---------------|----------------|---|
| < 80          | 400            | Ø até 50 cm com comprimento até 17,0 m  |
| 80 a 150      | 400            | Ø até 80 cm com comprimento até 27,0 m  |
| ≥ 160         | 700            | Ø até 120 cm com comprimento até 30,0 m |

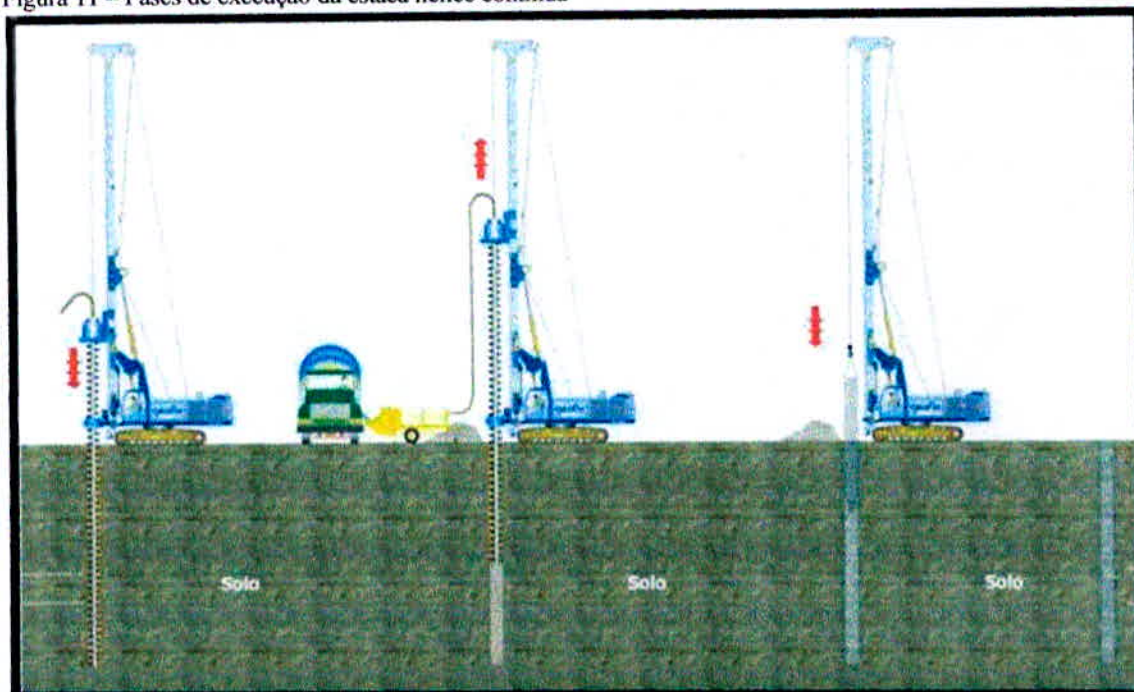
Fonte: Associação brasileira de normas técnicas - NBR 6122/2010

##### 2.4.10.1 Processo Executivo

Conforme Antunes e Tarazzo,(1998), a estaca tipo hélice continua são divididas em três fases para execução: Perfuração, Concretagem e colocação da armação. Essas fases estão representadas na figura 11.



Figura 11 – Fases de execução da estaca hélice contínua



Fonte: Geofix

#### 2.4.10.2 Perfuração

A perfuração é a primeira fase para iniciar o processo de execução, onde a perfuratriz deve-se cravar a hélice no ponto do terreno estudado até a profundidade dimensionada em projeto, para atingir a essa profundidade o equipamento aplica-se um torque para vencer a resistência do solo.(Antunes e Tarazzo, 1998).

Antunes e Tarazzo (1998) ressaltam que:

A perfuração é uma operação contínua, sem a retirada da hélice do terreno, para garantir a principal característica da estaca hélice contínua que é a de não permitir alívio significativo do terreno tomando possível a sua execução tanto em solos coesivos como arenosos, na presença ou não do lençol freático.(Antunes e Tarazzo, 1998)



### 2.4.10.3 Concretagem

De acordo com Antunes e Tarazzo, (1998) depois da perfuração a segunda fase é a concretagem que ocorre junto com a extração da hélice sem rotação, onde acompanhado de com um caminhão betoneira o concreto é bambeável através do tubo central da perfuratriz, onde é feito o preenchimento da cavidade deixada.

Segundo Antunes e Tarazzo (1998) quando ocorrer a retirada da hélice continua não pode haver vazios entre a retirada da hélice do terreno com a concretagem, para não acontecer estrangulamento ou seccionamentos do fuste da estaca.

“Durante a extração da hélice, a limpeza do solo contido nas lâminas pode ser feita manualmente ou por limpador de acionamento hidráulico. O solo decorrente dessa limpeza é removido com auxílio de uma pá carregadeira”. (Antunes e Tarazzo, 1998)

A NBR 6122 (2010) – A pressão do concreto sempre tem que ser positiva para que não ocorra a interrupção do fuste e é controlado pelo operador em todo o processo de concretagem. Quando for feita a concretagem com o trado girando, deve girar no sentido da perfuração.

### 2.4.10.4 Armadura

A terceira fase do processo executivo de uma estaca hélice continua é a colocação da armadura, a armação é feita em forma de gaiola onde é introduzida por gravidade ou com auxílio de um pilão, que só deve ser colocada após sua concretagem,. (Antunes e Tarazzo, 1998)

Antunes e Tarazzo (1998) também cita que “as gaiolas devem ser constituídas de barras grossas. estribos helicoidal soldado (ponteados) nas barras longitudinais e a extremidade inferior levemente afunilada, para facilitar e evitar sua deformação durante a introdução no concreto”.

A armação deve ser introduzida no centro do furo, para isso se usa espaçadores para garantir o recobrimento mínimo necessário. (Antunes e Tarazzo, 1998).

### 2.2.10.5 Vantagens e Desvantagens

#### 2.4.10.5.1 Vantagens

De acordo com Antunes & Tarozzo (1998), as vantagens existentes para se utilizar estaca de hélice continuam são:

- Ausência de vibrações;
- Elevada produtividade;
- Execução monitorada;
- Ausência de ruídos;
- Não causam danos as construções vizinhas;
- Concreto injetado sobre pressão;
- Podem ser executados em diversos tipos de solos.

#### 2.4.10.5.2 Desvantagem

De acordo com Antunes & Tarozzo (1998), as desvantagens da estaca de hélice continuam são:

- Dificuldades nas instalações das armaduras mais profundas
- Ocorre o alargamento ou estreitamento do fuste em solos fracos
- Dependência de fornecimento do concreto da concreteira
- Limitação nos comprimentos das estacas e da armação.

A maior desvantagem da hélice continua Segundo Antunes & Tarozzo (1998) são os elevados custos de mobilização de equipamentos para isso é viável um numero mínimo de estacas para prevalecer o custo investido.

### 3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA A CAPACIDADE DE CARGA.

Para calcular a capacidade de carga de uma estaca existem dois métodos:

- Realização de provas de carga;
- Métodos semi-empíricos;

O método a ser usado para calcular a capacidade de carga ou carga admissível de estacas, será o semi-empírico onde se destaca o método de Aoki e Velloso (1975)

#### 3.1 Métodos Aoki e Velloso (1975)

O método foi originado da correlação entre resultados de prova de carga em estacas no solo brasileiro de acordo com o ensaio de penetração estático (CPT) e dinâmico (SPT).

Para que a metodologia para avaliar a capacidade de carga de estacas possa ser aplicada nos ensaios de penetração estática, deve-se utilizar o coeficiente K para que possa estimar a capacidade de carga com os resultados do SPT.

A dedução para se calcular a capacidade de carga é expressa como:

$$R = R_L + R_p \quad (1)$$

Onde:

R = Capacidade de carga

$R_p$  = Resistência de ponta;

$R_L$  = Resistência lateral

Sendo que a resistência lateral ( $R_L$ ) e de ponta são dadas, respectivamente como:

$$R_L = U \sum (r_L \Delta_L) \quad (2)$$

Onde:

U = Perímetro da estaca;

$r_L$  = incógnita geotécnica

$\Delta l$  = espessura da camada em análise;

e

$$R_p = r_p A_p (3)$$

Onde:

$R_p$  = Resistência de ponta;

$r_p$  = incógnitas geotécnicas

$A_p$  = área da ponta da estaca;

Ou seja, a capacidade de Carga (R) é igual a:

$$R = U \sum (R_L \Delta_L) + r_p A_p (4)$$

em que  $r_L$  e  $r_p$  são incógnitas geotécnicas.

Essas incógnitas estão relacionadas aos ensaios de penetração estática *CPT*, por meios de valores da resistência de ponta do cone ( $q_c$ ) e do atrito lateral unitário na luva ( $f_s$ ):

$$r_p = \frac{q_c}{F_1} (5)$$

Onde:

$q_c$  = Resistência de ponta do cone

$F_1$  = coeficientes de correção das resistências de ponta, cujos valores estão representados na tabela 05;

e

$$r_L = \frac{f_s}{F_2} (6)$$

Onde:

$f_s$  = atrito lateral unitário na luva

$F_2$  = coeficientes de correção das resistências lateral, conforme a tabela 05;



Em que  $F_1$  e  $F_2$  é a diferença de comportamento entre a estaca (protótipo) e o cone CPT (modelo) e a influência de cada tipo de estaca. Como no Brasil o método mais usado é o *SPT* e não o *CPT*, o valor da resistência ( $q_c$ ) pode ser substituído por uma correlação com o índice de resistência à penetração ( $N_{spt}$ )

$$q_c = K N_{spt} \quad (7)$$

Onde:

$K$ =coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para  $N_{SPT}$ .(tabela 04);

$N_{SPT}$ : valor obtido nos ensaios de *SPT* da resistência penetração dinâmica.

Onde o coeficiente  $K$  varia com o tipo de solo.

Com essa substituição possibilita a modificação do atrito lateral em função do  $N_{spt}$  com a utilização do atrito ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{f_s}{q_c} \quad (8)$$

Onde:

$\alpha$ = Fator de correção da resistência lateral e ponta do cone no ensaio *CPT*,conforme o tabela 04.

logo temos:

$$f_s = \alpha q_c = \alpha k N_{spt} \quad (9)$$

Sendo que  $\alpha$  é função do tipo do solo.

O método Aoki -Velloso, a razão de atrito é a partir do tipo de solo, conhecido pela sondagem *SPT*.

As expressões  $r_p$  e  $r_L$  são dadas como:

$$r_p = \frac{K N_p}{F_1} \quad (10)$$

Onde:

$N_p$  = Índice de resistência a penetração

e

$$r_L = \frac{\alpha K N_L}{F_2} \quad (11)$$

Onde:

$N_L$  = e o índice de resistência à penetração média na camada de solo de espessura  $\Delta_L$

Em que  $N_p$  e  $N_L$  são o índice de resistência à penetração na cota de apoio da ponta da estaca, e o índice de resistência à penetração média na camada de solo de espessura  $\Delta_L$ , com isso, a capacidade de carga (R) de um elemento isolado de fundação pode ser estimado pela forma semiempírica:

$$R = \frac{K N_p}{F_1} A_p + \frac{U}{F_2} \sum_1^n (\alpha K N_L \Delta_L) \quad (12)$$

De acordo com o método Aoki e Velloso os valores de  $\alpha$  e K estão representados na tabela 3, onde os autores basearam-se em suas experiências e em valores literários. Os fatores de correção  $F_1$  e  $F_2$  estão representados na tabela 4, esses valores foram ajustados com 63 provas de carga realizados em vários estados do Brasil, e foi sendo aprimorado pelo decorrer dos anos pelos estudiosos da área.

Tabela 04 – Valores do Coeficiente  $\alpha$  e K

| Coeficiente K em razão do atrito $\alpha$ |         |              |
|---|---------|--------------|
| Solo                                      | K (MPa) | $\alpha$ (%) |
| Areia                                     | 1,00    | 1,40         |
| Areia Siltosa                             | 0,80    | 2,0          |
| Areia siltoargilosa                       | 0,70    | 2,4          |
| Areia argilosa                            | 0,60    | 3,0          |
| Areia argilossiltosa                      | 0,50    | 2,8          |
| Silte                                     | 0,40    | 3,0          |
| Silte arenoso                             | 0,55    | 2,2          |
| Siltearenoargiloso                        | 0,45    | 2,8          |
| Silte argiloso                            | 0,23    | 3,4          |
| Silteargiloarenoso                        | 0,25    | 3,0          |
| Argila                                    | 0,20    | 6,0          |
| Argila arenosa                            | 0,35    | 2,4          |
| Argila Arenossiltosa                      | 0,30    | 2,8          |
| Argila siltosa                            | 0,22    | 4,0          |
| Argila siltoarenosa                       | 0,33    | 3,0          |

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

Tabela 05 - Valores do coeficiente F1 e F2

| Fatores de correção F1 e F2  |          |      |
|------------------------------|----------|------|
| Tipo de estaca               | F1       | F2   |
| Franki                       | 2,50     | 5,00 |
| Metálica                     | 1,75     | 3,50 |
| Pré-modada                   | 1+D/0,80 | 2.F1 |
| Escavada                     | 3,00     | 6,00 |
| Raiz, Hélice contínua, Ômega | 2,00     | 4,00 |

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)



### 3.2 Carga admissível

#### 3.2.1 Carga de catálogo

A carga de catálogo deve ser definida no início do projeto, com isso ela representa o limite superior para a carga admissível da fundação.

$$P_a \leq P_e \quad (13)$$

Nas tabelas 06 e 07 estão representadas as cargas de catálogos da estaca pré-moldada e estaca hélice contínua, essas cargas estão mencionadas nas literaturas brasileiras e também em empresas especializadas.

Tabela 06 – Carga de catálogo da estaca pré-moldada

| Estaca pré-moldada de concreto                                   |               |                              |
|--|---------------|------------------------------|
| Estaca   | Dimensão (cm) | Carga de catálogo $P_e$ (KN) |
| Pré-moldada vibrada quadrada<br>$\sigma_c=6$ a 10 Mpa            | 20x20         | 400                          |
|  | 25x25         | 600                          |
|  | 30x30         | 900                          |
|  | 35x35         | 1.200                        |
| Pré-moldada Vibrada circular<br>$\sigma_c=9$ a 11 Mpa            | Ø 22          | 400                          |
|  | Ø 29          | 600                          |
|  | Ø33           | 800                          |
| Pré-moldada protendida circular<br>$\sigma_c=10$ a 14 Mpa        | Ø20           | 350                          |
|  | Ø25           | 600                          |
|  | Ø33           | 900                          |
| Pré-moldada centrifugada<br>$\sigma_c=9$ a 11 Mpa (seção vazada) | Ø20           | 300                          |
|  | Ø23           | 400                          |
|  | Ø26           | 500                          |
|  | Ø33           | 750                          |
|  | Ø38           | 900                          |
|  | Ø42           | 1.150                        |
|  | Ø50           | 1.700                        |
|  | Ø60           | 2.300                        |
| Ø70  | 3.000         |                              |

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

Tabela 07 – Carga de catálogo da estaca Hélice contínua

| Estaca de Hélice contínua  |               |                              |
|--|---------------|------------------------------|
| Estaca   | Dimensão (cm) | Carga de catálogo $P_c$ (KN) |
| Hélice Contínua<br>$\sigma_c = 6\text{MPa}$<br>(Antunes e Tarazzo, 1998) | Ø27,5         | 350                          |
|  | Ø30           | 450                          |
|  | Ø35           | 600                          |
|  | Ø40           | 800                          |
|  | Ø42,5         | 900                          |
|  | Ø50           | 1.250                        |
|  | Ø60           | 1.800                        |
|  | Ø70           | 2.450                        |
|  | Ø80           | 3.200                        |
|  | Ø90           | 4.000                        |
|  | Ø100          | 5.00                         |

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

### 3.2.2 Metodologia de projeto

O projeto de fundações por estacas culmina com a previsão da cota de parada das estacas a fixação da carga admissível, esses valores limites estão representados na tabela 08.

Tabela 08 – Valores limites de  $N_{spt}$  para a parada das estacas estudadas

| Tipo de Estaca          |                         | $N_{lim}$                                  |
|-------------------------|-------------------------|--|
| Pré-Moldada de concreto | $\phi < 30\text{cm}$    | $15 < N_{spt} < 25$<br>$\sum N_{spt} = 80$ |
|                         | $\phi \geq 30\text{cm}$ | $25 < N_{spt} \leq 35$                     |
| Hélice contínua         |                         | $20 < N_{spt} \leq 45$                     |

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010) - adaptado

## 4. Custos horários

### 4.1 Custos horários mão de obra

“Para se calcular o custo de mão de obra, além dos salários, deve ser computado as leis sociais e os encargos complementares de mão de obra referentes às despesas de alimentação, transporte, EPI e ferramenta de uso pessoal ”(Tisaka, 2008).

O custo do salário/hora de cada trabalhador é calculado de acordo com a fórmula a seguir

$$Sh = Snx \left( 1 + \frac{LS}{100} + \frac{EC}{100} \right) \quad (14)$$

Sendo:

Sh= Custo do salário/hora de cada trabalhador para a empresa

Sn= salário/hora normal do trabalhador

LS = Leis Sociais

EC = Encargos complementares

### 4.2Elaboração dos custo direto

Para elaboração do projeto, primeiro deve-se fazer a relação de todos os serviços envolvido sendo assim, fazer o levantamento dos quantitativos de cada unidade envolvida, depois, deve se colocar os respectivos custos unitários obtidos pelas composições do preço unitário e por ultimo multiplicar os quantitativos pelos custos unitários.

Os dados a serem obtidos serão retirados da tabela de composições de preço unitário (TCPO).

A fórmula para calcular o preço total de serviços diretos é:

$$Ptotal = EPtotal + Mtotal + Stotal + MOTotal \quad (15)$$

Onde:

EPtotal = Preço Total dos Equipamentos

MPtotal = Preço total do material

SPtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

MOPtotal = Preço total da mão de obra

Para calcular o preço total dos equipamentos é dado por:

$$EPtotal = Quant \times Prod \times P. \text{ unit. } Produ + Quant \times Impro \times P. \text{ unit. } Impro \quad (16)$$

Onde:

EPtotal = Preço Total dos Equipamentos

Quant = Quantidade

Prod= Produtividade

P. unit. Produ = Preço unitário de produtividade

Impro = Improdutividade

P.unit .Impro = Preço unitário de improdutividade

O preço total do material é expressado por:

$$Mtotal = Quant \times P. \text{ unit} \quad (17)$$

Onde:

MPtotal = Preço total do material

Quant = Quantidade

P. unit = Preço unitário

O preço total dos serviços – Composições auxiliares é apresentada como:

$$SPtotal = Quant \times P. \text{ Unit} \quad (18)$$

Onde:

SPtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

Quant = Quantidade



P. Unit = Preço unitário

Para se calcular o preço total da mão de obra deve seguir a formula abaixo:

$$\text{MOPtotal} = \text{Quant} \times \text{P. Unit} \quad (19)$$

Onde:

MOPtotal = Preço total da mão de obra

Quant = Quantidade

P. Unit = Preço unitário

## **5. METODOLOGIA**

O trabalho apresenta uma análise comparativa de custos entre fundações profundas, estaca pré-moldada e estaca hélice contínua, sendo ela feita de acordo com o boletim de sondagem real. (estudo de caso).

### **5.1 Instrumento**

Para se fazer o comparativo de custo e o dimensionamento da capacidade de carga das estacas serão utilizados planilhas eletrônicas. Para o orçamento serão formadas composições de preços unitários (CPU's) onde os dados obtidos serão extraídos da tabela de composição de preços para orçamento (TCPO), junto com pesquisas de preços no mercado. Para o dimensionamento da capacidade de cargas das estacas será adotado o métodos Aoki & Velloso (1975).

### **5.2 Procedimento**

Iniciou-se com uma revisão bibliográfica com os temas abordados. Em seguida, com as análises da sondagem e com o projeto de cargas dos pilares já proposto, foi dimensionado a capacidade de cargas das estacas estudadas. O passo seguinte foi fazer o comparativo de custo analisando-as qual fundação foi a mais viável economicamente.

## 6. ESTUDO DE CASO

### 6.1 Descrições do projeto

O estudo de caso refere-se a um balcão localizado na Rodovia BR 459, KM 111, na cidade de Pouso Alegre – MG. A área de construção é de 864 m<sup>2</sup>.

#### 6.1.1 Mapa de cargas

A planta de locação dos pilares e das cargas que são descarregadas no bloco está no ANEXO B. A tabela 09 resume o conteúdo deste anexo como diâmetro dos pilares e as cargas que são solicitadas para fundação.

Tabela 09 – Relações dos pilares e suas respectivas dimensões e cargas

| Pilar | Diâmetro (cm) | Cargas (tf) | Pilar | Diâmetro (cm) | Cargas (tf) |
|-------|---------------|-------------|-------|---------------|-------------|
| P1    | 40 x 40       | 104,27      | P16   | 40 x 40       | 187,64      |
| P2    | 40 x 40       | 165,09      | P17   | 40 x 40       | 154,09      |
| P3    | 40 x 40       | 150,97      | P18   | 40 x 40       | 199,99      |
| P4    | 40 x 40       | 157,93      | P19   | 40 x 40       | 197,66      |
| P5    | 40 x 40       | 151,77      | P20   | 40 x 40       | 137,59      |
| P6    | 40 x 40       | 165,58      | P21   | 40 x 40       | 149,13      |
| P7    | 40 x 40       | 104,27      | P22   | 40 x 40       | 107,28      |
| P8    | 40 x 40       | 117,31      | P23   | 40 x 40       | 103,73      |
| P9    | 40 x 40       | 177,63      | P24   | 40 x 40       | 159,08      |
| P10   | 40 x 40       | 188,6       | P25   | 60 x 40       | 156,58      |
| P11   | 40 x 40       | 201,28      | P26   | 60 x 40       | 144,78      |
| P12   | 40 x 40       | 196,4       | P27   | 40 x 40       | 135,17      |
| P13   | 40 x 40       | 174,42      | P28   | 40 x 40       | 96,04       |
| P14   | 40 x 40       | 121,01      | P29   | 40 x 40       | 174,97      |
| P15   | 40 x 40       | 124,86      | P30   | 40 x 40       | 173,77      |

Fonte: Autor

### 6.1.2 Perfil Geotécnico

O perfil geotécnico foi feito através do standard penetration test (SPT), foram feitas várias sondagens e foi adotada a pior situação para todo o projeto. Os dados da sondagem realizada encontra-se no ANEXO A.

## 6.2. DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO

Para o dimensionamento da capacidade de carga foi usado o método de Aoki e Velloso citado no item 3.1.

### 6.2.1 Dimensionamentos estaca pré-moldada

Para dar início ao dimensionamento da capacidade de carga alguns parâmetros foram adotados, segue abaixo:

Estaca pré-moldada de vibrada circular

diâmetro = 0,33 m

carga de catálogo = 800 KN

comprimento = 15 m

N<sub>spt</sub> = de acordo com Anexo A

1º passo é calcular o fator de correção de acordo com a estaca adotada, o fator de correção está apresentado na tabela 05.

Fatores de correção

$$F1 = 1 + \frac{0,33}{0,80} = 1,412 \quad (20)$$

$$F2 = 2 \times 1,4125 = 2,825 \quad (21)$$

2º passo é calcular a resistência lateral (RL), onde ela varia de acordo com o solo e profundidade.



Resistência lateral ( $RL_1$ )

De -1 m a -4 m: Argila

$$N_{med} = \frac{4}{3} = 1,33 \quad (22)$$

$K = 200KPa$   $e\alpha = 6,0\%$

$$RL_1 = \frac{0,06 * 200 * 1,33}{2,825} * \pi * 0,33 * 3 = 17,61 KN \quad (23)$$

Resistência Lateral ( $RL_2$ )

De -4 m a -9 m: Argila Siltosa

$$N_{med} = \frac{35}{5} = 7 \quad (24)$$

$K = 220KPa$   $e\alpha = 4,0\%$

$$RL_2 = \frac{0,04 * 220 * 7,0}{2,825} * \pi * 0,33 * 5 = 113,03 KN \quad (25)$$

Resistência Lateral ( $RL_3$ )

De -9 m a -12 m: Silte argiloso pouco arenoso

$$N_{med} = \frac{53}{3} = 17,66 \quad (26)$$

$$K = 250\text{KPa } e\alpha = 3,0\%$$

$$RL_3 = \frac{0,03 * 250 * 17,66}{2,825} * \pi * 0,33 * 3 = 145,82 \text{ KN} \quad (27)$$

Resistência Lateral ( $RL_4$ )

De -12 m a -14 m: Silte Argiloso

$$N_{med} = \frac{49}{2} = 24,5 \quad (28)$$

$$K = 230\text{KPa } e\alpha = 3,4\%$$

$$RL_4 = \frac{0,034 * 230 * 24,5}{2,825} * \pi * 0,33 * 2 = 140,62 \text{ KN} \quad (29)$$

Resistência Lateral ( $RL_5$ )

De -14 m a -15 m: Silte Argiloso e arenoso com

$$N_{med} = \frac{58}{2} = 29 \quad (30)$$

$$K = 250\text{KPa } e\alpha = 3,0\%$$

$$RL_5 = \frac{0,03 * 250 * 29}{2,825} * \pi * 0,33 * 2 = 159,63 \text{ KN} \quad (31)$$

3º Passo é calcular a resistência de ponta, é onde a ponta da estaca vai parar, ela é em função do tipo de solo,  $N_{spt}$  e o fator de correção F1.

Resistência de Ponta (Cota -16 m)

Silte Argiloso e arenoso com  $N_{spt} = 31$

$$R_p = \frac{250 * 31}{1,4125} * \frac{\pi * (0,33)^2}{4} = 469,28 \text{ KN} \quad (32)$$

4º Passo é calcular a Capacidade de Carga da estaca, que é a somatória da resistência lateral (RL) e a resistência de ponta (RP)

$$R = 469,28 + (17,61 + 113,03 + 145,82 + 140,62 + 159,63) = 1045,99 \text{ KN} \quad (33)$$

5º Passo é Fator de segurança global, para as estacas de fundação equivale a 50%.

$$P_a = \frac{1045,99}{2} = 523 \text{ KN} \quad (34)$$

Com auxílio do Microsoft Excel foram feitas planilhas para o dimensionamento da capacidade de carga para cada metro de profundidade, os parâmetros usados para fornecimentos de dados para a planilha é de acordo com o boletim de sondagem (Anexo A) e as tabelas do item 3.1.

A tabela 10 está apresentando a capacidade de carga por metro

Tabela 10–Dimensionamento da estaca pré-moldada pelo método de Aoki e Velloso

| MÉTODO AOKI VELLOSO (1975) |      |                     |         |          |        |       |                     |               |                |                   |            |
|----------------------------|------|---------------------|---------|----------|--------|-------|---------------------|---------------|----------------|-------------------|------------|
| Prof. (m)                  | Nspt | Tipo de solo        | K (Kpa) | $\alpha$ | F1     | F2    | Rp (na camada) (KN) | RL por m (KN) | RL (acum) (KN) | R total solo (KN) | Q adm (KN) |
| 1                          | 1    | Argila              | 200     | 0,06     | 1,4125 | 2,825 | 12,11               | 4,4           | 4,4            | 16,51             | 8,255      |
| 2                          | 1    | Argila              | 200     | 0,06     | 1,4125 | 2,825 | 12,11               | 4,4           | 8,81           | 20,92             | 10,46      |
| 3                          | 2    | Argila              | 200     | 0,06     | 1,4125 | 2,825 | 24,22               | 8,81          | 17,62          | 41,84             | 20,92      |
| 4                          | 2    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 1,4125 | 2,825 | 26,64               | 6,46          | 24,07          | 50,72             | 25,36      |
| 5                          | 5    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 1,4125 | 2,825 | 66,61               | 16,15         | 40,22          | 106,83            | 53,415     |
| 6                          | 7    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 1,4125 | 2,825 | 93,25               | 22,61         | 62,83          | 156,08            | 78,04      |
| 7                          | 8    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 1,4125 | 2,825 | 106,57              | 25,84         | 88,66          | 195,23            | 97,615     |
| 8                          | 13   | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 1,4125 | 2,825 | 173,18              | 41,98         | 130,65         | 303,82            | 151,91     |
| 9                          | 15   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 1,4125 | 2,825 | 227,07              | 41,29         | 171,93         | 399               | 199,5      |
| 10                         | 18   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 1,4125 | 2,825 | 272,48              | 49,54         | 221,47         | 493,96            | 246,98     |
| 11                         | 20   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 1,4125 | 2,825 | 302,76              | 55,05         | 276,52         | 579,28            | 289,64     |
| 12                         | 24   | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 1,4125 | 2,825 | 334,25              | 68,88         | 345,4          | 679,64            | 339,82     |
| 13                         | 25   | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 1,4125 | 2,825 | 348,17              | 71,75         | 417,14         | 765,32            | 382,66     |
| 14                         | 27   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 1,4125 | 2,825 | 408,73              | 74,31         | 491,46         | 900,18            | 450,09     |
| 15                         | 31   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 1,4125 | 2,825 | 469,28              | 85,32         | 576,78         | 1046,06           | 523,03     |

Fonte: Autor

Para dimensionar o número de estacas por bloco necessário para transmitir a carga do pilar ao solo de fundação, a equação é dada por:

$$N_e \geq \frac{Q_{pilar}}{Q_{adm}} \quad (35)$$

onde:

$N_e$  = Número de estacas

$Q_{pilar}$  = Carga do pilar

$Q_{adm}$  = Carga admissível da estaca

De acordo com a planta de locação de pilares e cargas normais (ANEXO B), e com o dimensionamento da capacidade de carga da estaca (tabela 10), é obtido o número de estaca necessária por bloco, na tabela 11 apresenta todas as informações



levadas em conta no dimensionamento, como carga máxima (ton), quantidade de estacas por bloco, diâmetro e profundidade.

Tabela 11– Agrupamento das estacas

| Estaca pré-moldada |              |             |                         |               |             |
|--------------------|--------------|-------------|-------------------------|---------------|-------------|
| Pilar              | Cargas (ton) | Qpilar/Qadm | nº de estacas por bloco | Diâmetro (cm) | Profun. (m) |
| P1                 | 104,27       | 1,99        | 2                       | 33            | 15          |
| P2                 | 165,09       | 3,16        | 4                       | 33            | 15          |
| P3                 | 150,97       | 2,89        | 3                       | 33            | 15          |
| P4                 | 157,93       | 3,02        | 4                       | 33            | 15          |
| P5                 | 151,77       | 2,90        | 3                       | 33            | 15          |
| P6                 | 165,58       | 3,17        | 4                       | 33            | 15          |
| P7                 | 104,27       | 1,99        | 2                       | 33            | 15          |
| P8                 | 117,31       | 2,24        | 3                       | 33            | 15          |
| P9                 | 177,63       | 3,40        | 4                       | 33            | 15          |
| P10                | 188,6        | 3,61        | 4                       | 33            | 15          |
| P11                | 201,28       | 3,85        | 4                       | 33            | 15          |
| P12                | 196,4        | 3,76        | 4                       | 33            | 15          |
| P13                | 174,42       | 3,33        | 4                       | 33            | 15          |
| P14                | 121,01       | 2,31        | 3                       | 33            | 15          |
| P15                | 124,86       | 2,39        | 3                       | 33            | 15          |
| P16                | 187,64       | 3,59        | 4                       | 33            | 15          |
| P17                | 154,09       | 2,95        | 3                       | 33            | 15          |
| P18                | 199,99       | 3,82        | 4                       | 33            | 15          |
| P19                | 197,66       | 3,78        | 4                       | 33            | 15          |
| P20                | 137,59       | 2,63        | 3                       | 33            | 15          |
| P21                | 149,13       | 2,85        | 3                       | 33            | 15          |
| P22                | 107,28       | 2,05        | 3                       | 33            | 15          |
| P23                | 103,73       | 1,98        | 2                       | 33            | 15          |
| P24                | 159,08       | 3,04        | 4                       | 33            | 15          |
| P25                | 156,58       | 2,99        | 3                       | 33            | 15          |
| P26                | 144,78       | 2,77        | 3                       | 33            | 15          |
| P27                | 135,17       | 2,58        | 3                       | 33            | 15          |
| P28                | 96,04        | 1,84        | 2                       | 33            | 15          |
| P29                | 174,97       | 3,35        | 4                       | 33            | 15          |
| P30                | 173,77       | 3,32        | 4                       | 33            | 15          |
|                    |              | Σ           | 100                     |               |             |

Fonte: Autor

### 6.2.2 Dimensionamento da Estaca Hélice contínua

O projeto fornecido pela empresa executora da estaca hélice contínua está no (Anexo B),na tabela 12 está o resumo do que foi adotado para fazer o projeto de

fundação da estaca, assim como o diâmetro, quantidade de estaca por bloco e a profundidade.

Tabela 12 – Agrupamento das estaca

| <b>Pilar</b> | <b>Cargas<br/>(ton)</b> | <b>Diâmetro<br/>(cm)</b> | <b>nº de estacas<br/>por bloco</b> | <b>Profundidade<br/>(m)</b> |
|--------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| P1           | 104,27                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P2           | 165,09                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P3           | 150,97                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P4           | 157,93                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P5           | 151,77                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P6           | 165,58                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P7           | 104,27                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P8           | 117,31                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P9           | 177,63                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P10          | 188,6                   | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P11          | 201,28                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P12          | 196,4                   | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P13          | 174,42                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P14          | 121,01                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P15          | 124,86                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P16          | 187,64                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P17          | 154,09                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P18          | 199,99                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P19          | 197,66                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P20          | 137,59                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P21          | 149,13                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P22          | 107,28                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P23          | 103,73                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P24          | 159,08                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P25          | 156,58                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P26          | 144,78                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P27          | 135,17                  | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P28          | 96,04                   | 35                       | 4,00                               | 17                          |
| P29          | 174,97                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
| P30          | 173,77                  | 40                       | 4,00                               | 17                          |
|              |                         | $\Sigma$                 | 120,00                             |                             |

Fonte: Autor



Fazendo uma análise do projeto atual, usando o mesmo diâmetro a mesma armadura e a mesma profundidade, foi feito o dimensionamento da capacidade de carga através do item 3.1, observou que os números de estacas por bloco podem ser diminuídos, com isso, será feito um comparativo entre os três projetos.

Para facilitar a o comparativo desses projetos, eles serão chamados de hélice continua 01 e hélice continua 02, a hélice continua 01 é o projeto fornecido pela empresa onde está todo dimensionado. A hélice continua 02 é o projeto que foi alterado.

A tabela 13 e 14 está apresentando o cálculo da capacidade de carga da fundação para hélice continua 02 com diâmetro de 35cm e 40cm, respectivamente.

Tabela 13 – Cálculo capacidade de carga para estaca hélice continua 02 com diâmetro de 35 cm

| MÉTODO AOKI VELLOSO (1975) |      |                     |         |          |    |    |                     |               |                |                   |            |
|----------------------------|------|---------------------|---------|----------|----|----|---------------------|---------------|----------------|-------------------|------------|
| Prof. (m)                  | Nspt | Tipo de solo        | K (Kpa) | $\alpha$ | F1 | F2 | Rp (na camada) (KN) | RL por m (KN) | RL (acum) (KN) | R total solo (KN) | Q adm (KN) |
| 1                          | 1    | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 9,62                | 3,3           | 3,3            | 12,92             | 6,6        |
| 2                          | 1    | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 9,62                | 3,3           | 6,6            | 16,22             | 8,11       |
| 3                          | 2    | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 19,24               | 6,6           | 13,9           | 32,44             | 16,22      |
| 4                          | 2    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 21,17               | 4,84          | 18,03          | 39,2              | 19,6       |
| 5                          | 5    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 52,92               | 12,1          | 30,13          | 83,04             | 41,52      |
| 6                          | 7    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 74,08               | 16,93         | 47,06          | 121,14            | 60,57      |
| 7                          | 8    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 84,67               | 19,35         | 66,41          | 151,08            | 75,54      |
| 8                          | 13   | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 137,58              | 31,45         | 97,86          | 235,44            | 117,72     |
| 9                          | 15   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 180,4               | 30,93         | 128,79         | 309,18            | 154,59     |
| 10                         | 18   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 216,48              | 37,11         | 165,9          | 382,37            | 191,185    |
| 11                         | 20   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 240,53              | 41,23         | 207,13         | 447,66            | 223,83     |
| 12                         | 24   | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 2  | 4  | 265,54              | 51,59         | 258,72         | 524,26            | 262,13     |
| 13                         | 25   | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 2  | 4  | 276,64              | 53,74         | 312,46         | 589,07            | 294,535    |
| 14                         | 27   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 324,71              | 55,67         | 368,13         | 692,84            | 346,42     |
| 15                         | 31   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 372,82              | 63,91         | 432,04         | 804,86            | 402,43     |
| 16                         | 37   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 444,98              | 76,28         | 508,32         | 953,3             | 476,65     |
| 17                         | 41   | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 493,08              | 84,53         | 592,85         | 1085,93           | 542,965    |

Fonte: Autor

Tabela 14 - Cálculo capacidade de carga para estaca hélice contínua 02 com diâmetro de 40 cm

| MÉTODO AOKI VELLOSO (1975) |       |                     |         |          |    |    |                     |               |                |                   |            |  |
|----------------------------|-------|---------------------|---------|----------|----|----|---------------------|---------------|----------------|-------------------|------------|--|
| Prof. (m)                  | Ns pt | Tipo de solo        | K (Kpa) | $\alpha$ | F1 | F2 | Rp (na camada) (KN) | RL por m (KN) | RL (acum) (KN) | R total solo (KN) | Q adm (KN) |  |
| 1                          | 1     | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 12,57               | 3,77          | 3,77           | 16,34             | 8,17       |  |
| 2                          | 1     | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 12,57               | 3,77          | 7,54           | 20,11             | 10,055     |  |
| 3                          | 2     | Argila              | 200     | 0,06     | 2  | 4  | 25,13               | 7,54          | 15,08          | 40,21             | 20,105     |  |
| 4                          | 2     | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 27,65               | 5,53          | 20,61          | 48,25             | 24,125     |  |
| 5                          | 5     | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 69,12               | 13,82         | 34,43          | 103,55            | 51,775     |  |
| 6                          | 7     | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 96,76               | 19,35         | 53,78          | 150,55            | 75,275     |  |
| 7                          | 8     | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 110,58              | 22,12         | 75,9           | 186,48            | 93,24      |  |
| 8                          | 13    | Argila Siltosa      | 220     | 0,04     | 2  | 4  | 179,7               | 35,94         | 111,84         | 291,54            | 145,77     |  |
| 9                          | 15    | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 235,62              | 35,34         | 147,18         | 382,8             | 191,4      |  |
| 10                         | 18    | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 282,74              | 42,41         | 189,6          | 472,34            | 236,17     |  |
| 11                         | 20    | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 314,16              | 47,12         | 236,72         | 550,88            | 275,44     |  |
| 12                         | 24    | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 2  | 4  | 346,83              | 58,96         | 295,68         | 642,51            | 321,255    |  |
| 13                         | 25    | Silte Argiloso      | 230     | 0,034    | 2  | 4  | 361,28              | 61,42         | 357,1          | 718,38            | 359,19     |  |
| 14                         | 27    | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 424,12              | 63,62         | 420,72         | 844,83            | 422,415    |  |
| 15                         | 31    | Silte Argiloarenoso | 250     | 0,03     | 2  | 4  | 486,95              | 73,04         | 493,76         | 980,7             | 490,35     |  |
| 16                         | 37    | Silte argiloarenoso | 250     | 0,3      | 2  | 4  | 581,19              | 87,18         | 580,94         | 1162,1            | 581,07     |  |
| 17                         | 41    | Silte argiloarenoso | 250     | 0,3      | 2  | 4  | 644,03              | 96,6          | 677,54         | 1321,6            | 660,78     |  |

Fonte: Autor

Analisando a capacidade de carga das estacas de 35 cm e 40 cm e com as cargas normais, na tabela 15 é mostrada o número de estacas por bloco, profundidade e diâmetro.



Tabela 15 – Agrupamento das estacas

| <b>Estaca Hélice continua</b> |                     |                      |                                |                         |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| <b>Pilar</b>                  | <b>Cargas (ton)</b> | <b>Diâmetro (cm)</b> | <b>nº de estacas por bloco</b> | <b>Profundidade (m)</b> |
| P1                            | 104,27              | 35                   | 2,00                           | 17                      |
| P2                            | 165,09              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P3                            | 150,97              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P4                            | 157,93              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P5                            | 151,77              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P6                            | 165,58              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P7                            | 104,27              | 35                   | 2,00                           | 17                      |
| P8                            | 117,31              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P9                            | 177,63              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P10                           | 188,6               | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P11                           | 201,28              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P12                           | 196,4               | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P13                           | 174,42              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P14                           | 121,01              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P15                           | 124,86              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P16                           | 187,64              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P17                           | 154,09              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P18                           | 199,99              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P19                           | 197,66              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P20                           | 137,59              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P21                           | 149,13              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P22                           | 107,28              | 35                   | 2,00                           | 17                      |
| P23                           | 103,73              | 35                   | 2,00                           | 17                      |
| P24                           | 159,08              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P25                           | 156,58              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P26                           | 144,78              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P27                           | 135,17              | 35                   | 3,00                           | 17                      |
| P28                           | 96,04               | 35                   | 2,00                           | 17                      |
| P29                           | 174,97              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
| P30                           | 173,77              | 40                   | 3,00                           | 17                      |
|                               |                     | $\Sigma$             | 85,00                          |                         |

Fonte: Autor

Como se pode, com o novo dimensionamento foram removidos 33 (trinta e três) estacas para o mesmo projeto, sendo que, os blocos sobre as estacas agora passaram a ser apenas de duas e três estacas.

## 7. Dimensionamentos de blocos

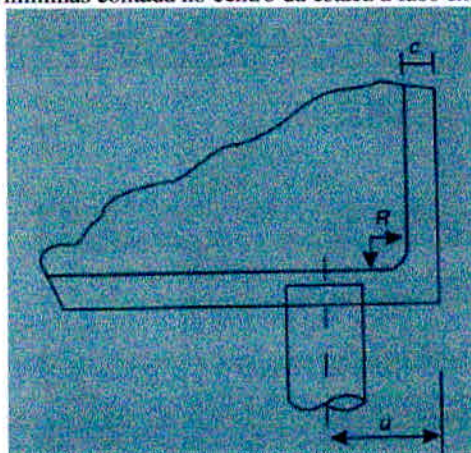
Como foi calculado o número de estaca por bloco e, foi adotado apenas bloco sobre duas três e quatro estacas, o dimensionamento será feito apenas para esses três tipos de bloco.

Para o dimensionamento de cálculo foi usado o método de bitela

### 7.1 Recomendações práticas

Na figura 12, indica a dimensão mínima contada do centro da estaca à face externa do bloco.

Figura 12- .dimensões mínimas contada no centro da estaca à face externa do bloco



Fonte: Alonso

onde:

$$u \geq \begin{cases} R + c + \varnothing \\ d/2 + 15cm \end{cases}$$

$\varnothing$  = diâmetro da armadura;

R = raio de dobramento da armadura;

c = cobrimento da armadura 3cm;

D = diâmetro da estaca

É recomendável que se use armadura de pele, pois, essa armadura tem como finalidade reduzir a abertura de fissuras, principalmente quando a armadura principal tem diâmetro elevado. O valor da armadura de pele pode ser estimado igual a 1/8 da seção total da armadura principal, em cada face de bloco.

Neste dimensionamento quando o cálculo da armadura superior não houver necessidade, será dispensado como indica o cálculo.

### 7.1.1 Dimensionamento de Blocos sobre duas estacas

Os esquemas das forças que entram no cálculo para o dimensionamento da estaca estão na figura 13.

$$T_x \cdot d = \frac{P}{2} \left( \frac{e}{2} - \frac{b}{4} \right) \quad (36)$$

onde:

$T_x$  = Força para cálculo de armadura

$d$  = altura útil do bloco;

$P$  = carga pilar;

$e$  = espaçamento entre estacas

$b$  = dimensão do pilar

$$T_x = \frac{P(2e - b)}{8d} \quad (37)$$

$$A_s = \frac{\gamma_f \cdot T_x}{f_y d} = \frac{1,61 T_x}{f_y k} \quad (38)$$

Onde:

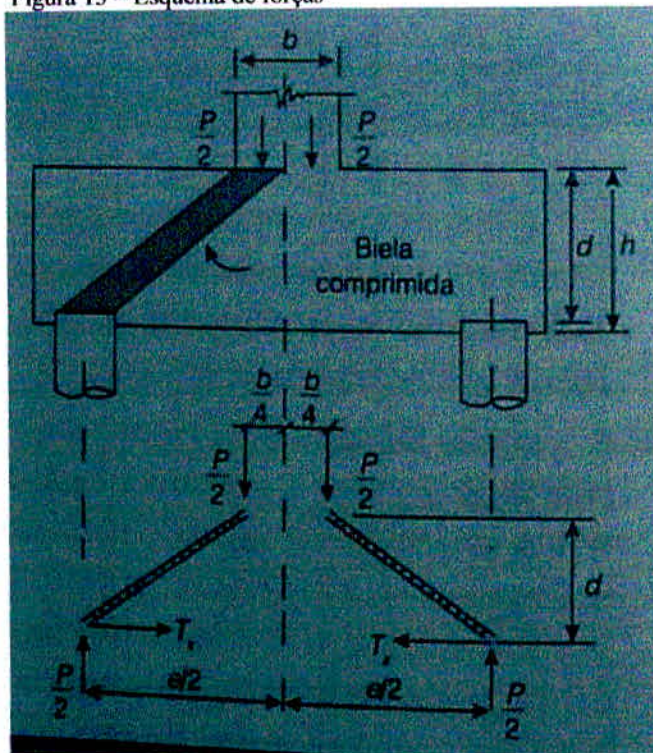
$A_s$  = área de aço

$\gamma_f = 1,96$

$T_x$  = Força para cálculo de armadura



Figura 13 – Esquema de forças



Fonte – Alonso

Para iniciar o dimensionamento de bloco sobre duas estacas, parte de um valor  $d \geq e/2$ , para verificar se não ocorre o esmagamento da biela comprimida ela deve estar situada na área hachurada da figura 14, ou seja:

$$\frac{\gamma V}{B_w d} \begin{cases} 2f_{tk} & (\text{blocos com relação } \frac{a}{d} \leq 1) \\ f_{tk} & (\text{blocos com relação } 1 < \frac{a}{d} \leq 1,5) \\ 0,4f_{tk} & (\text{blocos com relação } \frac{a}{d} > 2) \end{cases} \quad (39)$$

Onde:

$f_{tk}$  = A tensão de tração característica do concreto

$$f_{tk} \begin{cases} 0,1f_{ck} & \text{para } f_{ck} \leq 18MPa \\ 0,06f_{ck} + 0,7 & \text{para } f_{ck} > 18MPa \end{cases} \quad (40)$$

$a$  = Distância do centro da estaca ao centro da biela. No caso de blocos sobre duas estacas  $a = e/2$ ;

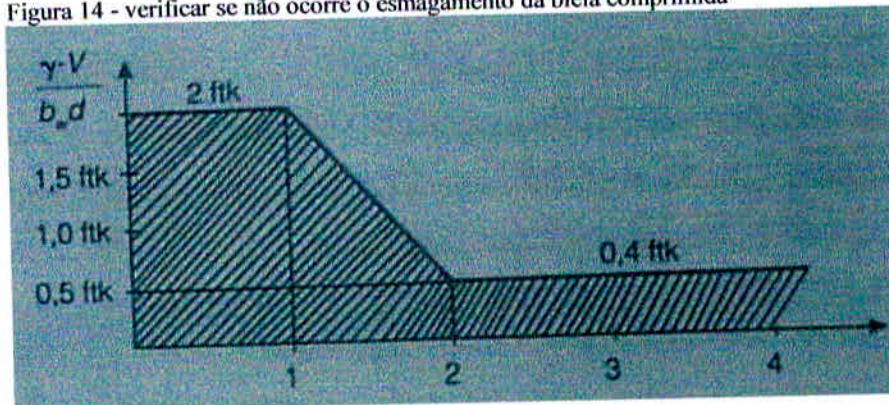


$b_w$  = Largura do bloco na seção considerada;

$d$  = Altura útil do bloco;

$$\gamma = \gamma_f \gamma_c \cong 1,96.$$

Figura 14 - verificar se não ocorre o esmagamento da biela comprimida

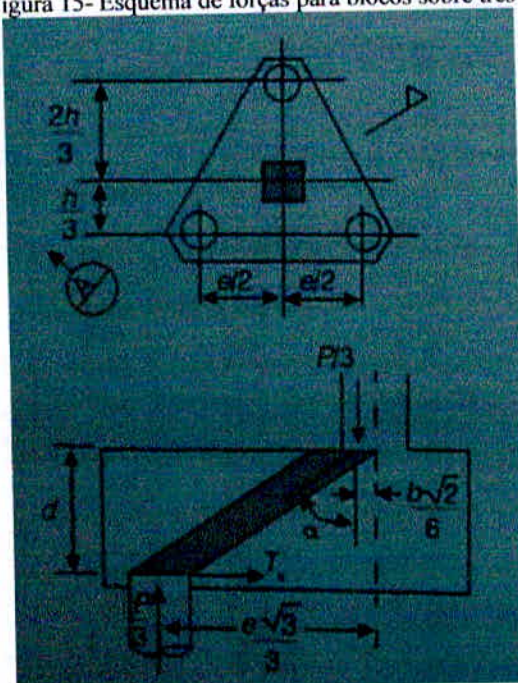


Fonte - Alonso

### 7.1.2 Dimensionamento de Blocos sobre três estacas

O esquema de forças que entram no cálculo está indicado na figura 15

Figura 15- Esquema de forças para blocos sobre três estacas



Fonte: Alonso exercícios de fundação

$$T_x = \frac{P}{3} \operatorname{tg} \alpha \quad (41)$$

$$T_x = \frac{P e \sqrt{3/3} - b \sqrt{2/6}}{3d} \quad (42)$$

$$T_x = \frac{P(2e\sqrt{3} - b\sqrt{2})}{18d} \quad (43)$$

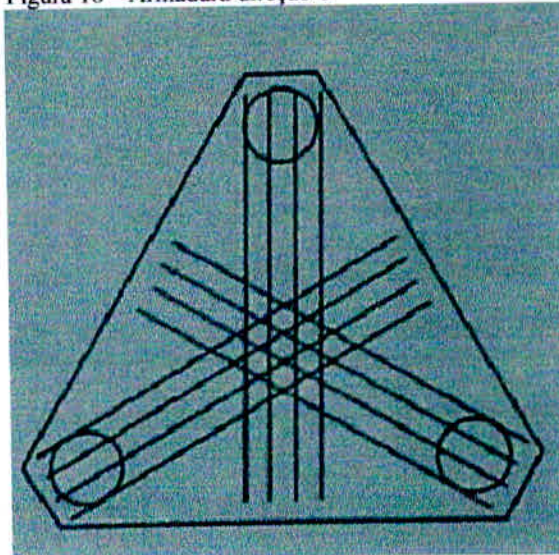
$$A_s = \frac{1,61T_x}{f_y k} \quad (44)$$

Para o dimensionamento de bloco sobre três estacas também parte pelo mesmo princípio do bloco sobre duas estacas onde  $d \geq e/2$ .

A armadura pode ser disposta em duas direções, T como mostra a figura 16 ou na direção que une as estacas figura 17, neste último caso, a força para cálculo da armadura será:

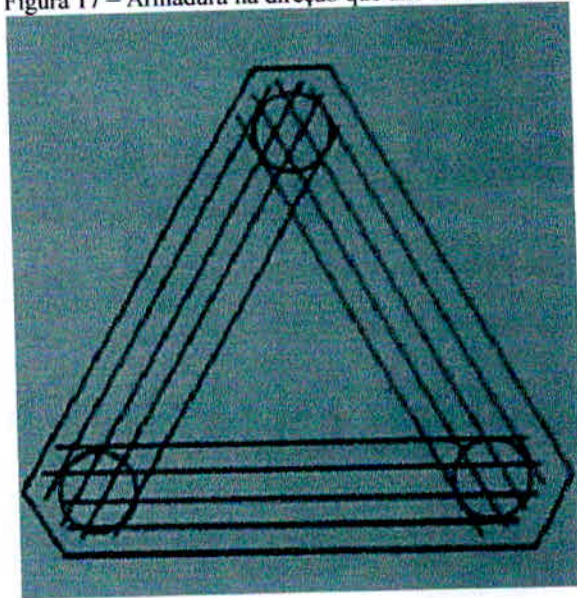
$$T' = \frac{T\sqrt{3}}{3} \quad (45)$$

Figura 16 – Armadura direção T



Fonte – Alonso-exercícios de fundação

Figura 17 – Armadura na direção que une as estacas



Fonte – Alonso exercícios de fundação

### 7.1.3 Dimensionamento de bloco sobre quatro estacas

Para efeitos de cálculo o dimensionamento da armadura será em malhas como mostra a figura 18, o bloco sobre quatro estacas parte-se de uma relação:

$$d \geq \frac{e\sqrt{2}}{2} \quad (46)$$

A disposição da armadura por ser em malhas, o esquema de forças é igual ao bloco sobre duas estacas que está no item 7.1.1, ou seja, a força T será dada por:

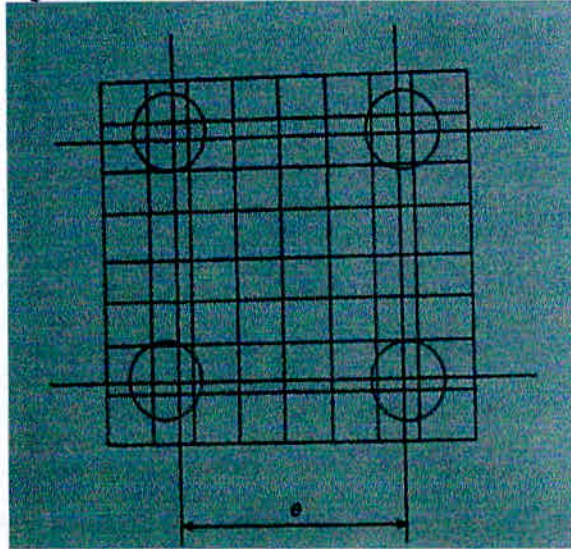
$$T = \frac{P(2e - b)}{8d} \quad (47)$$

E a armadura calculada por:

$$A_s = \frac{1,61T}{f_{yk}} \quad (48)$$



Figura 18 – Armação em malhas



Fonte –Alonso exercícios de fundação

## 7.2 Dimensionamentos numérico de blocos sobre estacas.

Como estudado no item 7.1, o dimensionamento dos blocos sobre duas, três e quatro estacas tem o mesmo princípio.

No exemplo a seguir, será calculado um bloco sobre quatro estacas referente ao pilar 2. Os parâmetros adotados são:

Estaca pré-moldada

Diâmetro estaca = 33cm

Dimensão pilar,  $b=40 \times 40$

Carga pilar = 1618,98KN

Aço CA-50

$f_{ck}$  20 MPa

$$\gamma = \gamma_f \gamma_c \cong 1,96$$

$e = 85$  cm

$d' = 10$  cm

$$d \geq \frac{0,85\sqrt{2}}{2} = 0,65m \quad (49)$$



$$\frac{\gamma V}{B_w d} = \frac{1,96 \times 809,49}{1,65 \times 0,60} = 1602,63 \text{ KPa ou } 1,602 \text{ MPa} \quad (50)$$

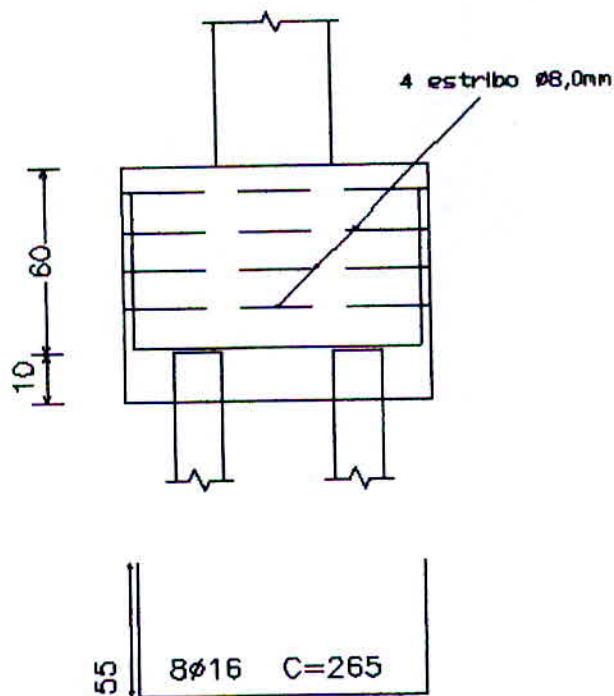
$$T = \frac{(2 * 0,85 - 0,4)}{8 * 0,60} = 438,47 \text{ KN} \quad (51)$$

$$A_s = \frac{1,61 * 404}{50} = 13,03 \text{ cm}^2 \rightarrow 8 \text{ } \emptyset 16,00 \text{ mm} \quad (52)$$

$$A_s = \frac{1}{8} * 13,03 = 1,76 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ } \emptyset 8,0 \text{ mm} \quad (53)$$

A figura 19 mostra o detalhamento da armadura do exemplo anterior.

Figura 19 - Detalhamento da armadura



Com auxílio do software Microsoft Excel foram feitas planilhas para o dimensionamento de todos os blocos sobre estacas.

Para melhor entendimento da planilha, foram considerados alguns parâmetros.

- Aço CA-50

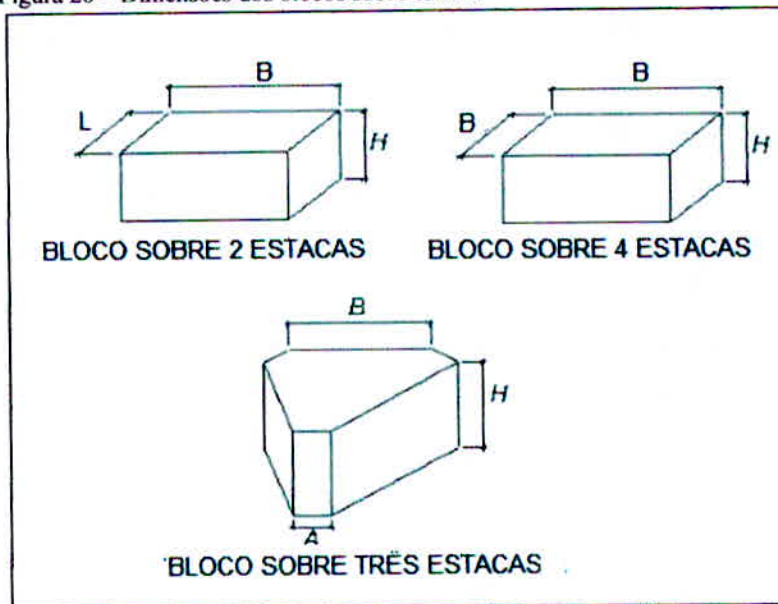
-  $f_{ck}$  20 MPa

-  $d' = 10$  cm

- As barras da armadura para bloco sobre três estacas estão posicionadas de acordo com a figura 17 do item 7.1.2

- A figura 20 mostra de forma esquematizada as dimensões dos blocos sobre 2, 3 e 4 estacas.

Figura 20 – Dimensões dos blocos sobre estacas



Fonte: Autor

O dimensionamento dos blocos sobre as estacas pré-moldadas estão mostrada nas tabelas 16, 17 e 18 para os blocos sobre duas estacas, três estacas e quatro estacas, respectivamente.



Tabela 16 – Dimensionamento dos blocos sobre 2 estacas

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | Y    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P1    | 0,4            | 0,33         | 1022,54          | 0,85  | 1,96 | 511,27 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P7    | 0,4            | 0,33         | 1022,54          | 0,85  | 1,96 | 511,27 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P23   | 0,4            | 0,33         | 1017,24          | 0,85  | 1,96 | 508,62 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P28   | 0,4            | 0,33         | 941,83           | 0,85  | 1,96 | 470,92 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |

| Pilar | yv/bw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) |          | As' (cm <sup>2</sup> ) |           | Dimensão (m) |      |
|-------|---------------|---------|-----------------------|----------|------------------------|-----------|--------------|------|
|       |               |         |                       |          |                        |           |              |      |
| P1    | 2863,11       | 332,33  | 10,70                 | → 5Ø16mm | 1,34                   | → 4Ø6,3mm | H            | 0,6  |
| P7    | 2863,11       | 332,33  | 10,70                 | → 5Ø16mm | 1,34                   | → 4Ø6,3mm | B            | 0,65 |
| P23   | 2848,27       | 330,60  | 10,65                 | → 5Ø16mm | 1,33                   | → 4Ø6,3mm | L            | 0,6  |
| P28   | 2637,12       | 306,09  | 9,86                  | → 5Ø16mm | 1,23                   | → 4Ø6,3mm |              |      |

Fonte: Autor

Tabela 17 – Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | Y    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P3    | 0,4            | 0,33         | 1480,5           | 0,85  | 1,96 | 493,50 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P5    | 0,4            | 0,33         | 1488,4           | 0,85  | 1,96 | 496,12 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P8    | 0,4            | 0,33         | 1150,4           | 0,85  | 1,96 | 383,47 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P14   | 0,4            | 0,33         | 1186,7           | 0,85  | 1,96 | 395,57 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P15   | 0,4            | 0,33         | 1224,5           | 0,85  | 1,96 | 408,15 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P17   | 0,4            | 0,33         | 1511,1           | 0,85  | 1,96 | 503,70 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P20   | 0,4            | 0,33         | 1349,5           | 0,85  | 1,96 | 449,77 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P21   | 0,4            | 0,33         | 1462,5           | 0,85  | 1,96 | 487,49 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P22   | 0,4            | 0,33         | 1052,1           | 0,85  | 1,96 | 350,88 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P25   | 0,4            | 0,33         | 1535,5           | 0,85  | 1,96 | 511,84 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P26   | 0,4            | 0,33         | 1419,8           | 0,85  | 1,96 | 473,27 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P27   | 0,4            | 0,33         | 1325,6           | 0,85  | 1,96 | 441,85 | 0,66   | 0,45      | 0,5       | 0,6   |

| Pilar | yv/bw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) | As' (cm <sup>2</sup> ) | tx' (KN) | As' (cm <sup>2</sup> ) | As'        |      |           |
|-------|---------------|---------|-----------------------|------------------------|----------|------------------------|------------|------|-----------|
| P3    | 2931,1        | 391,32  | 12,600                | 1,58                   | 225,93   | 7,275                  | → 6Ø12,5mm | 0,91 | → 3Ø6,3mm |
| P5    | 2946,83       | 393,39  | 12,687                | 1,58                   | 227,12   | 7,315                  | → 6Ø12,5mm | 0,91 | → 3Ø6,3mm |
| P8    | 2277,60       | 304,07  | 9,791                 | 1,22                   | 175,53   | 5,653                  | → 5Ø12,5mm | 0,71 | → 2Ø6,3mm |
| P14   | 2349,4        | 313,66  | 10,100                | 1,26                   | 181,09   | 5,831                  | → 5Ø12,5mm | 0,73 | → 2Ø6,3mm |
| P15   | 2424,16       | 323,64  | 10,421                | 1,30                   | 186,85   | 6,017                  | → 5Ø12,5mm | 0,75 | → 2Ø6,3mm |
| P17   | 2991,67273    | 399,4   | 12,861                | 1,61                   | 230,59   | 7,425                  | → 6Ø12,5mm | 0,93 | → 3Ø6,3mm |
| P20   | 2671,34       | 356,64  | 11,484                | 1,44                   | 205,9    | 6,630                  | → 5Ø12,5mm | 0,83 | → 3Ø6,3mm |
| P21   | 2895,38       | 386,54  | 12,447                | 1,56                   | 223,17   | 7,186                  | → 6Ø12,5mm | 0,90 | → 3Ø6,3mm |
| P22   | 2082,84646    | 278,07  | 8,954                 | 1,12                   | 160,54   | 5,169                  | → 4Ø12,5mm | 0,65 | → 2Ø6,3mm |
| P25   | 3040,02       | 405,86  | 13,069                | 1,63                   | 234,32   | 7,545                  | → 6Ø12,5mm | 0,94 | → 3Ø6,3mm |
| P26   | 2810,94       | 375,27  | 12,084                | 1,51                   | 218,66   | 6,977                  | → 6Ø12,5mm | 0,87 | → 3Ø6,3mm |
| P27   | 2624,34       | 350,36  | 11,282                | 1,41                   | 202,28   | 6,513                  | → 5Ø12,5mm | 0,81 | → 3Ø6,3mm |



| Dimensão (m) |      |
|--------------|------|
| B            | 1,15 |
| A            | 0,35 |
| H            | 0,60 |

Fonte: Autor

Tabela 18 – Dimensionamento dos blocos sobre 4 estacas

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | γ    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P2    | 0,4            | 0,33         | 1618,98          | 0,85  | 1,96 | 809,49 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P4    | 0,4            | 0,33         | 1548,76          | 0,85  | 1,96 | 774,38 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P6    | 0,4            | 0,33         | 1623,78          | 0,85  | 1,96 | 811,89 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P9    | 0,4            | 0,33         | 1741,95          | 0,85  | 1,96 | 870,98 | 1,65   | 0,60      | 0,6       | 0,70  |
| P10   | 0,4            | 0,33         | 1849,53          | 0,85  | 1,96 | 924,77 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P11   | 0,4            | 0,33         | 1973,88          | 0,85  | 1,96 | 986,94 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P12   | 0,4            | 0,33         | 1926,02          | 0,85  | 1,96 | 963,01 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P13   | 0,4            | 0,33         | 1710,47          | 0,85  | 1,96 | 855,24 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P16   | 0,4            | 0,33         | 1840,12          | 0,85  | 1,96 | 920,06 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P18   | 0,4            | 0,33         | 1961,23          | 0,85  | 1,96 | 980,62 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P19   | 0,4            | 0,33         | 1938,38          | 0,85  | 1,96 | 969,19 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P24   | 0,4            | 0,33         | 1560,04          | 0,85  | 1,96 | 780,02 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P29   | 0,4            | 0,33         | 1715,87          | 0,85  | 1,96 | 857,94 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |
| P30   | 0,4            | 0,33         | 1704,1           | 0,85  | 1,96 | 852,05 | 1,65   | 0,60      | 0,60      | 0,70  |

| Pilar | yv/lw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) |              | As' (cm <sup>2</sup> ) |          | Dimensão (m) |      |
|-------|---------------|---------|-----------------------|--------------|------------------------|----------|--------------|------|
| P2    | 1602,63       | 438,47  | 14,12                 | →8Ø16,00mm   | 1,76                   | 4Ø8,0mm  | B            | 2    |
| P4    | 1533,12       | 419,46  | 13,51                 | →8Ø16,00mm   | 1,69                   | 4Ø8,0mm  | B            | 2    |
| P6    | 1607,38       | 439,77  | 14,16                 | →8Ø16,00mm   | 1,77                   | 4Ø8,0mm  | H            | 0,75 |
| P9    | 1724,35       | 471,78  | 15,19                 | →9Ø16,00mm   | 1,90                   | 3Ø10,0mm |              |      |
| P10   | 1830,85       | 500,91  | 16,13                 | →10Ø 16,00mm | 2,02                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P11   | 1953,94       | 534,59  | 17,21                 | →10Ø 16,00mm | 2,15                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P12   | 1906,57       | 521,63  | 16,80                 | →10Ø 16,00mm | 2,10                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P13   | 1693,19       | 463,25  | 14,92                 | →9Ø 16,00mm  | 1,86                   | 3Ø10,0mm |              |      |
| P16   | 1821,53       | 498,37  | 16,05                 | →10Ø 16,00mm | 2,01                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P18   | 1941,42       | 531,17  | 17,10                 | →10Ø 16,00mm | 2,14                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P19   | 1918,80       | 524,98  | 16,90                 | →10Ø 16,00mm | 2,11                   | 5Ø8,0mm  |              |      |
| P24   | 1544,28       | 422,51  | 13,60                 | →8Ø16,00mm   | 1,70                   | 4Ø8,0mm  |              |      |
| P29   | 1698,54       | 464,71  | 14,96                 | →9Ø16,00mm   | 1,87                   | 3Ø10,0mm |              |      |
| P30   | 1686,89       | 461,53  | 14,86                 | →9Ø16,00mm   | 1,86                   | 3Ø10,0mm |              |      |

Fonte: Autor



O dimensionamento dos blocos sobre as estacas hélice continua estão apresentadas nas tabelas 19,20 e 21

Tabela 19 - Dimensionamento dos blocos sobre 2 estacas com diâmetro de 35cm

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | γ    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P1    | 0,4            | 0,35         | 1022,54          | 1,05  | 1,96 | 511,27 | 0,7    | 0,55      | 0,55      | 0,65  |
| P7    | 0,4            | 0,35         | 1022,54          | 1,05  | 1,96 | 511,27 | 0,7    | 0,55      | 0,55      | 0,65  |
| P22   | 0,4            | 0,35         | 1052,05          | 1,05  | 1,96 | 526,03 | 0,7    | 0,55      | 0,55      | 0,65  |
| P23   | 0,4            | 0,35         | 1017,24          | 1,05  | 1,96 | 508,62 | 0,7    | 0,55      | 0,55      | 0,65  |
| P28   | 0,4            | 0,35         | 941,83           | 1,05  | 1,96 | 470,92 | 0,7    | 0,55      | 0,55      | 0,65  |

| Pilar | yv/bw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) |        | As' (cm <sup>2</sup> ) |         | Dimensão (m) |      |
|-------|---------------|---------|-----------------------|--------|------------------------|---------|--------------|------|
| P1    | 2602,83       | 395,07  | 0,60                  | 5Ø16mm | 0,08                   | 4Ø6,3mm | B            | 1,75 |
| P7    | 2602,83       | 395,07  | 0,60                  | 5Ø16mm | 0,08                   | 4Ø6,3mm | L            | 0,7  |
| P22   | 2677,95       | 406,47  | 0,62                  | 5Ø16mm | 0,08                   | 4Ø6,3mm | H            | 0,65 |
| P23   | 2589,34       | 393,02  | 0,60                  | 5Ø16mm | 0,08                   | 4Ø6,3mm |              |      |
| P28   | 2397,39       | 363,89  | 0,56                  | 5Ø16mm | 0,07                   | 4Ø6,3mm |              |      |

Fonte: Autor

Tabela 20 - Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas com diâmetro de 35cm

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | γ    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P2    | 0,4            | 0,35         | 1619,53          | 0,9   | 1,96 | 539,84 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P3    | 0,4            | 0,35         | 1481,02          | 0,9   | 1,96 | 493,67 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P4    | 0,4            | 0,35         | 1549,29          | 0,9   | 1,96 | 516,43 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P5    | 0,4            | 0,35         | 1488,86          | 0,9   | 1,96 | 496,29 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P6    | 0,4            | 0,35         | 1624,34          | 0,9   | 1,96 | 541,45 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P8    | 0,4            | 0,35         | 1150,81          | 0,9   | 1,96 | 383,60 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P14   | 0,4            | 0,35         | 1187,11          | 0,9   | 1,96 | 395,70 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P15   | 0,4            | 0,35         | 1224,88          | 0,9   | 1,96 | 408,29 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P17   | 0,4            | 0,35         | 1511,62          | 0,9   | 1,96 | 503,87 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P20   | 0,4            | 0,35         | 1340,76          | 0,9   | 1,96 | 449,92 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P21   | 0,4            | 0,35         | 1462,97          | 0,9   | 1,96 | 487,66 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P24   | 0,4            | 0,35         | 1560,57          | 0,9   | 1,96 | 520,19 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P25   | 0,4            | 0,35         | 1536,05          | 0,9   | 1,96 | 512,02 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P26   | 0,4            | 0,35         | 1420,29          | 0,9   | 1,96 | 473,43 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |
| P27   | 0,4            | 0,35         | 1326,02          | 0,9   | 1,96 | 442,01 | 0,7    | 0,45      | 0,5       | 0,6   |

| Pilar | γv/bw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) | As' (cm <sup>2</sup> ) | tx' (KN) | As' (cm <sup>2</sup> ) | As'                   |
|-------|---------------|---------|-----------------------|------------------------|----------|------------------------|-----------------------|
| P2    | 3023,13       | 459,23  | 14,79                 | 1,85                   | 265,14   | 8,54                   | 6Ø12,5mm 1,07 3Ø6,3mm |
| P3    | 2764,56       | 419,95  | 13,52                 | 1,69                   | 242,46   | 7,81                   | 6Ø12,5mm 0,98 3Ø6,3mm |
| P4    | 2892,01       | 439,31  | 14,15                 | 1,77                   | 253,64   | 8,17                   | 6Ø12,5mm 1,02 3Ø6,3mm |
| P5    | 2779,21       | 422,18  | 13,59                 | 1,70                   | 243,74   | 7,85                   | 6Ø12,5mm 0,98 3Ø6,3mm |
| P6    | 3032,10       | 460,59  | 14,83                 | 1,85                   | 265,92   | 8,56                   | 6Ø12,5mm 1,07 3Ø6,3mm |
| P8    | 2148,18       | 326,52  | 10,51                 | 1,31                   | 188,40   | 6,07                   | 6Ø12,5mm 0,76 3Ø6,3mm |
| P14   | 2215,94       | 336,61  | 10,84                 | 1,35                   | 194,34   | 6,26                   | 6Ø12,5mm 0,78 3Ø6,3mm |
| P15   | 2286,44       | 347,32  | 11,18                 | 1,40                   | 200,53   | 6,46                   | 6Ø12,5mm 0,81 3Ø6,3mm |
| P17   | 2821,70       | 428,63  | 13,80                 | 1,73                   | 247,47   | 7,97                   | 6Ø12,5mm 1,00 3Ø6,3mm |
| P20   | 2519,55       | 382,73  | 12,32                 | 1,54                   | 220,97   | 7,12                   | 6Ø12,5mm 0,89 3Ø6,3mm |
| P21   | 2730,87       | 414,83  | 13,36                 | 1,67                   | 239,50   | 7,71                   | 6Ø12,5mm 0,96 3Ø6,3mm |
| P24   | 2913,07       | 442,51  | 14,25                 | 1,78                   | 255,48   | 8,23                   | 6Ø12,5mm 1,03 3Ø6,3mm |
| P25   | 2867,29       | 435,56  | 14,02                 | 1,75                   | 251,47   | 8,10                   | 6Ø12,5mm 1,01 3Ø6,3mm |
| P26   | 2651,21       | 402,73  | 12,97                 | 1,62                   | 232,52   | 7,49                   | 6Ø12,5mm 0,94 3Ø6,3mm |
| P27   | 2475,23       | 376,00  | 12,11                 | 1,51                   | 217,08   | 6,99                   | 6Ø12,5mm 0,87 3Ø6,3mm |

| Dimensões (m) |      |
|---------------|------|
| B             | 1,25 |
| A             | 0,35 |
| H             | 0,6  |

Fonte: Autor



Tabela 21 - Dimensionamento dos blocos sobre 3 estacas com diâmetro de 40cm

| Pilar | Dim. Pilar (m) | Ø estaca (m) | Carga pilar (KN) | e (m) | γ    | V (KN) | Bw (m) | defet (m) | dadot (m) | h (m) |
|-------|----------------|--------------|------------------|-------|------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| P9    | 0,4            | 0,4          | 1742,55          | 1     | 1,96 | 580,85 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P10   | 0,4            | 0,4          | 1850,17          | 1     | 1,96 | 616,72 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P11   | 0,4            | 0,4          | 1974,56          | 1     | 1,96 | 658,19 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P12   | 0,4            | 0,4          | 1926,68          | 1     | 1,96 | 642,23 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P13   | 0,4            | 0,4          | 1711,06          | 1     | 1,96 | 570,35 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P16   | 0,4            | 0,4          | 1480,75          | 1     | 1,96 | 493,58 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P18   | 0,4            | 0,4          | 1961,90          | 1     | 1,96 | 653,97 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P19   | 0,4            | 0,4          | 1939,04          | 1     | 1,96 | 646,35 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P29   | 0,4            | 0,4          | 1717,46          | 1     | 1,96 | 572,49 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |
| P30   | 0,4            | 0,4          | 1704,68          | 1     | 1,96 | 568,23 | 0,8    | 0,5       | 0,5       | 0,6   |

| Pilar | yv/bw.d (Kpa) | tx (KN) | As (cm <sup>2</sup> ) | As' (cm <sup>2</sup> ) | tx' (KN) | As' (cm <sup>2</sup> ) | As'      |
|-------|---------------|---------|-----------------------|------------------------|----------|------------------------|----------|
| P9    | 2846,17       | 561,18  | 18,07                 | 2,26                   | 324,00   | 10,43                  | 6Ø12,5mm |
| P10   | 3021,94       | 595,84  | 19,19                 | 2,40                   | 344,01   | 11,08                  | 6Ø12,5mm |
| P11   | 3225,11       | 635,90  | 20,48                 | 2,56                   | 367,14   | 11,82                  | 6Ø12,5mm |
| P12   | 3146,91       | 620,48  | 19,98                 | 2,50                   | 358,23   | 11,54                  | 6Ø12,5mm |
| P13   | 2794,73       | 551,04  | 17,74                 | 2,22                   | 318,14   | 10,24                  | 6Ø12,5mm |
| P16   | 2418,56       | 476,87  | 15,36                 | 1,92                   | 275,32   | 8,87                   | 6Ø12,5mm |
| P18   | 3204,44       | 631,82  | 20,34                 | 2,54                   | 364,78   | 11,75                  | 6Ø12,5mm |
| P19   | 3167,10       | 624,46  | 20,11                 | 2,51                   | 360,53   | 11,61                  | 6Ø12,5mm |
| P29   | 2805,18       | 553,10  | 17,81                 | 2,23                   | 319,33   | 10,28                  | 6Ø12,5mm |
| P30   | 2784,31       | 548,99  | 17,68                 | 2,21                   | 316,96   | 10,21                  | 6Ø12,5mm |

| Dimensão (m) |      |
|--------------|------|
| B            | 1,60 |
| A            | 0,40 |
| H            | 0,75 |

Fonte: Autor

### 7.3 Quantitativos de materias para bloco de coroamento

Com auxilio da tabela de composições preços para orçamento (TCPO) e com pesquisas no mercado na cidade de Pouso alegre, foi feita a composição dos preços unitários (CPU), para o quantitativo de materiais para o bloco (aço, concreto e fôrma).

No APÊNDICE A estão apresentadas as composições de preços unitários da armadura, concreto usinado e da fôrma.



### 7.3.1 Quantitativo de materias para blocos de coroamento - estaca pré-moldada

#### 7.3.1.1 Aço

Na tabela 22 estão representados os quantitativos de aço dos blocos para estaca pré-moldada. A taxa de armadura igual  $80\text{kg/m}^3$

Tabela 22 – quantitativo de aço

| <b>Preço por kg - Aço CA-50</b>                      |                     |                        |                   |
|--|---------------------|------------------------|-------------------|
| <b>Quantitativo de Aço para Blocos de coroamento</b> |                     |                        |                   |
| <b>Estaca</b>  | <b>Nº de blocos</b> | <b>Quantidade (kg)</b> | <b>TOTAL (kg)</b> |
| Bloco sobre 2 estacas                                | 4                   | 52                     | 208               |
| Bloco sobre 3 estacas                                | 12                  | 40                     | 480               |
| Bloco sobre 4 estacas                                | 14                  | 153                    | 2142              |
|  |                     | Total                  | 2830              |

#### 7.3.1.2 Volume de Concreto

Para estaca pré-moldada A tabela 23 apresenta o volume de concreto para execução dos blocos, lembrando que os blocos têm as mesmas dimensões de acordo com o número de estaca.

Tabela 23 – quantitativo de concreto

| <b>Quantitativo de concreto para blocos de coroamento</b> |                     |   |   |
|---|---------------------|---|---|
|   | <b>Nº de blocos</b> | <b>Volume de concreto por bloco (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volume de concreto (m<sup>3</sup>)</b> |
| <b>Blocos sobre 2 estacas</b>                             | 4                   | 0,65  | 2,60                                      |
| <b>Blocos sobre 3 estacas</b>                             | 12                  | 0,5   | 6,00                                      |
| <b>Blocos sobre 4 estacas</b>                             | 14                  | 1,95  | 27,30                                     |
|   |                     |   | 35,90                                     |

### 7.3.1.3 Fôrmas

Para as fôrmas não foi considerado o reaproveitamento.

Os quantitativos de fôrma e o preço total para estaca pré-moldada e hélice continua está apresentado na tabela 24

Tabela 24 – quantitativo de fôrma

| <b>Preço por m<sup>2</sup> - Fôrma</b>                 |                     |                                   |                              |
|--|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| <b>Quantitativo de fôrma para Blocos de coroamento</b> |                     |                                   |                              |
| <b>Estaca</b>  | <b>N° de blocos</b> | <b>Quantidade (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Total (m<sup>2</sup>)</b> |
| Blocos sobre 2 estacas                                 | 4                   | 2,8                               | 11,2                         |
| Blocos sobre 3 estacas                                 | 12                  | 2,45                              | 29,4                         |
| Blocos sobre 4 estacas                                 | 14                  | 4,65                              | 65,1                         |
|  |                     | Total                             | 106                          |

### 7.3.2 Quantitativos de materias para blocos de coroamento – hélice continua (projeto 01).

O quantitativo de custo para estaca hélice continua que foi fornecida pela empresa executora (Anexo B), foi adotado apenas bloco sobre quatro estacas.

#### 7.3.2.1 Aço

O projeto não forneceu o quantitativo de aço, foi adotado uma taxa de armadura de 80kg/m<sup>3</sup>, todos os blocos são da mesma dimensão. A tabela 25 mostra o quantitativo de aço.

Tabela 25 – quantitativo de aço

| <b>Aço CA-50</b>                                     |                     |                            |                   |
|--|---------------------|----------------------------|-------------------|
| <b>Quantitativo de Aço para Blocos de coroamento</b> |                     |                            |                   |
|  | <b>N° de blocos</b> | <b>Quantidade kg/bloco</b> | <b>TOTAL (kg)</b> |
| Bloco sobre 4 estacas                                | 30                  | 152,46                     | 4573,8            |
|  |                     | Total                      | 4573,8            |

### 7.3.2.2 Volume de Concreto

O volume total de concreto é de 102m<sup>3</sup> de acordo com o projeto no Anexo A

### 7.3.2.3 Fôrmas

Para as fôrmas não foi considerado o reaproveitamento.

A tabela 26 mostra o quantitativo de fôrma para blocos de coroamento

Tabela 26 – quantitativo de fôrma

| <b>Quantitativo de Fôrma para Blocos de coroamento</b> |          |          |          |   |                   |                              |
|--|----------|----------|----------|---|-------------------|------------------------------|
|  | <b>B</b> | <b>L</b> | <b>H</b> | <b>Qntd<br/>fôrma/bloco<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Qntd Bloco</b> | <b>Total (m<sup>2</sup>)</b> |
| Bloco sobre<br>4 estacas                               | 2        | 2        | 0,75     | 6   | 30                | 180                          |

### 7.3.3 Quantitativo de materias para blocos de coroamento – hélice continua (projeto 03)

#### 7.3.3.1 Aço

Na tabela 27 estão apresentados os quantitativos de aço dos blocos para estaca hélice continua.

Tabela 27 – quantitativo de aço

| <b>Preço por kg - Aço CA-50</b>                      |                     |                            |                       |
|--|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Quantitativo de Aço para Blocos de coroamento</b> |                     |                            |                       |
|  | <b>Nº de blocos</b> | <b>Quantidade<br/>(kg)</b> | <b>TOTAL<br/>(kg)</b> |
| Bloco sobre<br>2 estacas                             | 5                   | 64                         | 320                   |
| Bloco sobre<br>3 estacas<br>(35cm)                   | 15                  | 92                         | 1380                  |
| Bloco sobre<br>3 estacas<br>(40cm)                   | 10                  | 104                        | 1040                  |
|  |                     | <b>Total</b>               | <b>2740</b>           |



### 7.3.3.2 Volume de Concreto

Para estaca hélice contínua, a tabela 28 apresenta o volume de concreto para execução dos blocos, lembrando que os blocos têm as mesmas dimensões de acordo com o número de estaca.

Tabela 28 – quantitativo de concreto

| <b>Quantitativo de concreto para blocos de coroamento</b> |                     |  |                                |
|---|---------------------|--|--------------------------------|
|   | <b>Nº de blocos</b> | <b>Volume de concreto por bloco (m³)</b> | <b>Volume de concreto (m³)</b> |
| Blocos sobre 2 estacas                                    | 5                   | 0,8                                      | 4,00                           |
| Blocos sobre 3 estacas (35cm)                             | 15                  | 1,15                                     | 17,25                          |
| Blocos sobre 3 estacas (40cm)                             | 10                  | 1,3                                      | 13,00                          |
| Total   |                     |  | 34,25                          |

### 7.3.3.3 Fôrmas

Para as fôrmas não foi considerado o reaproveitamento.

Os quantitativos de fôrma para estaca hélice contínua está apresentado na tabela 29.

Tabela 29 – quantitativo de fôrma

| <b>Preço por m² - Fôrma</b>                            |                     |                        |                   |
|--|---------------------|------------------------|-------------------|
| <b>Quantitativo de fôrma para Blocos de coroamento</b> |                     |                        |                   |
| <b>Estaca</b>  | <b>Nº de blocos</b> | <b>Quantidade (m²)</b> | <b>Total (m²)</b> |
| Blocos sobre 2 estacas                                 | 5                   | 3,2                    | 16                |
| Blocos sobre 3 estacas (35cm)                          | 15                  | 2,88                   | 43,2              |
| Blocos sobre 3 estacas (40cm)                          | 10                  | 4,2                    | 42                |
| Total  |                     |                        | 101               |

## 8.CUSTOS ENVOLVIDOS

Para a contratação de empresas executoras foram feitos orçamentos em no mínimo duas empresas para cada área pesquisada, sendo assim, adotando sempre a de melhor custo benefício.

Todos os valores apresentados são para o mês de novembro de 2014.

### 8.1 Custo da fundação – Estaca pré-moldada

Para o estaqueamento obteve dificuldades para a contratação de empresas apenas de Pouso Alegre/MG, com isso o fornecimento das estacas pré-moldadas é da cidade de Belo Horizonte/MG.

A empresa contratada para o fornecimento das estacas pré-moldadas de concreto foi a INCOPRE pré-fabricados de concreto, localizada na cidade de Belo Horizonte/MG com Fábricas em Pedro Leopoldo/MG, Espírito Santo/ES e Rio de Janeiro/RJ .

Para a cravação das estacas a empresa contratada foi a Alencar sondagens e fundações, localizada na cidade de Pouso Alegre/MG.

#### 8.1.1 Estimativa de custo

Na tabela 30, estão abordando o preço por metro do estaqueamento, sendo que deve mencionar algumas considerações:

- As estacas possui comprimento de 5m,6m,7m,8m e 9m, sendo assim, nesse projeto teve que fazer uma emenda em cada estaca.

- O custo de transporte das estacas já está incluído no preço da estaca por metro.

Tabela 30 – Preço por metro da estaca pré-moldada

| Estaca pré-moldada |           |           |            |         |        |
|--------------------|-----------|-----------|------------|---------|--------|
| $\varnothing$ (cm) | Estaca/m  | emenda/un | Cravação/m | Total/m |        |
| 33                 | R\$ 94,60 | R\$ 30,00 | R\$ 30,00  | R\$     | 154,60 |

De acordo com a tabela 30 que representa o preço por metro do estaqueamento, e com alguns parâmetros a seguir, podemos então apresentar na tabela 31 o custo total do estaqueamento.

- Quantidade de estaca do projeto: 100 estacas
- Comprimento total das estacas: 1500 metros
- A taxa de mobilização do bate estaca na obra é de R\$300,00

Tabela 31 – Custo total do estaqueamento da estaca pré-moldada

| <b>Estaca Pré-Moldada</b> |               |                 |                                   |                |
|---------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>estacas</b>            | <b>emenda</b> | <b>Cravação</b> | <b>mobilização do bate-estaca</b> | <b>Total</b>   |
| R\$ 141.900,00            | R\$ 3.000,00  | R\$ 52.500,00   | R\$ 300,00                        | R\$ 197.700,00 |

## 8.2 Custo da fundação – Estaca Hélice continua

O projeto de estaca hélice continua já está todo dimensionado de acordo com o ANEXO B.

O orçamento dos materiais para estaqueamento foi todo orçado na cidade de Pouso Alegre/MG

### 8.2.1 Aço

O fornecimento do material para armação foi da empresa Pouso Aço.

Para execução das armaduras, foi feita composição de preços unitários (APÊNDICE A) de acordo com a tabela de composição de preços para orçamento (TCPO).

Algumas considerações sobre as armaduras da estaca hélice continua são:

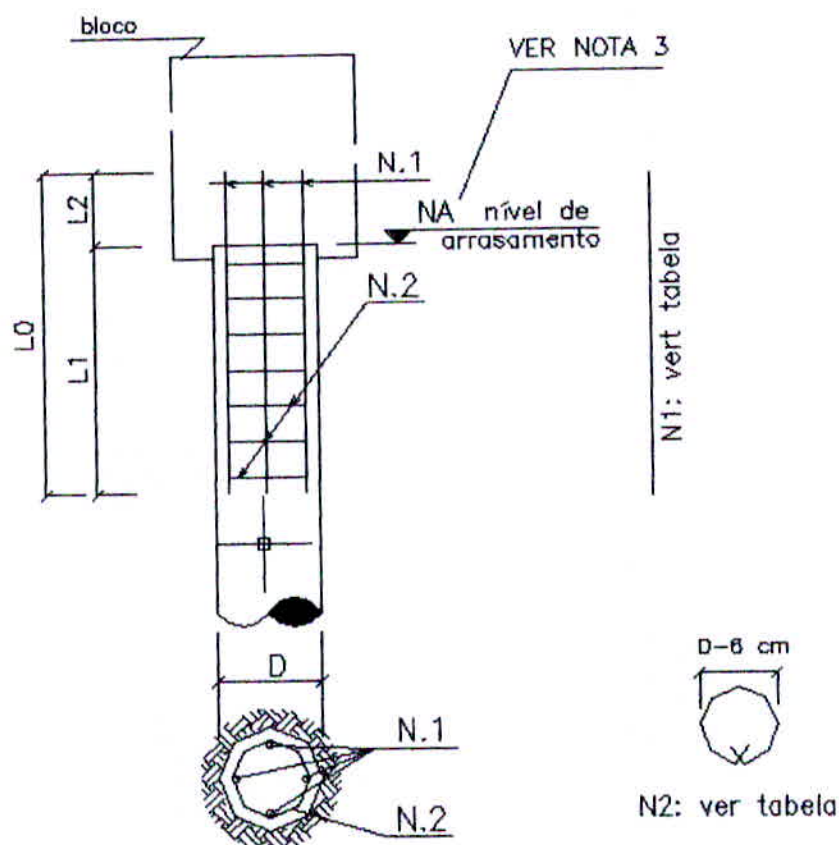
-As estacas do projeto estudado estão submetidas apenas a esforços de compressão;

- Aço adotado é o CA-50,  $f_{yk} \geq 500MPa$ .



A figura 21, mostra o posicionamento das armaduras na estaca de hélice continua.

Figura 21 – Armação das estacas



A tabela 32 mostra a tabela de armação de acordo com a figura 20

Tabela 32 – tabela de armação

| D     | L0    | L1    | L2    | N1                 | N2                     |
|-------|-------|-------|-------|--------------------|------------------------|
| 35 cm | 600cm | 550cm | 50 cm | 4Ø 12,5mm, c=600cm | 4Ø 6,3mm, c/15 c=110cm |
| 40cm  | 600cm | 550cm | 50 cm | 4Ø 12,5mm, c=600cm | 4Ø 6,3mm, c/15 c=120cm |

A tabela 33 apresenta o resumo de aço da estaca hélice continua de acordo com a empresa executora do dimensionamento.

Tabela 33 - Resumo de aço

| Diâmetro (mm) | FYK(CA-50) | Peso (kg) |
|---------------|------------|-----------|
| 6,3           | 500 Mpa    | 1.375     |
| 12,5          | 500 MPa    | 2.874     |
| Total         |            | 4.249     |

### 8.2.2 Concreto usinado

Para o fornecimento do concreto usinado foi contratada a empresa Polimix concreto.

O concreto bombeado utilizado para a estaca hélice deve possuir:

- resistência característica de concreto  $f_{ck} = 20\text{Mpa}$ ;
- consumo de cimento não inferior a  $400\text{kg/m}^3$
- o abatimento do "slump-test" de  $220\text{mm} \pm 30\text{mm}$ .

### Escavação

Para execução de escavação da estaca hélice contínua, foi contratada a empresa Habsondas - sondagens e fundações.

### 8.2.3 Estimativa de custo

A tabela 34 está apresentada o preço por metro do estaqueamento, onde foi feita uma consideração quanto à armadura.

- Como a armação não ocupa o comprimento da estaca inteira, foi feito uma média para que pudéssemos chegar a um valor de aço por metro. O resultado dessa média para esse projeto foi de  $2,06\text{kg/m}$ .

Tabela 34 – Preço por metro do estaqueamento

| Estaca Hélice contínua |                 |   |            |           |
|------------------------|-----------------|---|------------|-----------|
| $\varnothing$ (cm)     | Armadura (kg/m) | Volume concreto ( $\text{m}^3/\text{m}$ ) | Cravação/m | Total     |
| 35                     | R\$ 15,99       | R\$ 25,49                                 | R\$ 35,00  | R\$ 76,48 |
| 40                     | R\$ 15,99       | R\$ 33,28                                 | R\$ 35,00  | R\$ 84,27 |

A tabela 35 está o preço total do estaqueamento do projeto (01), e a tabela 36 está o preço total do estaqueamento do projeto (02).

Como os dois projetos são de estaca hélice contínua deve mencionar algumas considerações.

-A área da seção de 35 cm é de  $0,0962\text{m}^2$  e de 40cm é de  $0,1256\text{m}^2$ .

-A taxa de mobilização do equipamento de cravação é de R\$400,00

-Taxa mobilização do caminhão bomba

- Para este tipo de fundação é preciso uma retro-escavadeira para a retirada do solo removido. O preço por hora do equipamento é de R\$100,00, de acordo com a empresa habsondas o período para o estaqueamento para toda fundação é de até 15 dias úteis a retroescavadeira é utilizada meio período de cada estaqueamento, ou seja, o preço total do equipamento é de R\$6.000,00.

-A viagem do caminhão basculante custa R\$16,60 o m<sup>3</sup>, como será retirado cerca de 218m<sup>3</sup>de solo. O preço total é de R\$3633,33, para estaca hélice continua do (projeto 01), para o (projeto 02) foi retirado 155 m<sup>3</sup> o valor é de 2063,00.

Tabela 35 – preço total do estaqueamento (projeto 01)

| Estaca Hélice continua |                                 |               |                                   |               |                |
|------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|----------------|
| Ø (cm)                 | Taxa de mobilização equipamento | Armadura (kg) | Volume concreto (m <sup>3</sup> ) | Cravação      | Total          |
| 35                     | R\$ 10.033,00                   | R\$ 20.925,15 | R\$ 32.936,96                     | R\$ 45.815,00 | R\$ 99.677,11  |
| 40                     |                                 | R\$ 11.957,23 | R\$ 24.896,43                     | R\$ 26.180,00 | R\$ 63.033,66  |
| Σ                      |                                 |               |                                   |               | R\$ 172.743,77 |

Tabela 36 – preço total do estaqueamento (projeto 02)

| Estaca Hélice continua |                                 |               |                                   |               |                |
|------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|----------------|
| Ø (cm)                 | Taxa de mobilização equipamento | Armadura (kg) | Volume concreto (m <sup>3</sup> ) | Cravação      | Total          |
| 35                     | R\$ 8.463,00                    | R\$ 14.403,03 | R\$ 22.969,19                     | R\$ 31.535,00 | R\$ 68.907,22  |
| 40                     |                                 | R\$ 8.696,17  | R\$ 18.106,50                     | R\$ 19.040,00 | R\$ 45.842,66  |
| Σ                      |                                 |               |                                   |               | R\$ 123.212,88 |



### 8.3 Estimativas do custos dos blocos

Para estimar os custos dos blocos, foi utilizada a tabela de composição de preços para orçamento (TCPO), onde foi feito a composição de preços unitários (CPU), para fôrma, aço e concreto usinado.

Com base nas tabelas de composição de preço unitário do APÊNDICE A, e com os quantitativos do item 7.3, chega ao custo final desses elementos.

A tabela 37 mostra o custo total dos blocos para estaca pré-moldada

Tabela 37 – custo total blocos para estaca pré-moldada

| Material                   | Quantidade | Valor      | Total         |
|----------------------------|------------|------------|---------------|
| Concreto (m <sup>3</sup> ) | 35,9       | R\$ 265,00 | R\$ 9.513,50  |
| Fôrma (m <sup>2</sup> )    | 106        | R\$ 75,00  | R\$ 7.950,00  |
| Aço (kg)                   | 2830       | R\$ 6,86   | R\$ 19.413,80 |
|                            |            | Σ          | R\$ 36.877,30 |

A tabela 38 mostra o custo total dos blocos para hélice continua (projeto 02)

Tabela 38 – custo total blocos para estaca hélice continua

| Material                   | Quantidade | Valor      | Total         |
|----------------------------|------------|------------|---------------|
| Concreto (m <sup>3</sup> ) | 90         | R\$ 265,00 | R\$ 23.850,00 |
| Fôrma (m <sup>2</sup> )    | 180        | R\$ 75,00  | R\$ 13.500,00 |
| Aço (kg)                   | 4573,2     | R\$ 6,86   | R\$ 31.372,15 |
|                            |            | Σ          | R\$ 68.722,15 |

A tabela 39 mostra o custo total dos blocos para hélice continua (projeto 03)

Tabela 39 – custo total blocos para estaca hélice continua

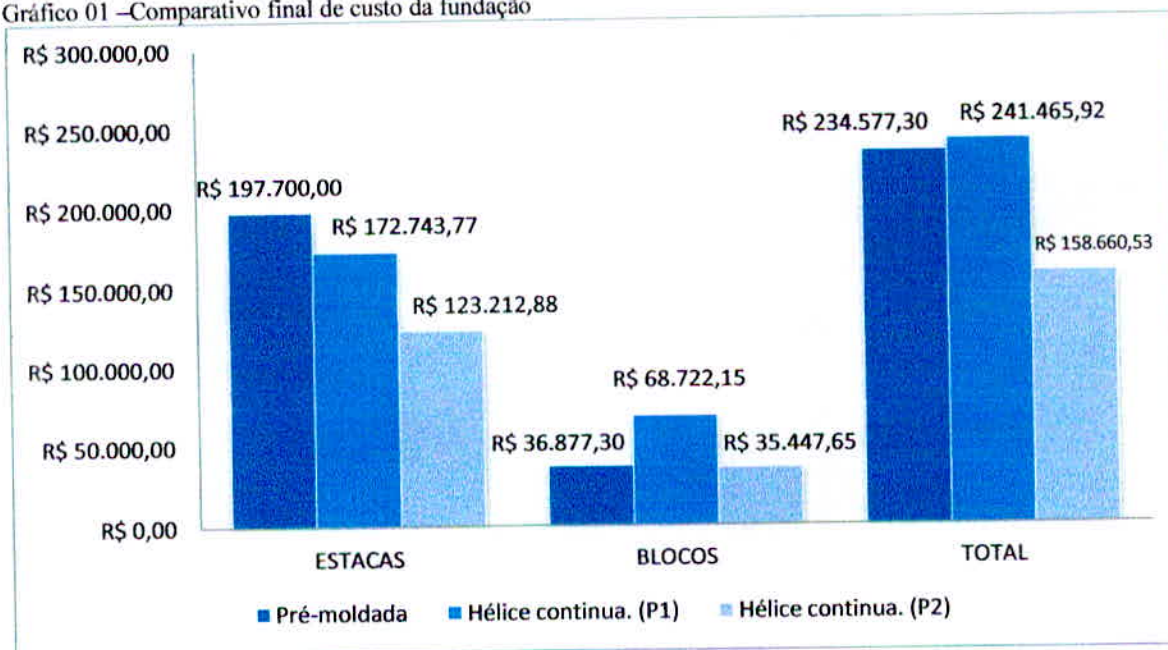
| Material                   | Quantidade | Valor      | Total         |
|----------------------------|------------|------------|---------------|
| Concreto (m <sup>3</sup> ) | 34,25      | R\$ 265,00 | R\$ 9.076,25  |
| Fôrma (m <sup>2</sup> )    | 101        | R\$ 75,00  | R\$ 7.575,00  |
| Aço (kg)                   | 2740       | R\$ 6,86   | R\$ 18.796,40 |
|                            |            | Σ          | R\$ 35.447,65 |

## 9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Fornecidos todas as estimativas de custo da fundação das estacas pré-moldada e hélice contínua, juntamente com o bloco de coroamento é obtido gráficos apresentando o custo total dos blocos e das estacas.

O gráfico 01 apresenta o custo total de fundação para todas as estacas estudadas e os blocos.

Gráfico 01 –Comparativo final de custo da fundação



Analisando os resultados da estaca no gráfico 01, podemos perceber que a estaca pré-moldada em relação à estaca Hélice contínua (P1) é 12% mais cara, a estaca pré-moldada em relação à estaca Hélice contínua (P2) é 60% mais cara e entre as estaca hélice contínua (P1) e hélice contínua (P2) é 40% mais cara.

Analisando os resultados do Bloco no gráfico 01, percebemos que a Hélice contínua (P1) em relação à pré-moldada é 88% mais cara, a pré-moldada em relação à Hélice contínua (P2) é 4% mais cara e a estaca hélice contínua (P1) em relação hélice contínua (P2) é 94% mais cara.

Analisando o resultado total onde inclui bloco e estacas, podemos observar que a estaca hélice contínua é mais viável que a pré-moldada, analisando os números temos

uma diferença enorme de custo entre a estaca pré-moldada e hélice contínua (P2) de 48% do preço total.

Podemos destacar também a grande diferença entre as duas estacas de hélice contínua onde o projeto 02 ficou aproximadamente 52% mais barata que a estaca de hélice contínua do projeto 01, isso se deve ao superdimensionamento que pode ter ocorrido no projeto 01.

É importante mencionar que as vigas de travamento dos blocos não entraram no cálculo de custo.



## 10 CONCLUSÃO

Analisando os resultados finais, obtivemos uma diferença significativa para estaca de hélice continua, um dos motivos para tal é a grande demanda deste produto, que vem crescendo cada dia mais, apesar do valor significativo vale ressaltar que as estacas hélice continua não pode ser cravada em qualquer fundação, deve se fazer uma análise do solo.

Devido a grande concorrência do mercado atual na construção civil, torna-se um fator importante a realização de um orçamento bem elaborado e quando possível tentar otimizar ao máximo o custo da obra, sempre de acordo com a segurança.

Para os dois tipos de fundação foi avaliado que as estacas pré-moldadas tem a desvantagem pois, provoca muitas vibrações, podendo danificar casas vizinhas, sendo que a hélice continua não ocorre vibrações sendo muito executada nos grandes centros urbanos.

## 11. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA NETO, J. A. de. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos**. 2002. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- ALONSO, U. R. Estacas pré-moldadas. In: HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p. p. 373-389.
- ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. Estacas tipo hélice contínua. In: HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p. p. 345-348.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2010). Projeto e execução de fundações – NBR 6122/10. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2002). Ações e segurança nas estruturas – NBR 8681/02. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). Sondagens de simples reconhecimento do solo – NBR 8464/01. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983). Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – NBR 8036/83. Rio de Janeiro.
- CARVALHO, R. C. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2009**. In: Jasson Rodrigues de Figueiredo Filho 3. Ed. – São Carlos:EdUFSCAR, 2013. 368p.
- CAVALCANTE, E.H.. Notas de aula - Fundações. Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Civil, Aracaju, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/62241543/FUNDACOES-SUPERFICIAIS-Capacidade-de-carga>>. Acesso em 01/06/2014
- CINTRA, JOSÉ CARLOS A. **Fundações por estacas: projeto geotécnico** José Carlos A. Cintra, Nelson Aoki. São Paulo: Oficina de texto, 2010. 96p.
- COSTA, F. **Estacas para Fundações**. Ed. Ca Horácio Lane. 1956. 223p

DÉCOURT, L. Estacas. In: HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p. p. 265-301.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2007. Disponível em:

<<http://www.engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Planejamento/Nocoeseorcamntoeplanejamentodeobras.pdf>>. Acesso em: 05/06/2014

HACHICH, W: **Escolha do tipo de fundação: Critérios técnicos e econômicos**. 1999. Laboratório de Mecânica Computacional – Universidade de São Paulo (USP). Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/people/whachich/aula/sld008.htm>>. Acesso em: (29/05/2014).

JOPPERT JR, Ivan. **Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução**. 1.ed. São Paulo: PINI, 2007. 221p

LOBO, O, Bianca. **Método de Previsão de Capacidade de Carga de Estacas: Aplicando os conceitos de energia do ensaio SPT**. 2005. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Univ. Fed. do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MILITO, J. A. de. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Apostila. Coordenador Eng. Civil e Prof. Da PUC-Campinas. Sorocaba: Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS), 2006, 303p.

PEDERIVA, P. F. **Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco***. 2009. 65 p. TCC – universidade regional do nordeste do estado do Rio Grande do Sul

PINTO, C.S. Capítulo 2 propriedades do solo. In: HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p. p. 51-118

TCPO, tabelas de composições de preços para orçamento, 14ed. São Paulo: PINI, 2012

SALGADO, J. C. P técnicas e práticas construtivas para edificações 2 ed. rev. São Paulo: Érica, 2009 p. 55

**Sondagem a percussão.**

Disponível em: <[http://www.nfsondas.com.br/sondagem\\_percussao.html](http://www.nfsondas.com.br/sondagem_percussao.html)> Acesso em: (30/05/2014).



TISAKA, Maçahico: **Orçamento na Construção civil**: consultoria, projeto e execução. 2. Ed.rev. e ampl. São Paulo :Pini, 2011

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Concepção de Obras de Fundações. In: HACHICH, W. et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.751 p. p. 211-226

YAZAGI, W. **Fundações: A técnica de edificar** 11. Ed São Paulo :Pini, 2011 p. 195

Processo executivo de estaca hélice contínua.

Disponível em: <<http://fundacoesestacahelice.blogspot.com.br/>>.

Acessado em: (01/06/2014)

Tipos de estacas.

Disponível em: <<http://www.dicionariogeotecnico.com.br/>>

Acesso em:(30/05/2014)

Bate estaca

<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/38/estacas-pre-fabricadas-de-concreto-310899-1.aspx>

Acessado em: (30/10/2014)

Fases de execução da estaca hélice contínua

<http://www.geofix.com.br/site2010/servicos/estacas-helice-continua-monitoradas/fasehc.pdf>

Acessado em: (30/10/2014)

Emendas para anéis

<http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2012/03/estacas-pre-moldadas-de-concreto.html>

Acessado em: (23/05/2014)

Estaca pré-moldada

<http://www.tecgeo.com.br/servicos/estacas-pre-moldadas-de-concreto-3>

Acessado em: (30/10/2014)

Estaca de Aço

<http://www.tecgeo.com.br/servicos/estacas-metalicas-2>

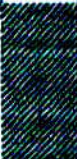
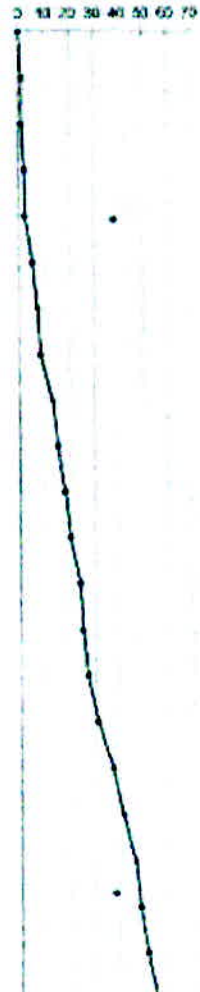





Acessado em: (30/10/2014)

Estaca de Madeira

<http://www.tecgeo.com.br/servicos/estacas-de-madeira-6>

Acessado em: 30/10/2014

## ANEXO A – Boletim de sondagem

| Prof. ML | Cota em Relação ao R.N. | Nível da Água | Prof. ML | Classificação do Material   | Amostra   | Ensaio Penetrométrico Gloopes 15 cm |    |    | S.P.T. | Gráfico S.P.T.   |
|----------|-------------------------|---------------|----------|---|---|-------------------------------------|----|----|--------|--|
|          |                         |               |          |   |   |                                     |    |    |        |  |
| (01)     | -3,45                   |               | 3,45     | Argila cor vermelha consistência: mole  |    | -                                   | 0  | 1  | 1      |  |
| (02)     |                         |               |          |   |   | -                                   | 0  | 1  | 1      |  |
| (03)     |                         |               |          |   |   | -                                   | 1  | 1  | 2      |  |
| (04)     |                         |               |          |   |   | -                                   | 1  | 1  | 2      |  |
| (05)     | -5,45                   |               | 8,45     | Argila silteosa cor vermelha consistência: mole a média                             |    | -                                   | 1  | 1  | 2      |  |
| (06)     |                         |               |          |   |   | -                                   | 2  | 3  | 5      |  |
| (07)     |                         |               |          |   |   | -                                   | 3  | 4  | 7      |  |
| (08)     |                         |               |          |   |   | 4                                   | 4  | 4  | 8      |  |
| (09)     |                         |               |          |   |   | 5                                   | 6  | 7  | 13     |  |
| (10)     | -11,45                  |               | 11,45    | Silte argiloso pouco arenosa cor:vermelho consistência: rija a dura                 |    | 6                                   | 6  | 9  | 15     |  |
| (11)     |                         |               |          |   |   | 7                                   | 8  | 10 | 18     |  |
| (12)     |                         |               |          |   |   | 8                                   | 9  | 11 | 20     |  |
| (13)     |                         |               |          |   |   | 9                                   | 11 | 13 | 24     |  |
| (14)     | -13,60                  |               | 13,60    | Silte argiloso cor:vermelho c/ ocre consistência: dura                              |    | 9                                   | 11 | 14 | 25     |  |
| (15)     |                         |               |          |   |   | 9                                   | 12 | 15 | 27     |  |
| (16)     |                         |               |          |   |   | 10                                  | 12 | 19 | 31     |  |
| (17)     | -17,45                  |               | 17,45    | Silte argiloso e arenoso cor:vermelho c/ ocre e branco variegado consistência: dura |   | 11                                  | 15 | 22 | 37     |  |
| (18)     |                         |               |          |   |   | 12                                  | 18 | 23 | 41     |  |
| (19)     |                         |               |          |   |   | 14                                  | 20 | 26 | 46     |  |
| (20)     |                         |               |          |   |   | 14                                  | 21 | 27 | 48     |  |
| (21)     |                         |               |          |   |   | 10                                  | 22 | 29 | 51     |  |
| (22)     | -21,90                  |               | 21,90    | Limite da sondagem  |  | 16                                  | 23 | 32 | 55     |  |
| (23)     |                         |               |          |   |   |                                     |    |    |        |  |
| (24)     |                         |               |          |   |   |                                     |    |    |        |  |
| (25)     |                         |               |          |   |   |                                     |    |    |        |  |
| (26)     |                         |               |          |   |   |                                     |    |    |        |  |

|   |                                     |  |  |                             |       |       |                |       |
|---|-------------------------------------|--|--|-----------------------------|-------|-------|----------------|-------|
| Avanço a trado                          | 0,00m a 7,00m                       |  |  | Nível d'água                |       |       |                |       |
| Avanço por lavagem                      | 7,00m a 21,90m                      |  |  | Lavagem por Tempo de 30 min |       |       | Inicial        | Final |
| Prof. do revestimento                   | 8,00m                               |  |  | Tempo                       | de    | Para  |                |       |
| Limite de sondagem                      | 21,90m                              |  |  | 10                          | 21,90 | 21,90 | 01-06          | 01-01 |
|   | AKI: George Edson Magalhães 73628-D |  |  | Número de furo              |       |       | Sensor         |       |
| Responsável: André Luiz Azeredo Alencar |                                     |  |  | 10                          |       |       | SP17 José Luiz |       |



APÊNDICE A – Composição de preços unitários (Armadura, Fôrma e Concreto usinado)

| COMPOSIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO |   |       |        |             |             |
|------------------------------|---|-------|--------|-------------|-------------|
| OBRA :                       | Trabalho conclusão de curso   |       |        |             |             |
| Serviço:                     | Armadura CA - 50 para estrutura de concreto armado, corte, dobra e montagem |       |        |             |             |
| Unid:                        | m   |       |        |             |             |
| ITEM                         | DISCRIMINAÇÃO   | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
| <b>1</b>                     | <b>Mão-de-obra</b>  |       |        |             |             |
| 1.1                          | Ajudante de armador   | h     | 0,140  | 12,40       | 1,74        |
| 1.2                          | Armador   | h     | 0,08   | 17,93       | 1,43        |
|                              | Subtotal 1  |       |        |             | 3,17        |
| <b>2.</b>                    | <b>Materiais</b>  |       |        |             |             |
| 2.1                          | Aço CA-50   | kg    | 1,10   | 3,15        | 3,47        |
| 2.2                          | Arame recozido n° 18 BWG - Ø125mm   | kg    | 0,0250 | 9,00        | 0,23        |
| 2.3                          | espaçador circular de plástico para estacas (c=30mm)                        | un    | 11,40  | 0,011       | -           |
|                              | Subtotal 2  |       |        |             | 3,69        |
| <b>3.</b>                    | <b>Ferramentas/equipamentos</b>   |       |        |             |             |
|                              | Subtotal 3  |       |        |             | -           |
| <b>4</b>                     | <b>Outros</b>   |       |        |             |             |
|                              | Subtotal 4  |       |        |             | -           |
|                              | SUBTOTAL GERAL  |       |        |             | 6,86        |
|                              | CUSTO UNITARIO  |       |        |             | 6,86        |

| COMPOSIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO |                                      |       |        |             |             |
|------------------------------|--------------------------------------|-------|--------|-------------|-------------|
| Trabalho conclusão de curso  |                                      |       |        |             |             |
| Serviço:                     | Concreto dosado em Central Fck=20MPa |       |        |             |             |
| Unid:                        | m³                                   |       |        |             |             |
| ITEM                         | DISCRIMINAÇÃO                        | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL |
| <b>1</b>                     | <b>Mão-de-obra</b>                   |       |        |             |             |
|                              | Subtotal 1                           |       |        |             | -           |
| <b>2.</b>                    | <b>Materiais</b>                     |       |        |             |             |
| 2.1                          | Concreto dosado em central Fck=20MPa | m³    | 1,00   | 265,00      | 265,00      |
|                              | Subtotal 2                           |       |        |             | 265,00      |
| <b>3.</b>                    | <b>Ferramentas/equipamentos</b>      |       |        |             |             |
|                              | Subtotal 3                           |       |        |             | -           |
| <b>4</b>                     | <b>Outros</b>                        |       |        |             |             |
|                              | Subtotal 4                           |       |        |             | -           |
|                              | SUBTOTAL GERAL                       |       |        |             | 265,00      |
|                              | CUSTO UNITARIO                       |       |        |             | 265,00      |

| OBRA :   | Trabalho conclusão de curso   |                |        |             |              |
|----------|---|----------------|--------|-------------|--------------|
| Serviço: | Fôrma de madeira para fundação, com tábuas e sarrafos               |                |        |             |              |
| Unid:    | m <sup>2</sup>  |                |        |             |              |
| ITEM     | DISCRIMINAÇÃO   | UNID.          | QUANT. | VALOR UNIT. | VALOR TOTAL  |
| <b>1</b> | <b>Mão-de-obra</b>  |                |        |             |              |
| 1.1      | Ajudante carpinteiro  | h              | 0,202  | 12,40       | 2,51         |
| 1.2      | Carpinteiro   | h              | 2,05   | 17,93       | 36,77        |
|          | Subtotal 1  |                |        |             | 39,27        |
| <b>2</b> | <b>Materiais</b>  |                |        |             |              |
| 2.1      | Sarrafo (seção transversal: 1 x 3" / espessura: 25mm/ altura: 75mm) | m              | 3,75   | 3,41        | 12,79        |
| 2.2      | Tábua de pinus (seção transversal: 1 x 12")                         | m <sup>2</sup> | 1,30   | 17,16       | 22,31        |
| 2.3      | Prego com cabeça 17 x 21  | kg             | 0,18   | 5,15        | 0,93         |
|          | Subtotal 2  |                |        |             | 36,02        |
| <b>3</b> | <b>Ferramentas/equipamentos</b>                                     |                |        |             | 0,00         |
|          | Subtotal 3  |                |        |             | -            |
| <b>4</b> | <b>Outros</b>   |                |        |             | -            |
|          | Subtotal 4  |                |        |             | -            |
|          | <b>SUBTOTAL GERAL</b>   |                |        |             | <b>75,29</b> |
|          | <b>CUSTO UNITARIO</b>   |                |        |             | <b>75,29</b> |