

CUTTER L451a  
7/EDIÇÃO 2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA CIVIL**

**VANESSA DA SILVA LEBRE**

**ANÁLISE DA FUNDAÇÃO EXISTENTE DE UM EDIFÍCIO MISTO –**  
**ESTACA STRAUSS**

**VARGINHA/MG**  
**2015**

**VANESSA DA SILVA LEBRE**

**ANÁLISE DA FUNDAÇÃO EXISTENTE DE UM EDIFÍCIO MISTO –  
ESTACA STRAUSS**

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/MG  
2015**

**VANESSA DA SILVA LEBRE**

**ANÁLISE DA FUNDAÇÃO EXISTENTE DE UM EDIFÍCIO MISTO –  
ESTACA STRAUSS**

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 compostas pelo membro:

Aprovado em 16/06 /2015

---

Prof. Armando Belato Pereira

---

Prof. M.Sc. Antonio de Faria

---

Prof. Leopoldo Freire Bueno

OBS.:

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, mãe Nicéia, pai Gabriel e Irmã Priscila e aos meus amigos que colaboraram para sua realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço esse trabalho primeiramente a Deus, pela força e esperança de um futuro melhor, a minha mãe Nicéia que hoje não está presente aqui mais que me ilumina onde ela estiver, e que mesmo longe ainda sinto sua presença me enchendo de esperança, ao meu pai Gabriel que esse tempo todo esteve presente e pela confiança que sempre depositou em mim, a minha irmã Priscila pela calma nos momentos difíceis que passei, a meu namorado João Paulo pela força e ajuda nos momentos que precisei, sempre me apoiando e ao meu orientador Armando pela horas dedicadas, pelo apoio e pela compreensão nos momentos necessitados.

## EPÍGRAFE

“Dizem que a vida é para quem sabe viver, mas ninguém nasce pronto. A vida é para quem é corajoso o suficiente para se arriscar e humilde o bastante para aprender”

Clarice Lispector

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como enfoque o comparativo de duas fundações profundas, uma já dimensionada e outra em dimensionamento. Antes do desenvolvimento de um projeto de fundações, o engenheiro deve obter todas as informações necessárias e possíveis do local referente à implantação, estudar as diferentes soluções viáveis, analisar o processo executivo, estimar os seus custos e, por fim, decidir sobre as viabilidades técnicas e econômicas da sua execução. Para tanto, foi feito o estudo de caso, nos quais serão estudados dois tipos de fundações de um edifício modelo: estaca Strauss e estaca pré-moldada. Neste estudo, busca-se verificar a fundação já existente, estaca Strauss, bem como suas vantagens e restrições, conhecer as cargas atuantes no edifício, retirar as informações do solo necessárias para o dimensionamento da outra fundação em estudo, estaca pré-moldada, através do boletim de sondagem real SPT, de um edifício misto de quatro pavimentos e subsolo, localizado no centro de Elói Mendes. A metodologia proposta utiliza o método Aoki-Velloso (1975) para o dimensionamento da carga admissível geotécnica da fundação proposta pelo autor, mas para o dimensionamento da quantidade de estacas por bloco real de projeto foi usada a carga admissível estrutural da estaca fornecida pela empresa executora do projeto.

**Palavra chave:** Estaca Strauss, Estaca pré-moldada, Fundação.

## **ABSTRACT**

*This course conclusion work is to approach the comparison of two deep foundations, an already scaled and another in sizing. Prior to the development of a foundation design, the engineer must obtain all necessary and possible location information regarding the implementation, study the different possible solutions, analyze the executive process, estimate their costs and finally decide on the technical feasibility and economic it is made. Therefore, the case study was done in which will be studied two types of foundations of a model building: Cutting Strauss and stake precast. In this study, we seek to verify the existing foundation, Strauss stake, as well as their advantages and limitations, know the loads acting on the building, remove the soil of necessary information for the design of another foundation under study, precast stake through the actual survey bulletin SPT, a mixed building four floors and basement, located in the center of Eloi Mendes. The proposed methodology uses the Aoki-Velloso method (1975) for the design of geotechnical permissible load of the foundation proposed by the author, but for scaling the amount of stakes for real block design was used structural load capacity of the stake provided by the company executing project.*

**Keyword:** *Stake Strauss, precast Pole, Foundation.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Requisitos básicos para um projeto de fundação (a) Deformações Excessivas, Colapso do solo, (c) Tombamento, (d) Deslizamento e (e) Colapso estrutural, resultante de projetos deficientes.....	17
Figura 2: Tipo de fundações superficiais .....	19
Figura 3: Base de um Tubulão.....	20
Figura 4: Estaca pré-moldada de aço .....	21
Figura 5: Estaca pré-moldada de madeira .....	22
Figura 6: Procedimento Estaca Raiz .....	23
Figura 7: Estaca tipo Franki .....	24
Figura 8: Esquema de cravação com martelo automático (martelo a diesel) .....	26
Figura 9: Detalhe do capacete metálico .....	26
Figura 10: Emenda das estacas pré-moldadas por luvas de aço (a) soldadas (b) apenas comprimidas .....	27
Figura 11: preparo da cabeça da estaca para ligação com o bloco .....	28
Figura 12: Procedimento de execução da estaca do tipo Strauss: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após a colocação da armadura e (d) estaca pronta....	30
Figura 13: Estaca Strauss .....	31
Figura 14: Ilustração do ensaio SPT .....	32
Figura 15: Parcelas de resistência que constituem a capacidade de carga .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela dos estados de compactidade e de consistência a resistência a penetração.....	34
Tabela 2 - Coeficiente de K em razão de atrito $\alpha$ .....	43
Tabela 3– Valores do coeficiente F1 e F2.....	43
Tabela 4 - Carga de catálogo da estaca Strauss .....	45
Tabela 5 - Carga de catálogo da estaca pré-moldada de concreto .....	45
Tabela 6 - Valores limites de N_SPT para a parada das estacas .....	46
Tabela 7 - Pilares com suas respectivas dimensões e cargas .....	50
Tabela 8 – Dimensionamento da capacidade de carga geotécnica da estaca Strauss de m em m pelo método Aoki-Velloso.....	54
Tabela 9 - Agrupamento das estacas através da carga admissível geotécnica .....	55
Tabela 10 – Agrupamento de estacas através da carga admissível estrutural .....	56
Tabela 11 – Agrupamento de estacas real do projeto .....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
Ap – Área de ponta da estaca  
BDI – Benefícios e Despesas indiretas  
cm – Centímetro  
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CPU – Composição de Preço Unitário  
EPtotal – Preço Total de Equipamento  
F1 - Coeficiente coeficientes de correção das resistências de ponta  
F2 - Coeficientes de correção das resistências lateral  
Fs – Atrito lateral unitário da luva  
Impro – Improdutividade  
*in situ* – Feito no local  
K - Coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para NSPT  
KN - Kilograma Newton  
Kpm –  
M – Metro  
M<sup>2</sup> - Metro quadrado  
MPA – Mega Pascal  
MOPtotal = Preço total da mão de obra  
MPtotal = Preço total do material  
NBR – Normas Brasileiras  
Ne - Número de estacas  
NL – Índice de resistência a penetração média  
Np – Índice de resistência a penetração  
NSPT: valor obtido nos ensaios de SPT da resistência penetração dinâmica  
P – Pilar  
Pa – Carga admissível da fundação  
Pe – Carga admissível da estaca  
P. unit = Preço unitário  
P. unit. Produ = Preço unitário de produtividade  
P.unit . Impro = Preço unitário de improdutividade  
Prod= Produtividade

Q adm – Carga admissível

Qc – Resistência de ponta do cone

Quant = Quantidade

Q pilar – Carga do pilar

R – Capacidade de carga

RL - Resistência lateral

rl – incógnitas geotécnicas

Rp - Resistência de ponta

rp - incógnitas geotécnicas

SPT – Standard penetrations test

SPtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

TCPO – tabela de composição de Preços para Orçamento

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

$\beta$  – Coeficiente para correção da resistência lateral

$\emptyset$  – Diâmetro

$\Delta l$ : espessura da camada em análise

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1. OBJETIVO GERAL</b> .....	14
<b>1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO</b> .....	14
<b>1.3. JUSTIFICATIVA</b> .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>2.1. Fundações</b> .....	16
2.1.1. Definições.....	16
2.1.2. Requisitos básicos de um projeto de fundação.....	17
2.1.3. Verificação da segurança ao colapso.....	18
2.1.4. Tipos de fundações.....	18
2.1.5. Fundações Superficiais ou Diretas.....	19
2.1.6. Fundação profunda ou indireta.....	20
2.1.6.1. Tubulão.....	20
2.1.6.2. Estaca.....	21
2.1.7. Estaca Pré-moldada concreto.....	24
2.1.8. Estaca tipo Strauss.....	28
<b>2.2. Dados Geotécnicos</b> .....	32
2.2.1. Locação da Sondagem.....	33
2.2.2. Processo de execução.....	33
<b>2.3. Materiais</b> .....	34
2.3.1. Concreto Armado.....	34
2.3.2. Concreto.....	35
2.3.3. Aço.....	35
2.3.4. Fôrmas.....	35
<b>2.4. Orçamento na Construção Civil</b> .....	35
2.4.1. Custo Direto.....	37
2.4.2. Custo Indireto.....	37
2.4.3. Composição dos preços unitários.....	37
<b>3. MÉTODO DE CALCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA</b> .....	38
<b>3.1. Método Aoki-Velloso (1975)</b> .....	38
<b>3.2. Carga admissível</b> .....	44
3.2.1. Carga de catálogo.....	44
3.2.2. Metodologia de projeto.....	46
<b>4. CUSTOS HORÁRIOS</b> .....	47
<b>4.1. Custos Horários da mão de obra</b> .....	47
<b>4.2. Elaboração do custo direto</b> .....	47
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	49
<b>6. ESTUDO DE CASO</b> .....	50
<b>6.1. Descrição do Projeto</b> .....	50
6.1.1. Perfil Geotécnico.....	50
<b>6.2. Dimensionamento da fundação</b> .....	51
6.2.1. Dimensionamento da estaca Strauss.....	51

<b>7. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO A – Planta de localização dos pilares e fundações.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO B – Locação da execução das sondagens .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO C – Boletim de sondagem SPT furo 01 .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO D – Boletim de sondagem SPT furo 02 .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO E – Fachada do edifício .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO F – Plantas baixas.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO G – Corte CD.....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia vem em busca de métodos mais eficazes e viáveis, equipamentos com alta produtividade, excelente controle de qualidade e uma elevada capacidade de carga, afim de um resultado que satisfaça economicamente seu cliente.

A fundação exerce uma função extremamente importante no conjunto estrutural, independentemente de sua esbeltez ou finalidade ocupacional a partir da hora em que esta começa a transmitir as cargas recebidas da superestrutura para o solo sem sofrer deformações ou recalques excessivos, desempenhando assim a sua função.

Para a escolha da fundação leva-se em conta o estudo dos solos, a sondagem SPT, realizada por profissionais qualificados, e o conhecimento dos esforços atuantes na edificação em questão.

Uma execução de fundação se define como uma das etapas mais importantes de uma construção. O custo, a técnica, o nível de ruído gerado, fatores que devem ser estudados antes da implantação de um projeto levando em conta o seu custo, mas sempre priorizando a boa técnica para que assim não ocorram graves problemas, que pode gerar gastos adicionais. Mais de uma técnica pode ser transitável dependendo do tipo de solo, implantação e concepção de projeto.

Para evitar o aumento de gastos elevados, problemas patológicos e o superdimensionamento de uma fundação é preciso o dimensionamento da capacidade de carga.

Diante deste argumento, o presente trabalho abordará assuntos referentes à concepção, dimensionamento e detalhamento de fundações profundas destacando as estacas Strauss e pré-moldadas que serão utilizadas no projeto em questão.

### **1.1. OBJETIVO GERAL**

Estudo de caso da fundação já dimensionada de um edifício com o objetivo de comparar a fundação existente, estaca Strauss, com a fundação estaca pré-moldada, tendo como objetivo principal saber qual a mais adequada ao perfil geotécnico e estrutural e a mais economicamente favorável a este.

### **1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Elaborar revisão bibliográfica a cerca das fundações profundas tipo estaca pré-moldadas e estacas Strauss.
- Definir o tipo de fundação mais adequada do perfil geotécnico definido, do ponto de vista técnico e econômico.
- Dimensionamento da capacidade de carga de cada uma das fundações em estudo.
- Avaliar e comparar custos para as duas soluções propostas.

### **1.3.JUSTIFICATIVA**

O trabalho em questão foi elaborado com intuito de obter dados reais sobre o comparativo de fundações em um projeto, analisando principalmente, as adequadas aplicações em relação à qualidade e custo. Entender e estar atualizado em relação aos procedimentos, vantagens e desvantagens e opções adequadas para o projeto em questão é acelerar processo de produção na obra.

Para a definição do projeto de fundação é necessário o conhecimento do local onde será implantado, o tipo de solo existente no local e o conhecimento das cargas atuantes nela, a partir dessas informações, é necessário logo após, a escolha do método de dimensionamento que é definido a partir das literaturas e compete ao engenheiro calculista determinar o melhor método no ponto de vista econômico e técnico.

Muitos acabam optando por técnicas inadequadas na maioria das vezes, pois não tem o devido conhecimento necessário e acaba que, em alguns lugares, existe uma ausência de engenheiros profissionais dedicados á esta etapa de projeto.

Tendo a ciência então da devida importância da etapa da fundação, é indispensável uma revisão bibliográfica aprofundada do assunto a fim de que todos os

parâmetros necessários para análise do solo, definição do tipo de fundação, etapa do projeto e por fim a diferença de custo entre ambas às fundações definidas seja levada em consideração na definição final e a definição seja aplicada no projeto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Fundações

#### 2.1.1. Definições

As fundações podem se classificar tanto em superficiais (diretas ou rasas), como profundas (indiretas), dependendo da carga que é transmitida para o solo.

Para Guerrin (2002), “As fundações de edifício e obras públicas constituem uma das aplicações mais importantes do concreto armado.”

Para Velloso; Lopes (2004, p.13) os elementos necessários para o desenvolvimento de um projeto de fundações são:

- Topografia da área;
- Levantamento topográfico (planialtimétrico);
- Dados sobre taludes e encostas no terreno (ou que possam atingir o terreno);
- Dados sobre erosões (ou evoluções preocupantes na geomorfologia);
- Dados geológico-geotécnico;
- Investigação do subsolo (às vezes em duas etapas: preliminar e complementar);
- Outros dados geológicos e geotécnicos (mapas, fotos aéreas e levantamentos aerofotogramétricos, artigos sobre experiências anteriores na área, publicações da CPRM etc.);
- Dados da estrutura a construir;
- Tipo e uso que terá a nova obra;
- Sistema estrutural (hiperestaticidade, flexibilidade etc.);
- Sistema construtivo (convencional ou pré-moldado);
- Cargas (ações nas fundações).
- Dados sobre construções vizinhas;
- Número de pavimentos, carga média por pavimento;
- Tipo de estrutura e fundações;
- Desempenho das fundações;
- Existência do subsolo;
- Possíveis conseqüências de escavações e vibrações provocadas pela nova obra

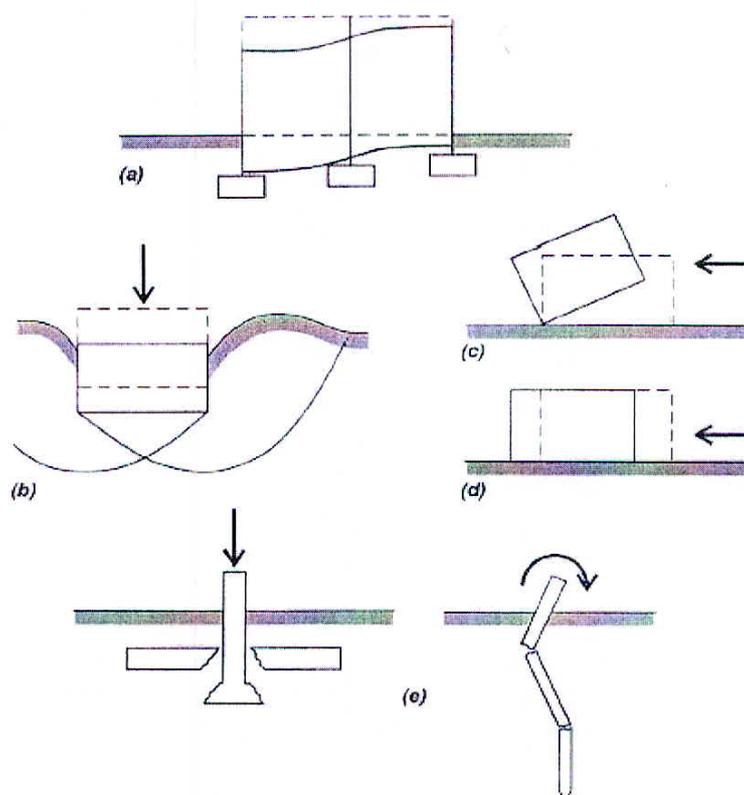
Para que se tenha uma fundação segura o solo precisa ser rígido para que ofereça uma sustentação sem que haja deformação e recalques, e os elementos nela existentes precisam suportar tensões geradas pela estrutura.

### 2.1.2. Requisitos básicos de um projeto de fundação

Conforme Velloso e Lopes (2004, p. 15). Requisitos básicos de um projeto de fundação, identificado na figura 01:

- (A) Deformações aceitáveis sob as condições de trabalho;
- (B) Segurança adequada ao colapso do solo de fundação (estabilidade "externa"),
- (C) Segurança adequada ao colapso dos elementos estruturais (estabilidade "interna").

Figura 1: Requisitos básicos para um projeto de fundação (a) Deformações Excessivas, Colapso do solo, (c) Tombamento, (d) Deslizamento e (e) Colapso estrutural, resultante de projetos deficientes



Fonte: Velloso e Lopes (2004, p. 15)

### 2.1.3. Verificação da segurança ao colapso

A introdução de um coeficiente de segurança em uma fundação se dá pela incerteza nos métodos de cálculo.

Velloso e Lopes (2010, p. 16) afirmam que o coeficiente de segurança em uma fundação é bem mais complicado que no cálculo estrutural de uma edificação, onde neste há sempre a mistura de materiais fabricados com propriedades mecânicas bem determinadas; já em uma fundação, o solo em alguns determinados pontos onde não houve uma investigação pode haver um conhecimento restrito onde haverá uma mistura muito heterogênea na maioria das vezes, causando assim, durante ou depois da execução algumas surpresas.

“As incertezas começam com as investigações geotécnicas, pois é praticamente impossível, como já foi dito, ter um conhecimento “completo” do subsolo, sobre o qual se vai construir. Deve-se, portanto, prever uma margem de segurança para levar em conta eventuais descontinuidades nas camadas reveladas pelas sondagens, lentes de material menos resistentes.” (VELLOSO E LOPES, 2010)

Conforme NBR6122/2010, o projeto deve assegurar que as fundações apresentem segurança quanto aos:

- a) Estado-limite último (associados a colapso parcial ou total da obra);
- b) Estado-limite de serviço (quando ocorrem deformações, fissuras etc. que comprometem o uso da obra).

Para a determinação da carga admissível o fator de segurança que deve ser empregado é de no mínimo 1,4.

### 2.1.4. Tipos de fundações

A classificação do solo está ligada em sua resistência, quanto mais rijo, melhor o desempenho da sua fundação.

As fundações são separadas em dois grupos:

- Fundações Superficiais (diretas)
- Fundações Profundas (indiretas)

### 2.1.5. Fundações Superficiais ou Diretas

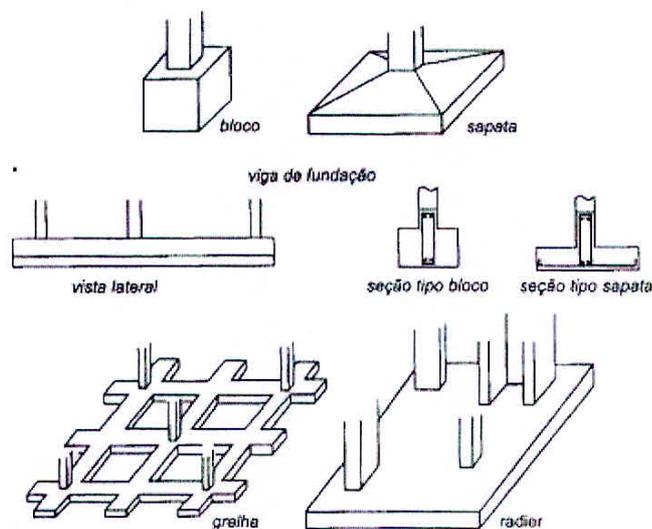
As fundações superficiais ou diretas se apóiam ao solo em uma profundidade pequena, são econômicas e simples na execução. A figura 02 nos possibilita identificar os tipos de fundações diretas.

Segundo NBR 6122 (2010, p. 02), “elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menos dimensão da fundação”.

Para NBR 6122 (2010, p.02), são exemplos de fundações diretas:

- Bloco
- Sapata (sapata associada, sapata corrida)
- Viga de Fundação
- Radier

Figura 2: Tipo de fundações superficiais



Principais tipos de fundações superficiais

Fonte: (Velloso e Lopes, 2004, p.12)

### 2.1.6. Fundação profunda ou indireta

As fundações profundas ou indiretas são usuais a partir que as fundações superficiais ou diretas não suportam os esforços gerados pela estrutura. Ela é capaz de suportar cargas elevadas sem que haja deformação, são sempre profundas.

Conforme ABNT-NBR6122/2010, p. 03, descreve que a fundação profunda é um elemento que transmite carga ao terreno pela base (ponta), pela superfície lateral (fuste) ou por combinação entre as duas. Esta deve estar em uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão, sendo no mínimo 3m.

Elas são separadas em três grupos:

- Caixão
- Tubulão
- Estacas (Cravada ou Escavada)

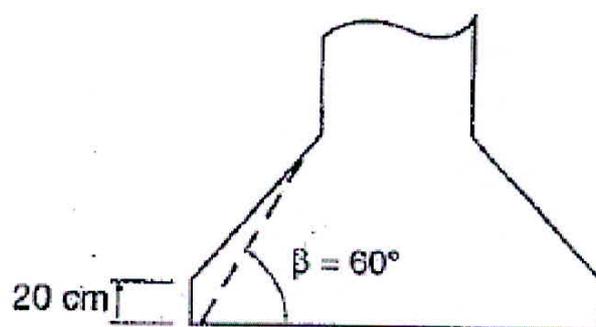
#### 2.1.6.1. Tubulão

Consiste em uma estaca com base alargada, como mostrado na figura 03, seu o diâmetro em sua base é maior que seu fuste. Sua característica é a condição de suportar cargas maiores, sua escavação pode ser manual ou mecânica, podendo ser com ou sem revestimento, mais utilizado em construções de pontes e no final de sua fase executiva há descida de operários para o alargamento de sua base.

Pode ser dimensionado em dois tipos:

- Céu aberto
- Ar comprimido

Figura 3: Base de um Tubulão



Fonte: ABNT – NRB 6122/2010

### 2.1.6.2. Estaca

Estacas são fundações profundas, onde em sua execução não há descida de operários. Ela é construída a partir de equipamentos e ferramentas.

De acordo com (JOPPERT JR., 2007) “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.”

- Estaca Cravada: É introduzida no terreno através de golpes de martelos hidráulicos, sua desvantagem é a grande vibração. Têm como exemplo as estacas pré-moldadas, composta por materiais como madeira, concreto e aço. A estaca pré-moldada em concreto é uma das estacas utilizada no projeto em estudo.

A figura 04 a seguir possibilita a identificação do tipo de estaca cravada pré-moldada em aço, muito utilizada em estruturas de galpões pelo fácil manuseio e elevada resistência a flexão e compressão.

Figura 4: Estaca pré-moldada de aço



Fonte: Dicionário Geotécnico

A estaca pré-moldada em madeira, como mostra a Figura 05, mais utilizada para projetos onde a fundação encontra-se abaixo do nível d'água, possui uma limitação a carga decorrente do projeto, um alto custo, a madeira mais usada é a eucalipto.

Figura 5: Estaca pré-moldada de madeira



Fonte: Tec Geo

- Estacas escavadas: É executada “in loco” por máquinas elétricas ou hidráulicas, sua vantagem é a não produção de vibrações. A estaca escavada utilizada no dimensionamento da fundação do projeto em estudo é a estaca tipo Strauss.

São alguns exemplos:

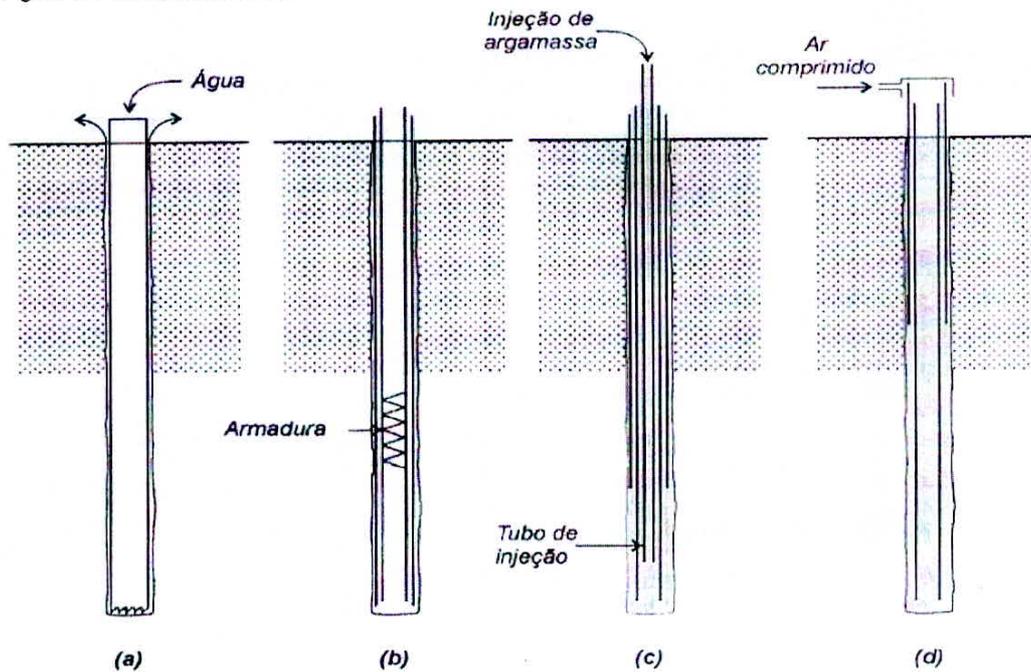
- Estacas Raiz
- Estaca tipo Franki
- Estaca Strauss

A Figura 06 nos mostra o procedimento de execução de uma estaca tipo Raiz: (VELLOSO e LOPES vol. II, 2004, p. 56)

- a) Perfuração – Processo rotativo permitindo a colocação de um tubo de revestimento provisório até a ponta da estaca.
- b) Armadura – Após a perfuração posiciona-se a armadura de aço com estribos.
- c) Concretagem – A argamassa é conduzida por um tubo de injeção até a ponta da estaca, à medida que a argamassa vai subindo pelo tubo, este é retirado lentamente e ao mesmo tempo dando golpes de ar comprimido para adensar a argamassa contra o solo.

d) Fase concluída.

Figura 6: Procedimento Estaca Raiz

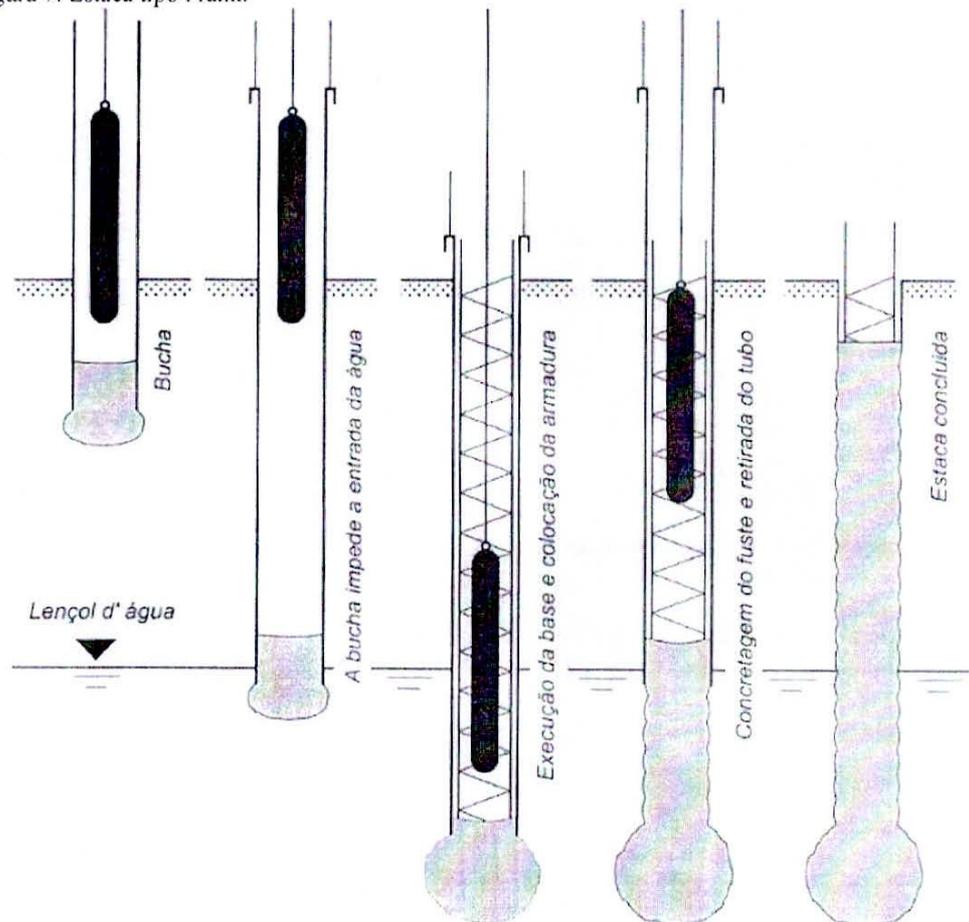


Fonte: Velloso e Lopes vol. II, 2004, p. 56

De acordo com Velloso e Lopes vol. II (2004; p. 33), fase de execução da estaca tipo Franki (Figura 07):

- a) Cravação do tubo;
- b) Execução da base alargada;
- c) Colocação da armadura;
- d) Concretagem;

Figura 7: Estaca tipo Franki



Fonte: Velloso e Lopes vol. II, 2004, p. 34

### 2.1.7. Estaca Pré-moldada concreto

As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, fabricadas na maioria das vezes em firmas especializadas, devido ao controle rigoroso do seu processo.

Conforme (Velloso e Lopes, vol.II, 2004, p. 21) na estaca pré-moldada o concreto pode suportar a mudança de secagem e umedecimento, ele dá o melhor acabamento e pode ser utilizado em estacas com pequena e grande capacidade de carga.

“Estaca constituída de segmentos de concreto pré-moldado ou pré-fabricado e introduzida no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou martelo-vibratório”. (ABNT – NBR6122/2010, p. 03)

Vantagens e Desvantagens (COSTA, 1956):

- Vantagens
  - Vida útil prolongada;
  - Fabricação em diversas formas e dimensões;
  - Concreto com qualidade uniforme;
  - Capacidade de armadura a resistirem a esforços de flexão.
- Desvantagens
  - Necessidade de cuidados no caso de transporte desta;
  - Vibrações excessivas;
  - Demolição da cabeça da estaca para ligação com o resto da construção, tomando alguns cuidados específicos encontrados na NBR6122/2010.

#### 2.1.7.1. Cravação

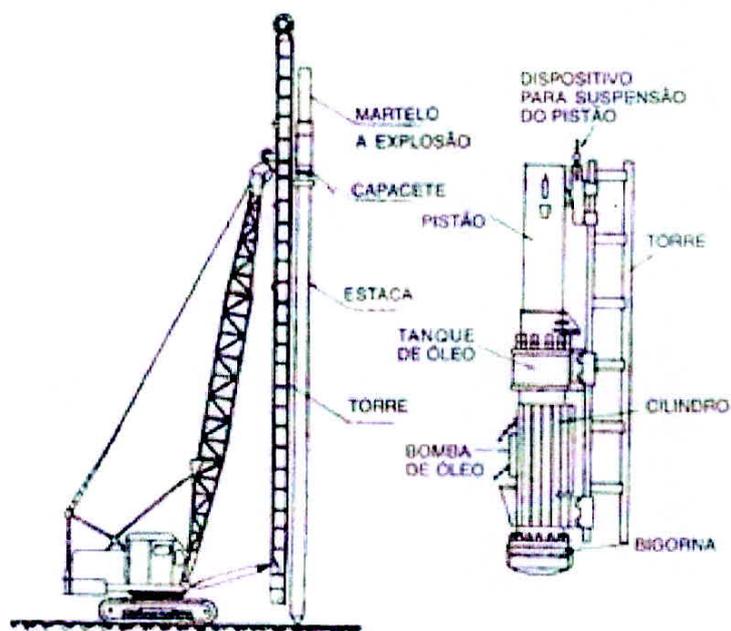
A cravação da estaca pré-moldada se emprega em três tipos: (BRITTO, 1987)

- bate-estacas por gravidade: um peso é levantado através de um guincho caindo por orientação de guias laterais. Sua frequência é 10 por minuto e o peso do martelo varia de 1,0 a 3,5 toneladas.
- bate-estacas a vapor: através da pressão de uma caldeira é realizado o levantamento do peso seguindo da queda por gravidade, com cerca de 40 pancadas por minuto com o peso do martelo de 4,0 toneladas.
- bate-estacas a explosão conforme Figura 08 e 09: o levantamento é realizado através da explosão de gases do tipo diesel.

Conforme NBR6122/2010, quando a cravação for executada com martelo de queda livre, devem ser observadas as seguintes condições:

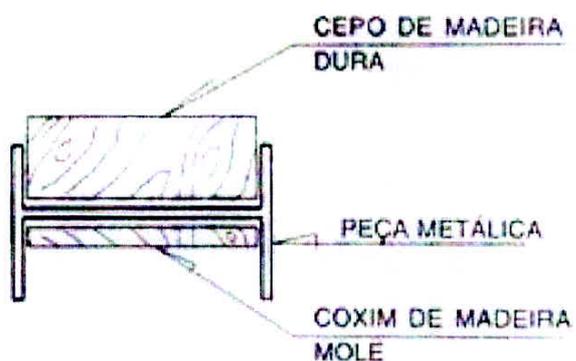
- a) Peso do martelo não inferior a 20 KN;
- b) Peso do martelo no mínimo igual a 75% peso total da estaca;
- c) Peso do martelo não inferior a 40 KN para as estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN e 1,3 MN;
- d) Para estacas cuja carga de trabalho seja superior a 1,3 MN, a escolha do sistema de cravação deve ser previamente analisada

Figura 8: Esquema de cravação com martelo automático (martelo a diesel)



Fonte: (ALONSO, 1998, p. 391)

Figura 9: Detalhe do capacete metálico



Fonte: (ALONSO, 1998, p. 391)

#### 2.1.7.2. Emenda da estaca Pré-moldada

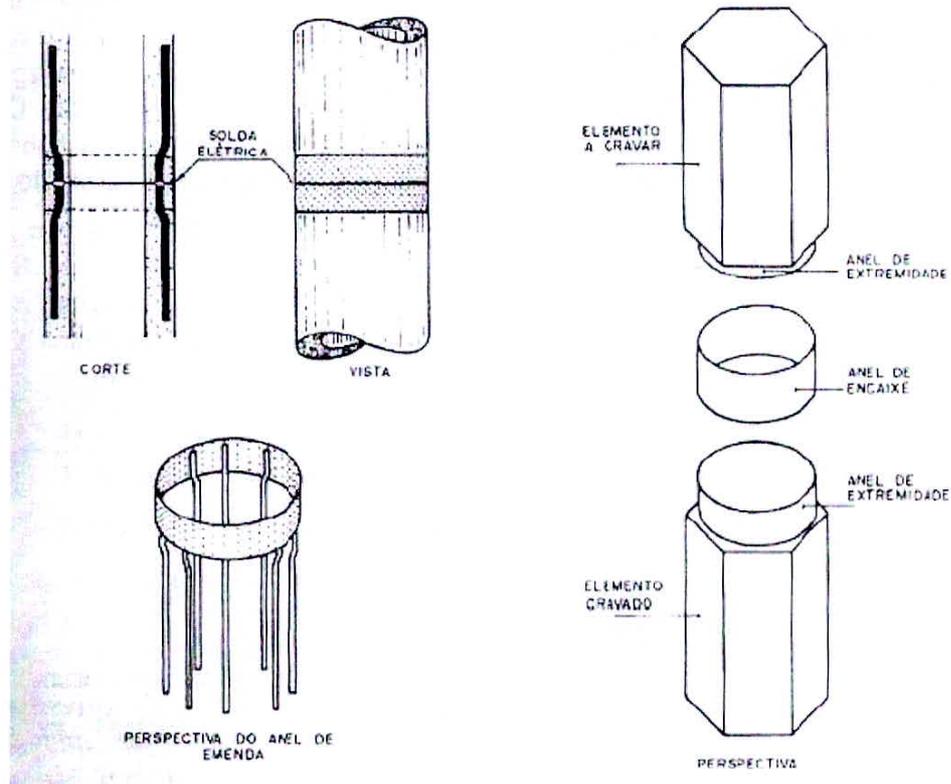
As estacas pré-moldadas possuem um limite de comprimento, estipulado pelo fabricante de 12m, facilitando o seu transporte. Se em obra o seu comprimento

necessário for maior que este valor estipulado haverá a necessidade de emendas como mostrado na figura 12.

As emendas, geralmente são realizadas nos pontos críticos, conforme demonstrado na figura 10, podendo ser de: luvas simples, luvas soldadas ou com cola epóxi através de uma cinta metálica e pinos de encaixe.

Segundo NBR6122/2010, “as estacas pré-moldadas de concreto podem ser emendadas, desde que resistam a todas as solicitações que nelas ocorram durante o manuseio, à cravação e utilização da estaca.”

Figura 10: Emenda das estacas pré-moldadas por luvas de aço (a) soldadas (b) apenas comprimidas

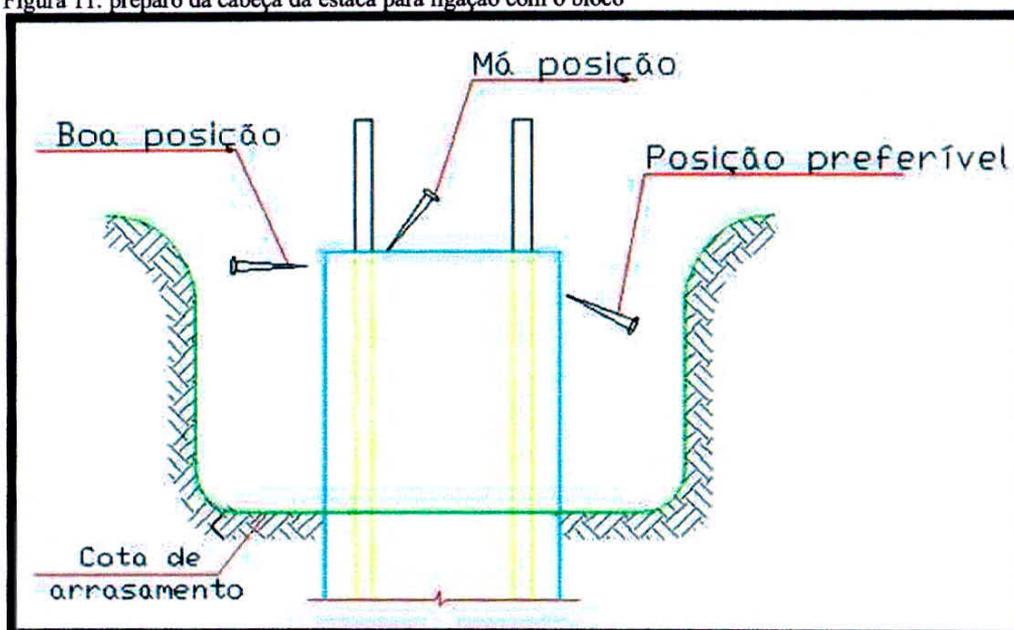


Fonte: Velloso e Lopes (2004, vol. II, p. 29)

### 2.1.7.3. Preparo da cabeça da Estaca (NBR6122/2010)

Deve-se fazer a demolição em estacas com concreto danificado abaixo da cota de arrasamento, e recompô-lo até esta cota, “o material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior á do concreto da estaca.” A figura 11 possibilita a identificação do preparo da cabeça da estaca para a ligação com o bloco conforme citado anteriormente.

Figura 11: preparo da cabeça da estaca para ligação com o bloco



Fonte: ALONSO (1998) Adaptado

### 2.1.8. Estaca tipo Strauss

A Estaca do tipo Strauss é uma fundação de concreto (armado ou simples), executada em revestimento metálico recuperável, moldada “*in loco*”, sua execução não causa vibrações elevadas, o que evita problemas com edificações vizinhas.

Ela pode ser empregada em locais em terrenos acidentados devido à simplicidade do equipamento utilizado, mas também tem suas limitações levando em conta o lençol freático, pois a secagem da mesma para a execução da concretagem pode ser inviável.

Conforme NBR6122/2010 na execução da estaca do tipo Strauss á perfuração no solo com piteira ou sonda e seu revestimento é com camisa metálica, “realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto.”

Vantagens e Desvantagens da estaca tipo Strauss:

- Vantagens
  - Pouca vibração durante a execução;
  - Custo relativamente baixo;
  - Fácil execução em solo acima do nível d'água.
- Desvantagens
  - Difícil execução abaixo do nível d'água;
  - Capacidade de carga pequena;
  - Difícil cravação em solo resistente.

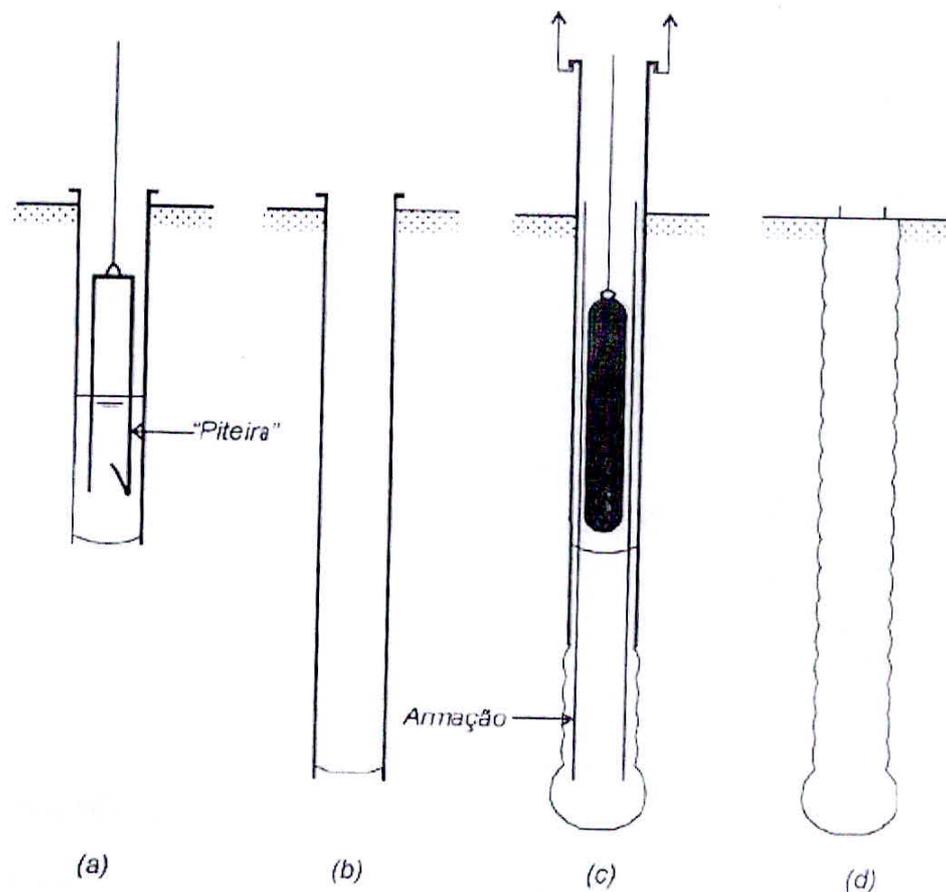
#### 2.1.8.1.Processo Executivo

Para execução, são usados os seguintes equipamentos, afirma (APEMOL,s.d):

- tripé de madeira ou de aço;
- guincho acoplado a motor, a explosão ou elétrico;
- sonda de percussão, com válvula para retirada de terra na sua extremidade inferior;
- soquete de 300 kg aproximadamente;
- tubos de aço com 2,0 a 3,0 m de comprimento, rosqueáveis entre si;
- guincho manual para retirada da tubulação;
- roldanas, cabos e ferramentas.

Após a abertura de um furo no terreno, utilizando um soquete de 1,0 a 2,0 m de profundidade coloca-se o primeiro tubo, dentado na extremidade inferior, conhecido como “coroa”, aprofunda-se este tubo com golpes sucessivos da sonda de percussão e retirando o solo abaixo da coroa prosseguindo até a profundidade determinada. (APEMOL, s.d)

Figura 12: Procedimento de execução da estaca do tipo Strauss: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após a colocação da armadura e (d) estaca pronta



Fonte: Velloso e Lopes (2004, vol. II, p. 32)

#### 2.1.8.2. Concretagem

No processo de concretagem, é lançado o concreto em um funil até a obtenção de uma coluna de 1,0 m apiloando o material com um soquete, que conseqüentemente forma uma base alargada na ponta. Enquanto o concreto é lançado, as camisas metálicas são retiradas com o guincho manual, formando assim o fuste.

A concretagem é feita um pouco acima da cota de arrasamento da estaca, após o procedimento é colocadas barras de espera para a ligação com blocos e baldrames na extremidade superior da estaca, e por fim remove-se o concreto excedente, quebrando a cabeça da estaca com ponteiros metálicos. (BARROS, M. 1996, p. 20)

### 2.1.8.3. Armadura

Velloso e Lopes (2004) citam que no caso da estaca Strauss ser armada “a ferragem longitudinal deve ser confeccionada com barras retas, sem esquadro na ponta e os estribos devem permitir livre passagem ao soquete de compactação e garantir um cobrimento de armadura, não inferior a 3 cm.”

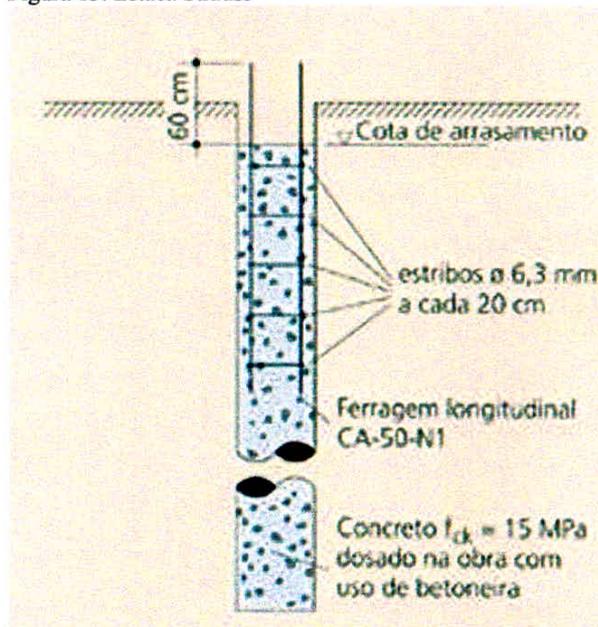
A armadura neste tipo de estaca serve apenas de arranque sem função estrutural, no caso de estacas não sujeitas a tração ou flexão, podendo assim as barras de aço ser posicionadas no concreto sem a necessidade do estribo. (NBR6122/2010)

Velloso e Lopes (2004) também citam que “quando não armada, deve-se providenciar uma ligação com o bloco através de uma ferragem que é simplesmente cravada no concreto (fresco), dispensando-se, neste caso, o uso do estribo.”

Nas estacas dimensionadas para suportar tração ou flexão, deve-se obedecer aos critérios abaixo citados: (NBR6122/2010)

- a) O diâmetro mínimo para execução de estacas armadas é de 32 cm;
- b) Os estribos devem ter espaçamentos entre 15 cm e 30 cm.

Figura 13: Estaca Strauss



Fonte: Fundações: Teoria e Prática, Editora PINI

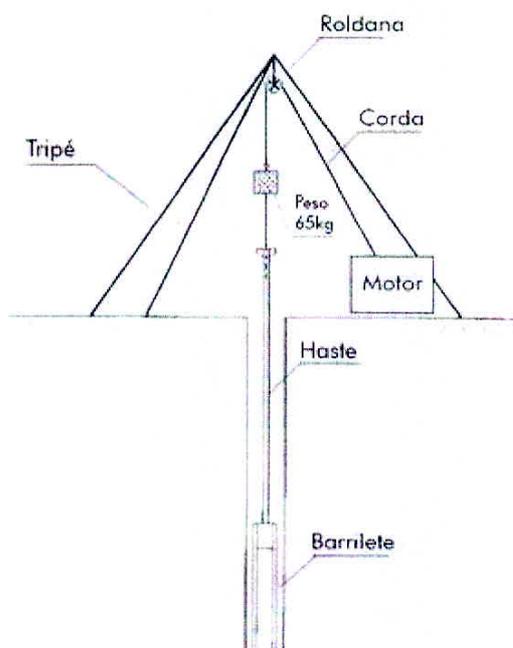
## 2.2.Dados Geotécnicos

Em um projeto a primeira etapa a ser executada é a sondagem, investigação do solo, onde se defini o tipo de solo existente no terreno e assim classifica qual a melhor fundação a ser executada na obra. A sondagem mais utilizada e reconhecida no Brasil é o SPT (Standard Penetration Test), a mais econômica ferramenta de investigação e pode ser utilizada em fundações diretas e profundas.

Segundo Schnaid (2000, p.09) “no ensaio SPT a perfuração é realizada por tradagem e circulação de água, utilizando um trepano de lavagem de ferramentas de escavação.”

A figura 14 a seguir identifica como é executada uma sondagem a percussão, demonstrando a colocação do tripé, o local de posição do martelo e haste.

Figura 14: Ilustração do ensaio SPT



Fonte: Schnaid (2000, p.10)

### 2.2.1. Locação da Sondagem

De acordo com ABNT – NBR 6484/01:

“Quando da sua localização, cada furo da sondagem deve ser marcado com a cravação de um piquete de madeira ou material apropriado. Este piquete deve ter gravada a identificação do furo e estar cravado no solo, servindo de referência de nível para a execução da sondagem e posterior determinação de cota através de nivelamento topográfico.”

Para cada tamanho de terreno a sondagem deve obedecer a um número mínimo de pontos. De 200m<sup>2</sup> a 1200m<sup>2</sup> de construção se deve realizar uma sondagem; de 1200m<sup>2</sup> a 2400m<sup>2</sup> uma sondagem para cada 400m<sup>2</sup>; acima de 2400m<sup>2</sup>, o número deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção. (NBR 6484/01, p. 1)

De acordo com Milito (2009 apud LEITE, 2014 p. 22) “os furos de sondagem deve obedecer a uma distância de 15 a 25m, os furos não devem ficar no mesmo alinhamento e sempre no limite da área de estudo.

### 2.2.2. Processo de execução

Primeiramente monta-se um tripé, sendo o amostrador a zero metro, o amostrador tende penetrar 45 cm no solo, dividido em três trechos iguais de 15 cm, marca-se a base com um giz e erguendo um martelo de 650N até uma altura de 75 cm é solto em queda livre sobre a haste dando golpes até que o amostrador atinja 15 cm de penetração, a quantidade de golpes é anotada.

O relatório final de uma sondagem consta-se uma planta do local da obra com as posições das sondagens executadas e seu perfil individual, indicando a resistência do solo a cada metro perfurado, a posição do nível da água quando encontrado nas perfurações e a espessura e o tipo do material.

A tabela 01 representa a consistência a resistência das argilas e siltes argilosos e seu estado de compactação de acordo com a resistência a penetração – SPT.

Tabela 1 – Tabela dos estados de compactidade e de consistência a resistência a penetração

<b>Compacidade e de Resistência – SPT</b>		
<b>SOLO</b>	<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>DENOMINAÇÃO</b>
Areia e siltes arenosos	≤ 4	Fofa
	5 a 8	Pouco Compacta
	9 a 18	Mediamente Compacta
	19 a 40	Compacta
	>40	Muito Compacta
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito Mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média
	11 a 19	Rija
	>19	Dura

Fonte: ABNT – NBR 6484/01

Quanto maior o número de golpes para a penetração do amostrador, melhor o tipo de solo encontrado e maior a resistência para a fundação.

### **2.3. Materiais**

#### **2.3.1. Concreto Armado**

O concreto armado resiste aos esforços solicitantes, ele é uma mistura entre concreto simples e armadura (armadura passiva), uma das suas grandes vantagens é a boa trabalhabilidade, adapta-se a varias formas. (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2013, p.19)

### 2.3.2. Concreto

É um material composto por água, cimento e agregados (grãos e finos), com característica principal a resistência a compressão. Os agregados reduzem o custo sem prejudicar a qualidade do material. (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2013, p.37)

### 2.3.3. Aço

Os aços CA-25 e CA-50 devem ser fabricados por laminação a quente, e CA-60 por laminação a frio. O aço possui resistência a tração, e sua principal diferença entre o ferro e o aço é que o aço possui o teor de carbono inferior a 2,04% e o ferro entre 2,04 a 6,7%. Suas características mecânicas mais importantes são: resistência característica de escoamento, limite de resistência e alongamento da ruptura. (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2013, p.39)

### 2.3.4. Fôrmas

De acordo com Assahi (2013) A forma é um conjunto de moldes provisórios que da forma e geometria ao concreto fresco, até que atinja a resistência suficiente para suportar os esforços a ele submetidos e a textura esperada, podendo ser de madeira, metálicas e mistas.

## **2.4.Orçamento na Construção Civil**

O orçamento é um produto que nos informa valores, unitários e finais, condições necessárias para a realização de um determinado serviço ou produto e o prazo estimado para entrega deste serviço. Tendo como objetivo quantificar a mão de obra, insumos ou equipamentos necessários para a realização de serviços.

Neste faz-se uma subdivisão da obra ou empreendimento para um controle de insumos, em fases de serviços que identificam componentes mais importantes de um orçamento, sendo elaborado a partir do levantamento dos quantitativos.

Em um orçamento há sempre taxas e valores impostos pelo governo, chamado encargo social, que é calculado sobre a mão-de-obra contratada e pagos diretamente ao trabalhador.

Segundo Supremo Tribunal Federal, os Encargos sociais se dividem em quatro grupos:

**- GRUPO “A” - Custos Previdenciários Sobre a Folha de Pagamento**

- Previdência Social
- SESI/SESC
- SENAI /SENAC
- INCRA
- Salário Educação
- FGTS
- Seguro Acidente do Trabalho
- SEBRAE

**- GRUPO “B” – Aprovisionamentos.**

- 13º Salário
- Férias
- Abono de Férias
- Auxílio
- Licença Paternidade
- Faltas Legais
- Acidente de Trabalho

**- GRUPO “C” - Verbas Indenizatórias.**

- Aviso Prévio indenizado
- Aviso
- Indenização Adicional
- Multa FGTS - Rescisão sem Justa

**- GRUPO “D” – Encargos Sociais Sobre o Grupo B.**

- Encargos sociais sobre 13º salário, férias, adicional de férias, auxílio doença, licença paternidade, faltas legais e acidente do trabalho.

#### 2.4.1. Custo Direto

O preço do custo de uma obra corresponde ao custo direto. O cliente executa a obra com seus próprios recursos, mão-de-obra, materiais, salários, segurança e equipamentos que são diretamente relacionados com o trabalho de campo e projeto.

#### 2.4.2. Custo Indireto

É a contratação de uma empresa especializada para execução da obra, podendo ser empreitada ou administração. Fazem parte das despesas dos clientes o aluguel, condomínio, luz, telefone, instalação do escritório, despesa com administrativo e despesas pelo pessoal parado por falta de serviço.

#### 2.4.3. Composição dos preços unitários

Montagem do custo de cada serviço ou atividade por uma unidade básica, elaborada normalmente antes da execução do serviço. Uma das tabelas de composição mais usada no Brasil é a TCPO que nos indica o levantamento dos preços dos materiais, equipamentos/hora e mão-de-obra/hora.

Dados que compõem uma CPU:

- Insumos, com as respectivas unidades
  - Mão-de-obra: Salário do trabalhador e o tempo de horas para a execução de certa tarefa.
  - Equipamentos e Materiais: consumo de todo material e equipamentos a serem usados em certa obra.
- Quantidades de aplicação de mão-de-obra, de materiais, de produção, de aplicação de equipamentos e serviços de terceiros
- Preço unitário de materiais, mão-de-obra, equipamentos e serviços de terceiros
- Taxas de leis sociais (apenas mão-de-obra)
- BDI (quando CPU for de venda)

Por mais abrangente que seja o conjunto de composições de custos unitários que um dado livro ou órgão possa dispor, ele parte de observações de obras diversas e realizada sob condições particulares. (MATTOS, 2006)

### **3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA**

A capacidade de carga é calculada através de métodos com resultados “*in situ*” ajustados com provas de cargas, existem dois métodos para o cálculo da capacidade de carga:

- Método racional ou teórico
- Método semi-empírico.

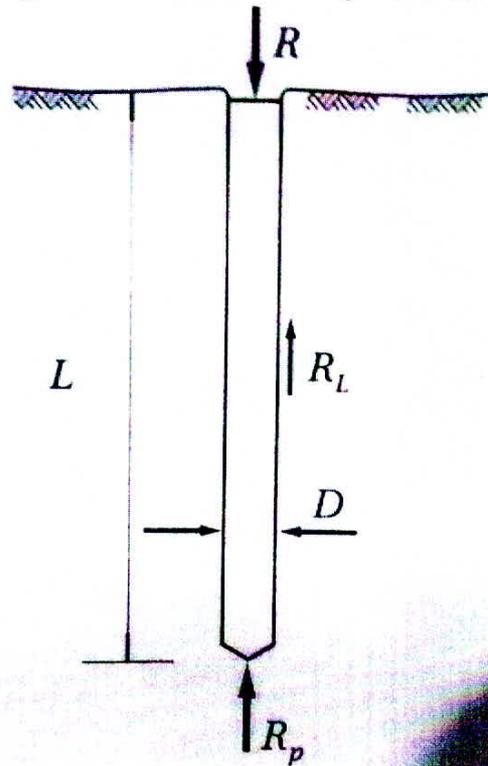
No dimensionamento em análise da carga admissível ou capacidade de carga será utilizado o método semi-empírico, onde se destaca o método de Aoki-Velloso (1975), um dos mais utilizados no dimensionamento de fundações.

#### **3.1.Método Aoki-Velloso (1975)**

O desenvolvimento do método Aoki-Velloso (1975) se deu a partir de estudos comparativos de resultados de corpos de provas de cargas em estacas de acordo com o ensaio estático (CPT) e dinâmico (SPT). Em termos geotécnicos a ruptura é restrita, pois o material da estaca é considerado resistente para que não venha a haver uma ruptura.

No problema físico da capacidade de carga há o desenvolvimento de tensões resistentes ao longo do fuste da estaca e também na sua ponta, por isso se separa a resistência em dois componentes, como identificado na Figura 15: resistência por atrito lateral (RL) e a resistência de ponta (RP).

Figura 15: Parcelas de resistência que constituem a capacidade de carga



Fonte: AOKI N., CINTRA J.C. (2010, p. 12)

O equacionamento se inicia com a dedução da expressão da capacidade de carga, fazendo o equilíbrio das forças:

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

Onde:

R= Capacidade de carga

R<sub>p</sub>= Resistência de Ponta

R<sub>L</sub>= Resistência Lateral

Para a obtenção da resistência de ponta (R<sub>p</sub>) e resistência lateral (R<sub>L</sub>):

$$R_p = r_p * A_p \quad (2)$$

Onde:

$R_p$ = Resistência de ponta  
 $r_p$ = incógnitas geotécnicas  
 $A_p$ = área de ponta da estaca  
 e

$$R_L = U \sum (r_L * \Delta L) \quad (3)$$

Onde:

$U$ = Perímetro da estaca  
 $r_L$ = incógnitas geotécnicas  
 $\Delta L$ = espessura da camada em análise

Por fim, a capacidade de carga ( $R$ ) é obtida pela equação:

$$R = U \sum (R_L * \Delta L) + r_p * A_p \quad (4)$$

onde  $r_L$  e  $r_p$  são incógnitas geotécnicas.

Essas duas incógnitas, pelo método Aoki-Velloso, são relacionadas com o ensaio de penetração estática (CPT) por meio dos valores de resistência de ponta do cone ( $q_c$ ) e do atrito lateral unitário na luva ( $F_s$ ):

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

Onde:

$q_c$ = Resistência de ponta do cone  
 $F_1$ = Coeficiente de correção das resistências de ponta, cujos valores estão apresentados na tabela 03;  
 e

$$r_L = \frac{F_s}{F_2} \quad (6)$$

Onde:

$F_s$ = Atrito lateral unitário na luva

$F_2$  = Coeficiente de correção das resistências lateral, segundo a tabela 03;

Os fatores de correção  $F_1$  e  $F_2$  levam em conta a diferença do comportamento entre a estaca (protótipo) e o cone do CPT (modelo) e ainda a influência do método executivo de cada tipo de estaca. O SPT é mais usado no Brasil do que o CPT, o valor da resistência de ponta ( $q_C$ ) pode ser substituído por uma correlação com o índice de resistência á penetração ( $N_{SPT}$ ):

$$q_C = K N_{SPT} \quad (7)$$

Onde:

K = Coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone  $N_{SPT}$  (tabela 02);

$N_{SPT}$  = Valor obtido nos ensaios de SPT da resistência de penetração dinâmica.

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

A substituição possibilita explicar o atrito lateral em função de  $N_{SPT}$ , com a uso da razão de 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 a tabela 02.

Logo obtemos:

$$f_s = \alpha q_C = \alpha K N_{SPT} \quad (9)$$

Sendo  $\alpha$  equivalente a função do tipo de solo.

No método Aoki-Velloso, a partir do SPT reconhece-se o tipo de solo e assim deduzem o valor da razão de atrito.

Assim reescrevendo as expressões anteriores de  $r_p$  e  $r_L$ :

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

Onde:

$N_p$  = Índice de resistência a penetração

e

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

Onde:

$N_L$  = Índice de resistência á penetração média na camada de solo de espessura  $\Delta_L$

Em que o  $N_p$  e  $N_L$  representam o índice de resistência a penetração na cota de apoio da ponta da estaca e o índice de resistência á penetração médio na camada de solo de espessura  $\Delta_L$ , assim sendo, a capacidade de carga (R) de um elemento isolado de fundação pode ser estimada pela formula semi-empírica:

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

Os valores de  $\alpha$  e K são dados na tabela 02, de acordo com o método Aoki-Velloso, com base nas experiências dos autores e da literatura. Os fatores  $F_1$  e  $F_2$ , apresentados na tabela 03, tiveram ajustes com 63 provas de cargas realizadas em vários estados do Brasil e conseqüentemente esses valores foram ajustados com o decorrer do tempo pelos autores.

Tabela 2 - Coeficiente de K em razão de atrito  $\alpha$ 

<b>Coeficiente K em razão do atrito</b>		
<b>Solo</b>	<b>K (Mpa)</b>	<b><math>\alpha</math> (%)</b>
Areia	1,00	1,40
Areia Siltosa	0,80	2,00
Areia siltoargilosa	0,70	2,40
Areia argilosa	0,60	3,00
Areia argilossiltosa	0,50	2,80
Silte	0,40	3,00
Silte arenoso	0,55	2,20
Silte arenoargiloso	0,45	2,80
Silte argiloso	0,23	3,40
Silte argiloarenoso	0,25	3,00
Argila	0,20	6,00
Argila arenosa	0,35	2,40
Argila Arenossiltosa	0,30	2,80
Argila siltosa	0,22	4,00
Argila siltoarenosa	0,33	3,00

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010, p. 25)

Tabela 3- Valores do coeficiente F1 e F2

<b>Fatores correlação F1 e F2</b>		
<b>Tipos de estacas</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Franki	2,50	2.F1
Metálica	1,75	2.F1
Pré-moldada	1+D/0,80	2.F1
Escavada	3,00	2.F1
Raiz, Hélice Contínua, Ômega	2,00	2.F1

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010, p. 25)

### 3.2.Carga admissível

Quanto ao fator de segurança, para o  $F_s$  a NBR-6122 estabelece que o ser utilizado na carga admissível seja de 2 (dois), quando a capacidade de carga é calculada pelo método semi-empírico.

Quanto as recomendações dos autores Aoki-Velloso (1975) adotam o valor do fator de segurança global de 2:

$$Pa = \frac{R}{2} \quad (13)$$

#### 3.2.1. Carga de catálogo

A carga de catálogo é uma verificação do estado limite ultimo, considera cada tipo de estaca em particular sem levar em conta o aspecto geotécnico. Deve-se ser definida inicialmente ao projeto, representando o limite superior para a carga admissível.

Conhecidos os valores de  $Pa$  (carga admissível da fundação) e  $Pe$  (carga admissível da estaca ou carga catálogo), adota-se o menor deles para garantir a segurança.

$$Pa \leq Pe \quad (14)$$

Nas tabelas 04 e 05 estão concebidos os valores da carga catálogo das estacas em estudo, estaca pré-moldada de concreto e estaca do tipo Strauss, cargas estas que estão citadas na literatura brasileira.

Tabela 4 - Carga de catálogo da estaca Strauss

<b>Estaca escavada Strauss</b>		
<b>Estaca</b>	<b>Dimensão (cm)</b>	<b>Carga de catálogo Pe (KN)</b>
Strauss* $\sigma_e = 4$ Mpa (Falconi, Souza Filho e Figaro, 1998)	Ø 22	200
	Ø 27	300
	Ø 32	400
	Ø 42	700
	Ø 52	1.070

\* Diâmetro externo do revestimento

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010, p. 46)

Tabela 5 - Carga de catálogo da estaca pré-moldada de concreto

<b>Estaca pré-moldada de concreto</b>		
<b>Estaca</b>	<b>Dimensão (cm)</b>	<b>Carga de catálogo Pe (KN)</b>
Pré-moldada vibrada quadrada $\sigma_e = 6$ a 10 Mpa	20x20	400
	25x25	600
	30x30	900
	35x35	1.200
Pré-moldada Vibrada circular $\sigma_e = 9$ a 11 Mpa	Ø 22	400
	Ø 29	600
	Ø 33	800
Pré-moldada protendida circular $\sigma_e = 10$ a 14 Mpa	Ø 20	350
	Ø 25	600
	Ø 33	900
Pré-moldada centrifugada $\sigma_e = 9$ a 11 Mpa (seção vazada)	Ø 20	300
	Ø 23	400
	Ø 26	500
	Ø 33	750
	Ø 38	900
	Ø 42	1.150
	Ø 50	1.700
	Ø 60	2.300
Ø 70	3.000	

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010, p. 45)

### 3.2.2. Metodologia de projeto

Todo projeto de fundação por estacas culmina com a provisão de cota de parada de estacas e a fixação de carga admissível, representados respectivamente na tabela 06 abaixo.

Tabela 6 - Valores limites de  $N_{SPT}$  para a parada das estacas

Tipo de estaca		$N_{lim}$
Pré-moldada de concreto	$\varnothing < 30 \text{ cm}$	$15 < N_{SPT} < 25$ $\Sigma N_{SPT} = 80$
	$\varnothing \geq 30 \text{ cm}$	$25 < N_{SPT} < 35$
Strauss		$10 < N_{SPT} < 25$

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010, p. 48)

## 4. CUSTOS HORÁRIOS

### 4.1. Custos Horários da mão de obra

O custo horário da mão de obra é concebido pelo consumo de horas de trabalhadores para a execução de uma determinada unidade de serviço multiplicada pelo custo horário de cada trabalhador. O custo horário é o salário/hora do trabalhador mais os encargos sociais, calculado de acordo com a tabela de composição de preço e orçamento TCPO.

O preço total da mão de obra é obtido pela seguinte fórmula:

$$MOP_{total} = Quant \times P.unit \quad (15)$$

Onde:

$MOP_{total}$  = preço total da mão de obra

Quant = Quantidade

P. unit. = Preço unitário

### 4.2. Elaboração do custo direto

Os custos diretos se resumem na soma de todos os custos unitários dos serviços, então, primeiramente se faz a relação de todos os serviços a partir de uma tabela colocando o levantamento de quantitativos de cada unidade, os seus respectivos custos unitários e com a multiplicação do quantitativo e do custo unitário se obtém o custo total de cada serviço.

Os dados a seguir foram retirados da tabela de composição e preço unitário (TCPO)

Fórmula para obtenção do preço total de serviços diretos:

$$P_{total} = EP_{total} + MP_{total} + SP_{total} + MOP_{total} \quad (16)$$

Onde:

$EP_{total}$  = Preço total dos equipamentos

$MP_{total}$  = Preço total de material

$SP_{total}$  = Preço total de serviços – composições auxiliares

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

O preço total de equipamentos ( $EP_{total}$ ) é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$EP_{total} = Quanti \times prod \times p.unit.Produ + Quant \times Impro \times P.unit.Impro \quad (17)$$

Onde:

$EP_{total}$  = 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 do material é estipulado por:

$$MP_{total} = Quant \times P.unit \quad (18)$$

Onde:

$MP_{total}$  = Preço total do material

Quant = Quantidade

P. unit. = Preço unitário

Calculo do preço total de serviços – Composição auxiliares:

$$SP_{total} = Quant \times P.unit \quad (19)$$

Onde:

$SP_{total}$  = Preço total de serviços – Composição auxiliares

Quant = Quantidade

P. unit. = Preço unitário

## 5. METODOLOGIA

O trabalho apresenta uma análise comparativa de um estudo de caso sobre fundações profundas, estaca pré-moldada e estaca do tipo Strauss, visando detalhar qual a melhor para o tipo de solo, sendo realizada de acordo com o boletim de sondagem SPT adotando a pior situação para todo o projeto (ANEXO) e qual a mais econômica.

Para o dimensionamento da capacidade de carga das estacas será utilizado o método Aoki & Velloso (1975), utilizando também planilhas eletrônicas. Serão formadas (CPU's) para a composição de preços unitários sendo extraídos dados para o orçamento da planilha de composição de custo (TCPO) e pela pesquisa de preços do mercado atual.

A partir de dados e temas abordados na revisão bibliográfica segue-se primeiramente com a análise do solo, realizada pelo SPT. Em seguida, com o projeto de cargas dos pilares já proposto e a estaca Strauss já dimensionada será realizado novamente o dimensionamento da capacidade de carga geotécnica e estrutural da estaca Strauss a fim de saber se a fundação está de acordo com os parâmetros, superdimensionada ou subdimensionada, seguindo conseqüentemente com o dimensionamento da estaca pré-moldada com o intuito de confirmar qual a economicamente mais viável para tal construção.

## 6. ESTUDO DE CASO

### 6.1. Descrição do Projeto

O estudo de caso refere-se a um edifício comercial e residencial de quatro pavimentos com subsolo, localizado a Rua Sagrado Corações esquina com a Rua Joaquim Marques Padilha, Centro; na cidade de Eloi Mendes – MG, com área ocupacional de 1.551,88 m<sup>2</sup>.

A planta de localização dos pilares e a tabela referente às cargas estão no ANEXO A. À tabela 02 refere-se à numeração dos pilares, dimensões e cargas solicitadas para a fundação.

Tabela 7 - Pilares com suas respectivas dimensões e cargas

Pilar	Dimensões (cm)	Cargas (tf)	Pilar	Dimensões (cm)	Cargas (tf)
P1	20 X 40	36,3	P15	20 X 50	60,6
P2	20 X 40	45,8	P16	20 X 50	80,5
P3	20 X 40	36,2	P17	20 X 50	61,4
P4	20 X 40	40,4	P18	20 X 40	57
P5	20 X 40	45,4	P19	20 X 50	70
P6	20 X 40	31,5	P20	20 X 50	68,6
P7	20 X 50	89,7	P21	20 X 50	61
P8	20 X 50	122,7	P22	20 X 40	55,7
P9	20 X 50	85,8	P23	20 X 40	34,1
P10	20 X 50	80,5	P24	20 X 40	38
P11	20 X 50	67	P25	20 X 40	27,4
P12	20 X 50	94,5	P26	20 X 40	26,8
P13	20 X 50	61,7	P27	20 X 40	38,1
P14	20 X 40	57,1	P28	20 X 40	27,9

Fonte: Autor

#### 6.1.1. Perfil Geotécnico

O perfil geotécnico foi estabelecido a partir da sondagem por percussão (SPT) standart penetration test e depois da realização de duas sondagens, conforme ANEXO B, foi adotada a pior situação para a realização do projeto. Dados da sondagem a partir do ANEXO C e D.

## 6.2. Dimensionamento da fundação

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

### 6.2.1. Dimensionamento da estaca Strauss

Recalculando o projeto atual, para o dimensionamento da capacidade de carga geotécnica foi usado o mesmo diâmetro, a mesma armadura e a mesma profundidade.

- Estaca Strauss

Diâmetro: 0,22 m

Carga catálogo: 200 KN

Comprimento: 13 m

Nspt: de acordo com Anexo D

1º passo é o cálculo do fator de correção de acordo com a estaca adotada, apresentado na tabela 04.

$$F1 = 3,0 \quad (20)$$

$$F2 = 2 * 3,0 = 6 \quad (21)$$

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

Resistência Lateral ( $R_{L1}$ )

De -1 m a -5 m: Argila Siltosa

$$N_{med} = \frac{33}{4} = 8,25 \quad (22)$$

K=220 e  $\alpha=4\%$

$$R_{L1} = \frac{0,04 * 220 * 8,25}{6} * \pi * 0,22 * 4 = 33,45 \text{ KN} \quad (23)$$

Resistência Lateral ( $R_{L2}$ )

De -5 m a -8 m: Argila Siltosa

$$N_{med} = \frac{48}{3} = 16 \quad (24)$$

K=220 e  $\alpha=4\%$

$$R_{L2} = \frac{0,04 \cdot 220 \cdot 16}{6} * \pi * 0,22 * 3 = 48,66 \text{ KN} \quad (25)$$

Resistência Lateral ( $R_{L3}$ )

De -8 m a -13 m: Silte arenoso

$$N_{med} = \frac{169}{5} = 33,8 \quad (26)$$

K=550 e  $\alpha=2,2\%$

$$R_{L3} = \frac{0,022 \cdot 550 \cdot 33,8}{6} * \pi * 0,22 * 5 = 235,56 \text{ KN} \quad (27)$$

Resistência Lateral Total:

$$R_L = 33,45 + 48,66 + 235,56 = 317,67 \text{ KN} \quad (28)$$

3º passo é o calculo da resistência de ponta que consisti em função do tipo de solo Nspt e o fator de correção F1.

Resistência de ponta (cota -13 m)

Silte arenoso Nspt = 48

$$R_p = \frac{55 \cdot 48}{3} * \frac{\pi \cdot (0,22^2)}{4} = 334,52 \text{ KN} \quad (29)$$

4º passo é calcular a Capacidade de carga da estaca, que consiste na somatória da resistência lateral ( $R_L$ ) e a resistência de ponta ( $R_p$ )

$$R = 317,67 + 334,53 = 652,20 \text{ KN} \quad (30)$$

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

$$P_a = \frac{652,20}{2} = 326,10 \text{ KN} \quad (31)$$

A partir dos cálculos realizados, com o ajuda do Microsoft Excel foi elaborada uma planilha, apresentado na tabela 08, que possibilita a identificação da capacidade de carga a cada metro de profundidade de acordo com o boletim de sondagem 02 (ANEXO D).

Tabela 8 – Dimensionamento da capacidade de carga geotécnica da estaca Strauss de m em m pelo método Aoki-Velloso

Método Aoki-Velloso (1975)											
Prof. (m)	N <sub>SPT</sub>	TIPO DE SOLO	K (Kpm)	$\alpha$	F1	F2	RL por m (KN)	RL (acum)	Rp (na camada) (KN)	R total (KN)	Qadm (KN)
1,00	0,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	4,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	4,05	4,05	11,15	15,21	7,60
3,00	6,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	6,08	10,14	16,73	26,86	13,43
4,00	11,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	11,15	21,29	30,66	51,95	25,98
5,00	12,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	12,16	33,45	33,45	66,90	33,45
6,00	15,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	15,21	48,66	41,81	90,47	45,24
7,00	16,00	ARGILA SILTOSA	220	0,04	3,00	6,00	16,22	60,82	44,60	105,42	52,71
8,00	17,00	SILTE ARENOSO	220	0,04	3,00	6,00	17,23	82,11	47,39	129,50	64,75
9,00	19,00	SILTE ARENOSO	550	0,022	3,00	6,00	26,48	108,59	132,41	241,00	120,50
10,00	27,00	SILTE ARENOSO	550	0,022	3,00	6,00	37,63	172,71	188,17	360,87	180,44
11,00	36,00	SILTE ARENOSO	550	0,022	3,00	6,00	50,18	196,40	250,89	447,29	223,64
12,00	39,00	SILTE ARENOSO	550	0,022	3,00	6,00	54,36	250,76	271,79	522,56	261,28
13,00	48,00	SILTE ARENOSO	550	0,022	3,00	6,00	66,90	317,66	334,52	652,18	326,09

Fonte: Autor

Para o dimensionamento do número de estaca por bloco é necessário a transmissão da carga do pilar ao solo da fundação, dado pela equação:

$$N_e \geq \frac{Q_{pilar}}{Q_{adm}} \quad (31)$$

Onde:

 $N_e$  = Número de estaca

$Q_{pilar}$  = Carga do pilar

$Q_{adm}$  = Carga admissível

Conforme o dimensionamento da capacidade de carga geotécnica (tabela 08) e a planta de localização dos pilares e suas devidas cargas, será obtido o número de estaca necessária por bloco através da tabela 09, apresentando todas as informações como carga máxima (tf), quantidade de estaca por bloco, diâmetro e profundidade.

Tabela 9 - Agrupamento das estacas através da carga admissível geotécnica

Estaca Escavada Strauss					
Pilar	Cargas (tf)	Qpilar/Qadm	Numero de estaca/bloco	Diâmetro (cm)	Profundidade (m)
P1	36,3	1,11	2	22	13
P2	45,8	1,40	2	22	13
P3	36,2	1,11	2	22	13
P4	40,4	1,24	2	22	13
P5	45,4	1,39	2	22	13
P6	31,5	0,97	1	22	13
P7	89,7	2,75	3	22	13
P8	123	3,76	4	22	13
P9	85,8	2,63	3	22	13
P10	80,5	2,47	3	22	13
P11	67	2,05	3	22	13
P12	94,5	2,90	3	22	13
P13	61,7	1,89	2	22	13
P14	57,1	1,75	2	22	13
P15	60,6	1,86	2	22	13
P16	80,5	2,47	3	22	13
P17	61,4	1,88	2	22	13
P18	57	1,75	2	22	13
P19	70	2,15	3	22	13
P20	68,6	2,10	3	22	13
P21	61	1,87	2	22	13
P22	55,7	1,71	2	22	13
P23	34,1	1,05	2	22	13
P24	38	1,17	2	22	13
P25	27,4	0,84	1	22	13
P26	26,8	0,82	1	22	13
P27	38,1	1,17	2	22	13
P28	27,9	0,86	1	22	13
		Σ	62		

Fonte: Autor

Usando a carga admissível estrutural da estaca fornecida da pela empresa que elaborou a fundação, de 15 toneladas, pode-se chegar a um número de estaca por bloco diferente da carga admissível geotécnica (tabela 10).

Tabela 10 – Agrupamento de estacas através da carga admissível estrutural

<b>Estaca Escavada Strauss</b>					
<b>Carga admissível estrutural (15 tf)</b>					
<b>Pilar</b>	<b>Cargas (tf)</b>	<b>Qpilar/Qadm</b>	<b>Numero de estaca/bloco</b>	<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Profundidade (m)</b>
P1	36,3	2,42	3	22	13
P2	45,8	3,05	4	22	13
P3	36,2	2,41	3	22	13
P4	40,4	2,69	3	22	13
P5	45,4	3,03	4	22	13
P6	31,5	2,10	3	22	13
P7	89,7	5,98	6	22	13
P8	122,7	8,18	9	22	13
P9	85,8	5,72	6	22	13
P10	80,5	5,37	6	22	13
P11	67	4,47	5	22	13
P12	94,5	6,30	7	22	13
P13	61,7	4,11	5	22	13
P14	57,1	3,81	4	22	13
P15	60,6	4,04	5	22	13
P16	80,5	5,37	6	22	13
P17	61,4	4,09	5	22	13
P18	57	3,80	4	22	13
P19	70	4,67	5	22	13
P20	68,6	4,57	5	22	13
P21	61	4,07	5	22	13
P22	55,7	3,71	4	22	13
P23	34,1	2,27	3	22	13
P24	38	2,53	3	22	13
P25	27,4	1,83	2	22	13
P26	26,8	1,79	2	22	13
P27	38,1	2,54	3	22	13
P28	27,9	1,86	2	22	13
		Σ	122		

Fonte: Autor

O projeto fornecido da fundação estaca Strauss (ANEXO A) se resume na tabela 11 onde é citado o pilar e suas devidas cargas e dimensões, quantidade de estaca por bloco e sua profundidade.

Tabela 11 – Agrupamento de estacas real do projeto

<b>Estaca Escavada Strauss</b>				
<b>Pilar</b>	<b>Cargas (tf)</b>	<b>Numero de estaca/bloco</b>	<b>Diâmetro (cm)</b>	<b>Profundidade (m)</b>
P1	36,3	4	22	13
P2	45,8	4	22	13
P3	36,2	4	22	13
P4	40,4	4	22	13
P5	45,4	4	22	13
P6	31,5	4	22	13
P7	89,7	6	22	13
P8	122,7	9	22	13
P9	85,8	9	22	13
P10	80,5	9	22	13
P11	67	6	22	13
P12	94,5	9	22	13
P13	61,7	6	22	13
P14	57,1	6	22	13
P15	60,6	6	22	13
P16	80,5	9	22	13
P17	61,4	6	22	13
P18	57	6	22	13
P19	70	6	22	13
P20	68,6	6	22	13
P21	61	6	22	13
P22	55,7	4	22	13
P23	34,1	4	22	13
P24	38	4	22	13
P25	27,4	4	22	13
P26	26,8	4	22	13
P27	38,1	4	22	13
P28	27,9	4	22	13
	$\Sigma$	157		

Fonte: Autor

Como observado, após o novo dimensionamento da carga admissível geotécnica, pode-se diminuir 95 estacas, mas com a carga admissível estrutural fornecida pela empresa executora do projeto pode-se diminuir 35 estacas no total.

## 7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo foram abordados os resultados encontrados com o dimensionamento do tipo de fundação existente na edificação, a estaca Strauss. O melhor tipo de fundação é aquela que suporta as cargas da estrutura com segurança e se adéqua aos aspectos técnicos e econômicos.

Sendo assim após o novo dimensionamento da carga admissível geotécnica da fundação existente no local, foi observado que há um superdimensionamento, havendo um número desnecessário de estacas no local.

Para um projeto real, após o dimensionamento da carga admissível geotécnica, tem que levar em conta também a carga admissível estrutural, após a análise das duas, para se obter o número de estacas por bloco, usa-se a carga menor.

A empresa que executou a fundação forneceu a carga admissível estrutural da estaca, com isso foi elaborado um novo agrupamento de estacas, que pode chegar ao um número maior de estacas por bloco do que com a carga admissível geotécnica. Mesmo com a carga real pode perceber que há um superdimensionamento na fundação, pois a quantidade de estaca ainda pode-se diminuir.

## **8. CONCLUSÃO**

Ao concluir os resultados encontrados ficou evidenciada neste trabalho a importância do estudo comparativo de diferentes possibilidades antes da tomada de decisão final, uma vez que a quantidade de estacas extremamente maior dê diferença entre opções tecnicamente viável podendo impactar fortemente no custo final da edificação.

Considerando os resultados obtidos, como sugestão de continuação deste estudo, indica-se proceder ao dimensionamento analisando assim outro tipo de fundação, como a estaca pré-moldada, de maneira que não modifique a viabilidade técnica, mas torna a edificação economicamente mais viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APEMOL- Associação Paulista de empresas Executoras de Estacas Moldadas no Local – Sistema Strauss. Especificações da execução de estaca tipo Strauss. São Paulo, APEMOL, s.d

Assahi, P. N. Sistema de Fôrma para estrutura de concreto. 2013. Disponível em: <file:///F:/9%C2%BA%20periodo/Tcc%20(comparativo%20de%20funda%C3%A7%C3%B5es)/Artigos/Sistema%20de%20formas%20para%20estrutura%20de%20concreto.pdf> Acesso em: 09/04/2015 às 16h39min

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1999). Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – NBR12721/99. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). Sondagens de simples reconhecimento com SPT – NBR6484/01. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2002). Informação e documentação – Citações em documentos – NBR6484/02. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983). Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – NBR8036/83. Rio de Janeiro.

AVILLA, Antonio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de obras. 2003** Planejamento e Orçamento de Obras – Universidade de Santa Catarina. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>> . Acesso em: (06/04/2015)

BALBINO FUNDAÇÕES no Estado de São Paulo. **Estaca cravada por percussão** Disponível em:<<http://balbino.com.br/centro-de-informacoes/estacas-cravadas-por-percussao>>.Acesso em: 12/04/2015 às 23h49min

BARROS, Mercia. Fundações. 1996. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Construção Civil. PCC-2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABIHgAD/fundacoes>>Acesso em: (07/04/2015)

CINTRA, JOSÉ CARLOS A. Fundações por estacas: projeto geotécnico José Carlos A.Cintra, Nelson Aoki. São Paulo: Oficina de texto, 2010. 96p.

GUERRIN, A.; LAVAUUR, Roger C. **Tratado de Concreto Armado** – As Fundações. Tradução de Carlos Antonio Lauand. São Paulo: Hemus,[2002?]. 322 p. il.

JOPPERT JUNIOR, Ivan. **Fundações e contenções de edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução.** São Paulo: PINI, 2007.

Leite, F. B. Comparativo de Custos de Fundações Profundas entre Estaca Pré-Moldadas e Estacas Hélice Contínua. 2014. 94 p. TCC – Universidade do Sul de Minas UNIS-MG

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

MORAES, Marcello de Cunha. **Estruturas de fundações**. 3.ed São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

NEVES, Luis Fernando de Seixas; **Estaca em Perfil Metálico**. Dicionário de Engenharia Geotécnica e Fundações. 2006. Disponível em: <<http://www.dicionariogeotecnico.com.br/album/album.php?album=fundacoes/perfil&link=fund>>. Acesso em 13/04/2015

NETO, Raphael Yani Martins; SILVEIRA, Francisco Sandoval B.; GOMES, Nilo Lima; SANTOS, Eduardo Martins DOS; PRANDINI, Edna; **Atualização dos percentuais máximos para Encargos Sociais**, Supremo Tribunal Federal, Brasília, 24 de setembro 2007. Disponível em:<[http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/sobrestfestudosoci/anexo/encargos\\_sociais\\_03102007.pdf](http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/sobrestfestudosoci/anexo/encargos_sociais_03102007.pdf)> Acesso em: (06/04/2015)

TECGEO NO Estado de Minas Gerais. In: TÉCNICAS EM GEOTECNIA LTDA. **Estaca pré-moldada de madeira** Disponível em:<<http://www.tecgeo.com.br/servicos/estacas-de-madeira-6>> Acessado em: 13/04/2015

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais. Vol. I e II**. São Paulo: Oficina De Textos, 2004, 708 p. il. Inclui Bibliografia

XAVIER, Ivan. **Orçamento, planejamento e custo de obras. 2008**. Fundação para Pesquisa Ambiental (FUPAM). Disponível em: <[http://www.lamehousing.com.br/uploads/artigos/10092010\\_135652.pdf](http://www.lamehousing.com.br/uploads/artigos/10092010_135652.pdf)>. Acesso em: (06/04/2015)

**ANEXO A – Planta de localização dos pilares e fundações**

## ANEXO B – Locação da execução das sondagens

## PLANTA DE SITUAÇÃO



CLIENTE : JOSÉ HORÁCIO BUENO MARTINS		FOLHA: 01 / 01
OBRA : R. JOAQUIM MARQUES PADILHA COM R. SAGRADO CORAÇÃO		RELATÓRIO N. 1017 / 04 / 14
CIDADE : ELOI MENDES - MG.		
ENG. RESPONSÁVEL:	DATA: 29 / 04 / 2013	APROVAÇÃO:

## ANEXO C – Boletim de sondagem SPT furo 01

SONDAGEM DE SOLO A PERCUSSÃO				Eng. AMAURI VILELA GAZOLA CREA 44.798/D			SITIO DA BARRA-S/N ZONA RURAL VARGEMHA - MG FONE: (35) 8881 9666 e mail: amaurivg@hotmail.com.br							
FURO N.01 COTA: 0,00				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA INICIAL: 0.00 Mts      26 / 04 / 14 FINAL: 0.00 Mts      27 / 04 / 14			REVESTIMENTO DIÁMETRO 2 1/2" ANOTADOR: INTERNO 1 3/4" EXTERNO 2" PESO 68kg ALTURA DE QUEDA 75cm COMPRIMENTO DO REVESTIMENTO 2,00 m.							
PROFUNDIDADE DA MOSTRA	POSICÃO NA COTA EM RELACAO AO RN. (m)	TIPO DE SOLO	INDICE SPT		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	DUREZA	HÚMERO DE GOLPES 30 cm							
			1º+2º	2º+3º			10	20	30	40	50			
01	-1,00	///	X	X	ARGILA SILTOSA MARRON ESCURA ATÉ 4,00m.	X								
02	-2,00	//	02	04	// // //	MOLE								
03	-3,00	//	06	07	// // //	MOLE								
04	-4,00	///	10	12	ARGILA SILTOSA MARRON CLARA COM VEIOS AMARELO ATÉ 6,45m.	MEDIA								
05	-5,00	//	11	12	// // //	MEDIA								
06	-6,00	//	13	15	// // //	RUA								
07	-7,00	//	14	15	// // //	RUA								
08	-8,00	///	16	18	SILT ARENO AMARELO ESCURO COM VEIOS BRANCO ATÉ 12,45m.	MEDIANAMENTE COMPACTA								
09	-9,00	//	19	20	// // //	MEDIANAMENTE COMPACTA								
10	-10,00	//	29	37	// // //	COMPACTA								
11	-11,00	//	39	41	// // //	COMPACTA								
12	-12,00	//	42	47	// // //	COMPACTA								
13					LIMITE DE SONDAEM PELO SPT. 12,45m.									
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

CLIENTE: JOSÉ HORÁCIO BUENO MARTINS		FOLHA: 01 / 01	
OBRA: R. JOAQUIN MARQUES PADILHA ESQUINA COM R. SAGRADO CORAÇÃO		RELATÓRIO N.	
CIDADE: ELOI MENDES - MG		1017 / 04 / 14	
ENG. RESPONSÁVEL:	DATA: 28 / 04 / 2014	APROVAÇÃO:	

## ANEXO D – Boletim de sondagem SPT furo 02

SONDAGEM DE SOLO A PERCUSSÃO				Eng. AMAURI VILELA GAZOLA CREA 44.796/D			SÍTIO DA BARRA SIN ZONA RURAL VARGEMBA - MG FONE: 35 / 9961 9465 e mail: amaurivg@bolinas.com.br							
FURO N.02				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA			REVESTIMENTO: DIÂMETRO 2 1/2" AMOSTRADOR: INTERNO 1 1/2" EXTERNO 2" PESO 60kg ALTURA DE QUEDA 76cm							
COTA: 0,00				INICIAL: 0.00 Mts 27 / 04 / 14			COMPRIMENTO DO REVESTIMENTO 2,00 m.							
PROFUNDIDADE BALNEIARIA	POSIÇÃO NA COTA	COTA EM RELACAO AO PN (m)	TIPO DE SOLO	ÍNDICE SPT		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	DUREZA	OBS.: L.T. - LAVAGEM EM TEMPO SIM ( NÃO ) NÚMERO DE GOLPES (30 cm)						
				1*2*	2*4*			10	20	30	40	50		
01	-1,00			X	X	ARGILA SILTOSA MARRON ESCURA ATÉ 6,50m.	X							
02	-2,00		//	03	04	// // //	MOLE							
03	-3,00		//	05	06	// // //	MOLE							
04	-4,00		//	09	11	// // //	MÉDIA							
05	-5,00			11	12	ARGILA SILTOSA MARRON CLARA COM VEIOS AMARELO ATÉ 6,45m.	MÉDIA							
06	-6,00		//	14	15	// // //	RUA							
07	-7,00		//	14	16	// // //	RUA							
08	-8,00			15	17	SILT ARENOSO AMARELO ESCURO COM VEIOS BRANCO ATÉ 13,45m.	MEDIANAMENTE COMPACTA							
09	-9,00		//	18	19	// // //	MEDIANAMENTE COMPACTA							
10	-10,00		//	25	27	// // //	MEDIANAMENTE COMPACTA							
11	-11,00		//	32	36	// // //	COMPACTA							
12	-12,00		//	36	39	// // //	COMPACTA							
13	-13,00		//	41	48	// // //	COMPACTA							
14						LIMITE DE SONDAÇÃO PELO SPT - 13,45m.								
15														
16														
17														
18														
19														
20														

CLIENTE: JOSÉ HORÁCIO BUENO MARTINS

OBRA: R. JOAQUIM MARQUES PADILHA ESQUINA COM R. SAGRADO CORAÇÃO

CIDADE: ELOI MENDES - MG

FOLHA: 01 / 02

RELATÓRIO N.

1017 / 04 / 14

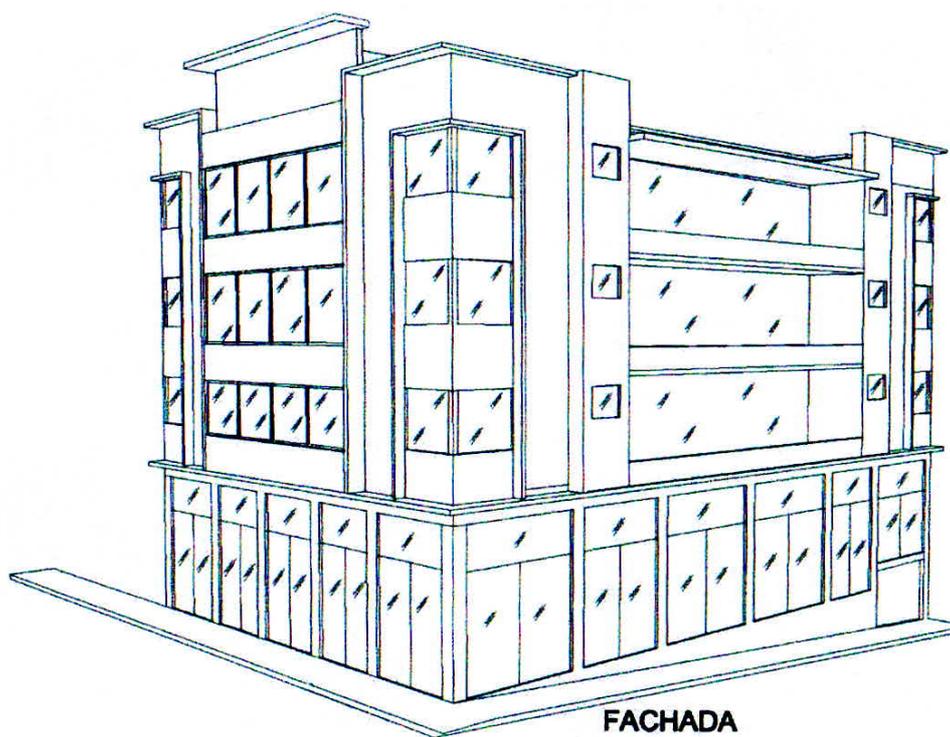
ENG. RESPONSÁVEL:

DATA:

29 / 04 / 2014

APROVAÇÃO:

**ANEXO E – Fachada do edifício**



**ANEXO F – Plantas baixas**

ANEXO G – Corte CD

