

PROJETO DE FUNDAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM ESTACA HÉLICE
ÔMEGA E COMPARAÇÃO DE CUSTOS COM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

PAOLLA MORAES DE CARVALHO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO DE 2013

PROJETO DE FUNDAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM ESTACA HÉLICE
ÔMEGA E COMPARAÇÃO DE CUSTOS COM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

PAOLLA MORAES DE CARVALHO

“Projeto Final em Engenharia Civil apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Orientador: Prof. Paulo César de Almeida Maia

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO DE 2013

PROJETO DE FUNDAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM ESTACA HÉLICE
ÔMEGA E COMPARAÇÃO DE CUSTOS COM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

PAOLLA MORAES DE CARVALHO

“Projeto Final em Engenharia Civil
apresentado ao Laboratório de
Engenharia Civil da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para
obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Aprovada em 26 de Março de 2013.

Comissão Examinadora:

Prof. Paulo César de Almeida Maia (Orientador, Dr.Sc., Engenharia Civil) – UENF.

Prof. Rodrigo Martins Reis

Engº Bruno Magno Gomes Ramos

À minha mãe, pelo apoio e incentivo na conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar e iluminar meu caminho.

Aos meus pais, irmãos, e toda minha família, que com muito apoio e carinho não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao professor e orientador Paulo C. de Almeida Maia, pela paciência e pelos ensinamentos ao longo do curso que contribuíram não só para formação acadêmica como para vida.

A todos os professores do curso, pelos ensinamentos para desenvolvimento deste trabalho.

A todos meus amigos da UENF, em especial minhas amigas Lis e Elisa, pela amizade, incentivo e apoio constantes.

Aos amigos do estágio, pela força.

Agradeço a todos, que direta ou indiretamente fizeram parte deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS, SINAIS E UNIDADES.....	xiii
CAPÍTULO 1 – Introdução.....	1
1.1– Justificativa.....	1
1.2 – Objetivos	1
1.3 – Dados Iniciais de Projeto	2
1.4 – Considerações Iniciais	2
1.4.1 – Fundações Profundas.....	2
CAPÍTULO 2 – Estacas Hélice Ômega.....	5
2.1 – Introdução	5
2.1.1 – Metodologia Executiva.....	6
2.1.2 – Perfuração	7
2.1.3 – Concretagem	9
2.1.4 – Colocação de Armadura	9
2.1.5 – Monitoração e Controle na Execução	10
2.2 - Vantagens e Desvantagens das Estacas Hélice Contínua e Hélice Ômega .	11
2.2.1 – Estaca Hélice Contínua	11
2.2.2 – Estaca Hélice Ômega	13
2.2.3 – Análise das Vantagens e Desvantagens das Estacas Hélice Contínua e Ômega.....	14
CAPÍTULO 3 – Estudo do Maciço	15
3.1 – Relatório de Sondagem	15
3.2 – Análise do Maciço	16
CAPÍTULO 4 – Capacidade de Carga Geotécnica.....	18
4.1 – Método utilizado – Método de CABRAL et al. (2000).....	18
4.2 – Cálculo de Capacidade de Carga das Estacas.....	19
4.2.1 – Cargas de Atrito Lateral na Ruptura	19
4.2.2 – Carga de Ruptura de Ponta	20
4.2.3 – Carga Última de Ruptura	20

4.3 – Análise da Capacidade de Carga.....	20
4.4 – Determinação do Número de Estacas por Pilar	21
4.5 – Determinação do Diâmetro da Estaca	25
4.6 – Determinação do Número de Estacas Utilizando Esforços Característicos ..	26
4.7 – Locação das Estacas	26
4.8 – Determinação da Armadura da Estaca	27
4.9 – Recalque	28
CAPÍTULO 5 – Custo das Fundações.....	29
5.1 – Custo Estaca Hélice Contínua	30
5.2 – Custo Estaca Hélice Ômega	31
5.3 – Análise do Custo	32
CAPÍTULO 6 – Conclusão.....	33
BIBLIOGRAFIA	34
APÊNDICES.....	35

RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração do projeto de fundação de um edifício multifamiliar, de cinco pavimentos, com estacas hélice ômega como elemento de fundação e comparação de custo com estacas hélice contínua.

É feita uma apresentação dos tipos de fundações e uma revisão bibliográfica apresentando a evolução executiva da estaca, o processo executivo, as vantagens e desvantagens e aspectos relevantes para sua execução.

Após conhecimento do tipo de fundação adotada, faz-se um estudo do tipo de solo que será empregado o elemento de fundação.

Para cálculo de capacidade de carga das estacas hélice ômega, foi utilizado o método de CABRAL *et al.* (2000) e os ensaios SPTs disponibilizados para o estudo.

Para o desenvolvimento do projeto executivo, foi escolhida a fundação hélice ômega de 0,32m de diâmetro, sendo este similar ao utilizado em hélice contínua.

A execução de uma planilha de orçamento das fundações hélice contínua e hélice ômega permite que seja realizada, ainda, uma análise comparativa de custo entre as fundações abordadas. Para o orçamento, foi considerado o custo das estacas, materiais para sua execução e mobilização do equipamento de execução das estacas.

Este projeto executivo de fundação é composto por planta de locação e carga dos pilares, especificações e detalhamento das estacas, e processo executivo das fundações.

Palavras chave: Estaca Hélice Ômega, Estaca Hélice Contínua, Estaca de Concreto, Fundação, Projeto Final de Engenharia Civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estacas pré-moldadas de concreto.....	3
Figura 2 - Representação fundação profunda tipo Tubulão.	3
Figura 3 - Esquemático execução de tubulão.	4
Figura 4 - Execução de tubulão a céu aberto.....	4
Figura 5 – Formato do parafuso da estaca ômega (FUNDESP, 2001).	6
Figura 6 – Sequência executiva da estaca ômega (BOTTIAU et. al., 1998).	7
Figura 7 – Execução de estaca Hélice Ômega (FUNDESP, 2002).	8
Figura 8 – Preparo para iniciar a perfuração.....	8
Figura 9 - Armação para Estacas Hélice.....	10
Figura 10 – Modelo da ficha de controle de uma estaca ômega.....	11
Figura 11 - Posicionamento dos furos de sondagem no terreno.....	16
Figura 12 - Perfil longitudinal do subsolo, segundo o alinhamento das sondagens SPT 01 e SPT 02.	17
Figura 13 – Representação de pilar com cinco estacas.....	27
Figura 14 – Detalhamento da armadura.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes β_1 e β_2	19
Tabela 2 – Carga de ruptura por atrito lateral utilizando SPT01 a partir do método de CABRAL et al. (2000).....	19
Tabela 3 – Carga de ruptura por atrito lateral utilizando SPT02 pelo método de CABRAL et al. (2000).....	20
Tabela 4 – Carga de ruptura de ponta utilizando SPT01 pelo método de CABRAL et al. (2000).....	20
Tabela 5 – Carga de ruptura de ponta utilizando SPT02 pelo método de CABRAL et al. (2000).....	20
Tabela 6 – Carga última de ruptura pelo método de CABRAL et al. (2000).....	20
Tabela 7 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,32 m de diâmetro.	22
Tabela 8 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,42 m de diâmetro.	23
Tabela 9 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,52 m de diâmetro.	24
Tabela 10 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,62 m de diâmetro.	25
Tabela 11 – Custo para execução de estaca Hélice Contínua.....	30
Tabela 12 – Custo para execução de estaca Hélice Ômega.	31

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS, SINAIS E UNIDADES

β_2	Coeficiente para determinação de carga de ponta.
β_1	Coeficiente para determinação da carga lateral.
N_{SPT}	Número de golpes do SPT da ponta da estaca.
A_p	Área da ponta da estaca (m ²).
Φ	Diâmetro da estaca(m).
L	Comprimento da estaca (m).
NBR	Norma Brasileira.
ω	Recalque.
Q	Carga.
I0	Fator de influência em função da razão entre o diâmetro da base da estaca e o diâmetro da estaca.
E	Módulo de elasticidade do solo.
B	Diâmetro da base da estaca.
K	Compressibilidade da estaca.
Ra	Fator de rigidez da estaca.
Rk	Fator de correção para a compressibilidade da estaca.
Rh	Fator de correção para a espessura de solo compressível.
Rv	Fator de correção para o coeficiente de Poisson do solo.
Rb	Fator de correção para base ou ponta em solo mais rígido.

CAPÍTULO 1 – Introdução

1.1– Justificativa

A engenharia de fundações vem evoluindo constantemente em busca de novos equipamentos para execução de elementos de fundações, a fim de apresentar a cada dia, materiais mais produtivos, com elevadas capacidades de carga, melhores qualidades durante a execução, entre outros aspectos.

A partir deste propósito surgiram no mercado de trabalho nos últimos anos e tiveram um grande desenvolvimento, as estacas hélice contínua, sendo hoje, tão utilizadas quanto as pré-moldadas nos grandes centros urbanos do país. Mais recentemente, e ainda com pouco uso, comparando-se com a hélice contínua, surgiam as estacas ômega, que podem se transformar em estacas de uso tão intenso quanto as já encontradas no mercado.

Por serem novas no país, os estudos de desempenho e comportamento das estacas são limitados, principalmente, a hélice ômega em relação aos seus aspectos executivos e sua influência no desenvolvimento final das estacas.

1.2 – Objetivos

Neste trabalho, será realizada a elaboração do projeto executivo das fundações de uma edificação multifamiliar contendo cinco pavimentos, situada na rua Caldas Viana, nº 270/276, Flamboyant, no município de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, utilizando como elemento de fundação a estaca hélice ômega.

Para a realização deste projeto será feito um dimensionamento das estacas do edifício em hélice ômega, elaboração das plantas de locação de carga e da fundação, detalhamento estrutural das estacas, elaboração do orçamento detalhado das fundações em estaca hélice ômega e em estaca hélice contínua.

Posteriormente será feita uma análise de custos da fundação projetada e comparação com a fundação do mesmo edifício executada em estaca hélice contínua.

1.3 – Dados Iniciais de Projeto

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram disponibilizados estudos geotécnicos realizados para a obra no Relatório de Sondagem, planta de locação e cargas dos pilares e projeto executivo de fundação em estacas tipo hélice contínua.

1.4 – Considerações Iniciais

Fundação é o elemento estrutural que tem por finalidade transmitir as cargas de uma edificação para uma camada resistente do solo. Assim as fundações devem ter resistência adequada para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Além disso, o solo necessita de resistências e rigidez apropriadas para não sofrer rupturas e não apresentar deformações exageradas e diferenciadas. Existem vários tipos de fundações e a escolha do tipo mais adequado em função das cargas da edificação e da profundidade da camada resistente do solo. Com base na combinação destas duas análises optar-se-á pelo tipo que tiver o menor custo e o menor prazo de execução.

Para escolher a fundação mais apropriada, deve-se conhecer os esforços atuantes sobre a edificação, as características do solo e dos elementos estruturais que formam as fundações. Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total do edifício, porém se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso.

Para maior entendimento do trabalho realizado, apresentam-se inicialmente algumas definições de fundações. O enfoque em estaca hélice ômega descreve sua evolução no Brasil e no mundo, abordando desde o surgimento até o processo executivo com detalhes nas etapas de perfuração, concretagem e colocação da armadura.

1.4.1 – Fundações Profundas

Segundo ABNT NBR 6122:2010, fundação profunda é um 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, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

Estaca: Elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado (Figura 1), concreto moldado “*in situ*” ou mistos.



Figura 1 - Estacas pré-moldadas de concreto.

Tubulão: Elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário (Figura 3). Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada (Figura 2). 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.

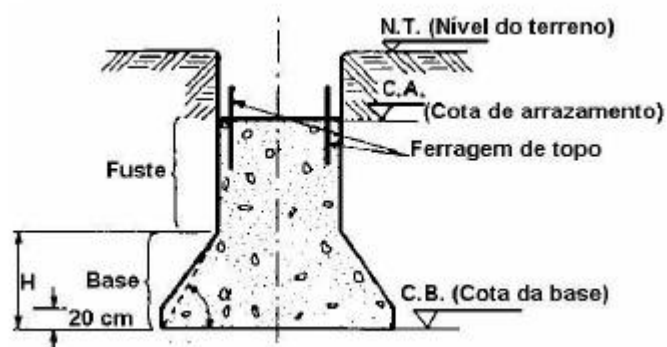


Figura 2 - Representação fundação profunda tipo Tubulão.

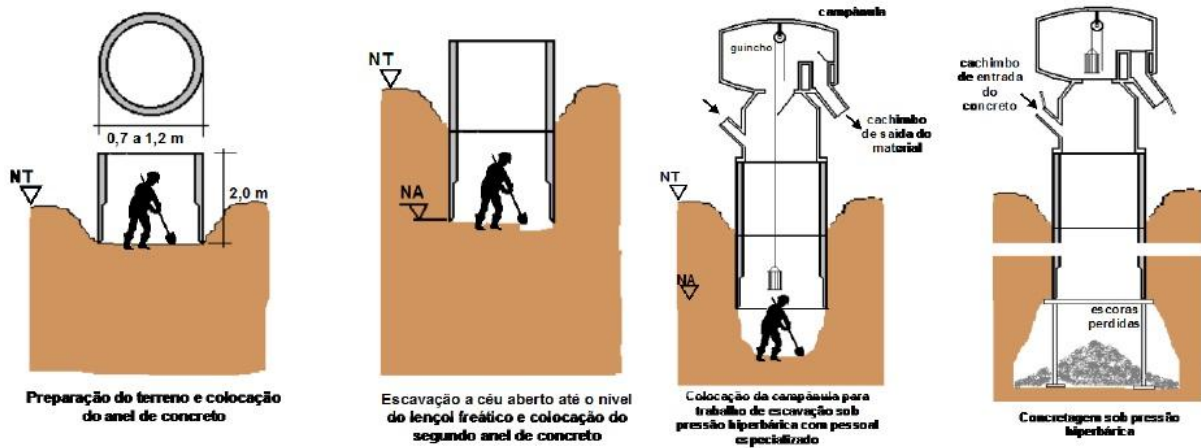


Figura 3 - Esquemático execução de tubulão.



Figura 4 - Execução de tubulão a céu aberto.

Caixão: Elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna. Na sua instalação pode-se usar ou não ar comprimido e sua base pode ser alargada ou não.

CAPÍTULO 2 – Estacas Hélice Ômega

2.1 – Introdução

A estaca ômega foi desenvolvida na Bélgica a partir de 1993, difundindo-se inicialmente para os países vizinhos da Europa, Reino Unido e Austrália. No Brasil foi introduzida em 1997. Acredita-se que, devido às suas características, seu uso deva, provavelmente, disseminar-se pelo país tornando-se bastante popular.

A estaca hélice ômega é uma estaca de concreto moldada “in loco”, de deslocamento. É uma estaca de ação dupla de deslocamento, primeiro durante a perfuração e depois na concretagem da estaca. Segundo VAN IMPE (1994) a estaca ômega é uma estaca de deslocamento baseada no processo de “aparafusamento” do solo. Para BUSTAMANTE & GIANESELLI (1998) a estaca ômega consiste de um longo parafuso que vai substituindo o solo durante a escavação (Figura 5).

O princípio desse sistema é baseado no "design" do trado, com diâmetro do eixo e passo da hélice, aumentados progressivamente, de forma a utilizar o mínimo de energia possível durante a perfuração, otimizando o aproveitamento do torque. Os diâmetros de hélice ômega disponíveis iniciam com 270mm e vão de 320mm a 620mm, com incremento de 50mm no diâmetro. Pode atingir até 28 m de profundidade. Não há nenhuma limitação teórica para os diâmetros, contanto que haja quantidade de energia disponível (torque) para cravar o trado no terreno.

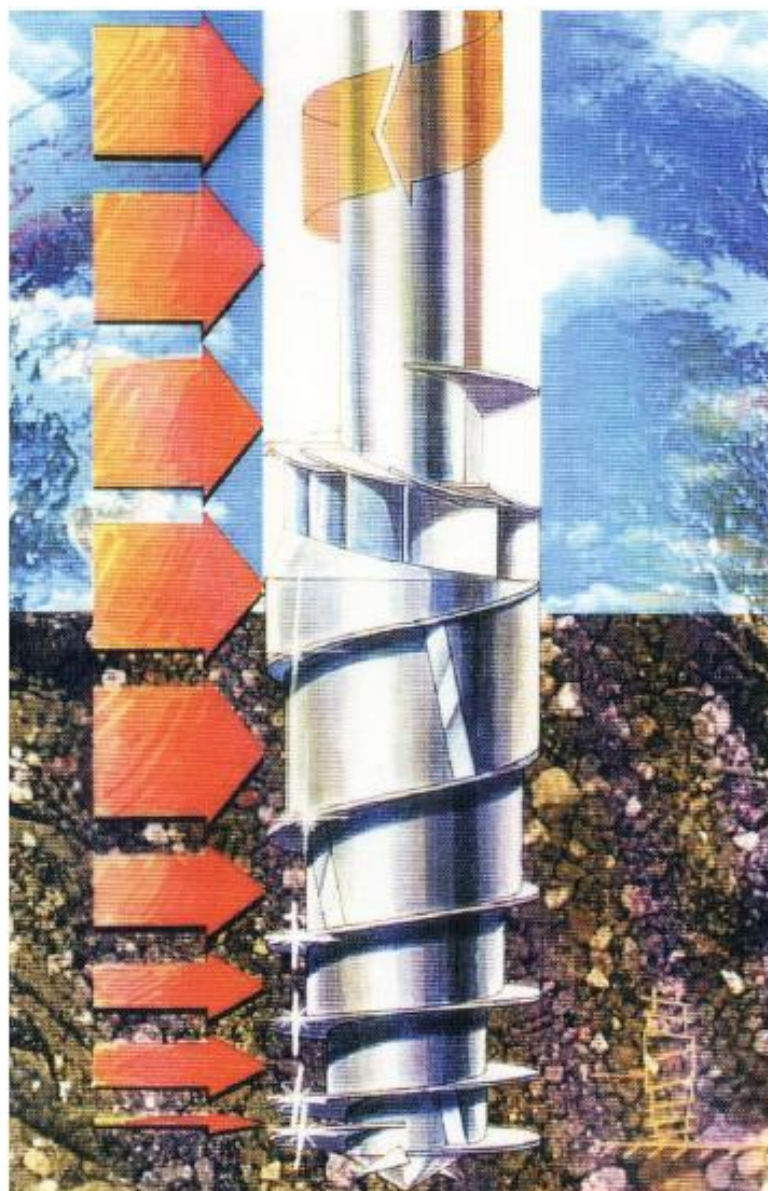


Figura 5 – Formato do parafuso da estaca ômega (FUNDESP, 2001).

2.1.1 – Metodologia Executiva

A metodologia executiva da estaca ômega é similar à da hélice contínua. Ambas são executadas em três etapas (perfuração, concretagem e armação), (Figura 6), diferenciando-se basicamente na etapa de perfuração.

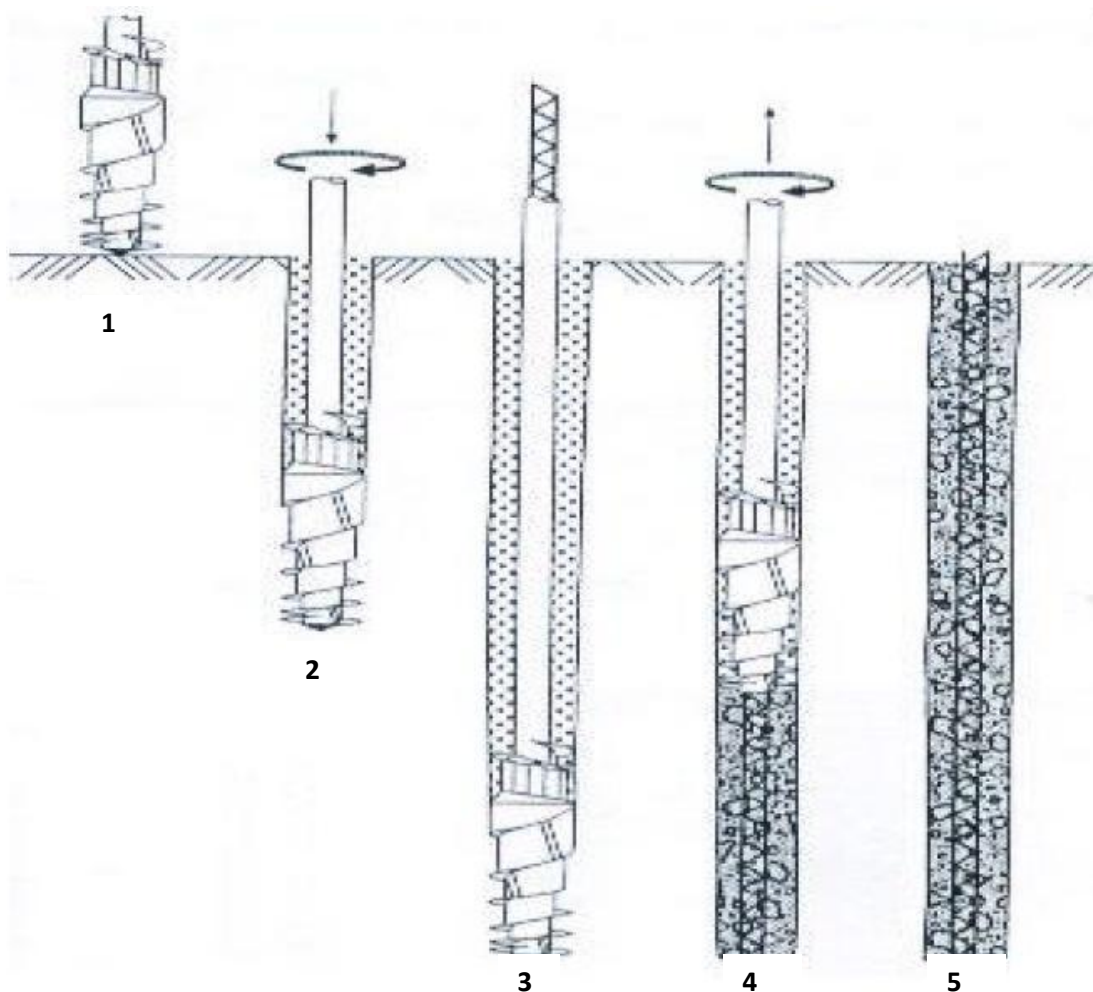


Figura 6 – Sequência executiva da estaca ômega (BOTTIAU et. al., 1998).

Etapas de execução

- 1 – Perfuração do solo;
- 2 – Perfuração do solo;
- 3 – Alcance da profundidade desejada;
- 4 – Extração do trado e concretagem da fundação;
- 5 – Colocação da Armadura da fundação.

2.1.2 – Perfuração

A perfuração é executada por cravação do parafuso da estaca ômega no terreno por rotação, como um processo de aparafusamento da hélice ômega no solo, podendo ser empregada a mesma máquina utilizada para as estacas hélice contínua, com um torque apropriado, para que o parafuso vença a resistência do solo, alcançando a profundidade determinada em projeto, (Figura 7).



Figura 7 – Execução de estaca Hélice Ômega (FUNDESP, 2002).



Figura 8 – Preparo para iniciar a perfuração.

Devido ao formato e a forma como é introduzida no terreno, a hélice parafuso da ômega desloca o solo para baixo e para os lados, resultando numa compactação do solo que fica fortemente compactado e aderido ao fuste da estaca.

Pelo modo que o parafuso ômega perfura o solo (Figura 8), é necessário um torque mais elevado para a sua perfuração em relação à hélice contínua. Eventualmente uma força de “pull-down” (cravação) é acionada. Isto oferece uma grande dificuldade para sua execução em solos mais resistentes. Usualmente, como limite de resistência para a hélice parafuso são especificados solos com valores de N_{spt} em torno de 40.

2.1.3 – Concretagem

O processo de concretagem é muito similar ao da hélice contínua. Na extração do trado, o giro é mantido lento e no mesmo sentido da perfuração, garantindo o deslocamento do solo. O concreto utilizado possui as mesmas características e propriedades do utilizado para a hélice contínua. Como não possui hélice com pás, e não retira solo durante a sua execução, esta estaca dispensa o limpador mecânico para as pás da hélice. Não é necessária a retirada e disposição final do material de descarte. Assim sendo, também não haverá o problema de subida de concreto pelas pás.

2.1.4 – Colocação de Armadura

A colocação da armadura nestas estacas pode ser feita após a concretagem, como para a hélice contínua, ou concomitante à ela.

Quando a instalação é feita durante a concretagem, a armadura é instalada por dentro do tubo antes da concretagem, e a medida que este é extraído durante a concretagem, a armadura vai sendo instalada. Este tipo de instalação é favorável à instalação de armaduras com grandes comprimentos e, principalmente, quando a estaca é armada em todo o fuste e trabalha a tração.

Quando a instalação é feita posterior a concretagem, o processo de colocação de armação é igual ao da hélice contínua, sendo necessário pilão ou vibrador para grandes comprimentos de armaduras.

No Brasil, usualmente, a armadura está sendo instalada posteriormente a concretagem.



Figura 9 - Armadura para Estacas Hélice.

2.1.5 – Monitoração e Controle na Execução

As estacas hélice ômega são monitoradas na execução por meio de um sistema computadorizado específico.

No Brasil o equipamento mais usado é chamado TARACORD, lembrando que existem outros como por exemplo, o TARALOG.

Todo processo executivo é monitorado através de sensores ligados a um computador colocado na cabine do operador. Após executada a estaca, o equipamento produz uma folha de controle com os dados (Figura 10). A utilização desses dados da monitoração, como: torque, velocidade de penetração da hélice, velocidade de extração, velocidade de rotação de trado, pressão do concreto; correlacionados entre si e/ou com o tipo de solo, poderia tornar-se valioso parâmetro de controle executivo, e na etapa de projeto, parâmetro na previsão de comportamento carga x recalque e cálculo da capacidade de carga destas estacas, valendo-se das características executivas destas estacas para atingir máximo desempenho e qualidade.

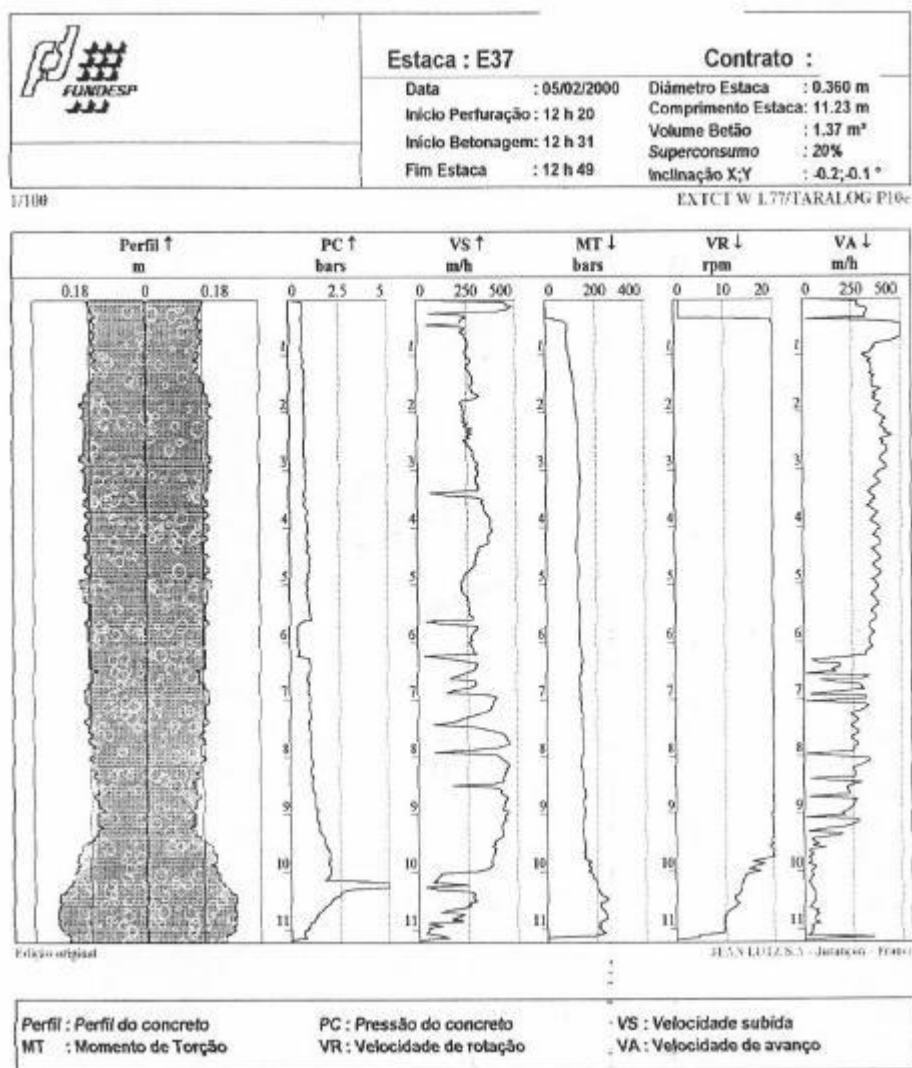


Figura 10 – Modelo da ficha de controle de uma estaca ômega.

2.2 - Vantagens e Desvantagens das Estacas Hélice Contínua e Hélice Ômega

Por se tratar de um projeto de comparação de custos entre execução de fundações em estacas hélice contínua e estaca hélice ômega seguem neste item, as vantagens e desvantagens das fundações citadas.

2.2.1 – Estaca Hélice Contínua

Estas estacas possuem entre as suas principais vantagens:

- Elevada produtividade;
- Não causam vibrações;

- Não causam ruídos durante a execução;
- Execução monitorada eletronicamente;
- Não causam danos em fundações vizinhas, já que não causam grandes descompressões no terreno;
- Não estão sujeitas ao fenômeno de densificação das areias fofas, como pode ocorrer em estacas de deslocamento;
- Perfuração sem necessidade de revestimento ou fluído estabilizante (lama bentonítica ou polímeros) para contenção do furo, pois o solo fica contido entre as pás da hélice;
- Presença de água raramente restringe o seu uso;
- Podem ser executadas em diversos tipos de solos, inclusive em solos bem resistentes e rochas brandas, e em areias compactas que normalmente oferecem dificuldades para estacas cravadas;
- Concreto injetado sob pressão, garantindo uma melhor aderência no contato estaca-solo.

E como desvantagens, podemos citar o seguinte:

- Dificuldade na instalação de armaduras mais profundas;
- Em solos fracos, pode ocorrer um alargamento ou estreitamento do fuste;
- Sua qualidade na execução está sujeita à sensibilidade e experiência do operador da perfuratriz de execução da hélice;
- Dificuldade de controle da qualidade do concreto como em todas as estacas moldadas “in loco”, e de obtenção de um concreto de boa qualidade;
- Dependência de fornecimento de concreto da concreteira, o que muitas vezes pode levar a uma interrupção da concretagem por atraso de fornecimento, ou fornecimento de concreto de má qualidade;
- Produz material de descarte;
- Necessita de pá carregadeira ou outra máquina para a retirada do material escavado;

2.2.2 – Estaca Hélice Ômega

Devido ao seu processo executivo e face sua pouca experiência no mercado, muito tem se discutido sobre as vantagens e desvantagens e aplicações das estacas ômega.

Entre as principais vantagens que o processo executivo da estaca imprime, podemos citar:

- Elevada produtividade;
- Não causam vibrações;
- Não causam ruídos durante a execução;
- Execução monitorada eletronicamente;
- Não causam danos em fundações vizinhas, já que não causam grandes descompressões no terreno;
- Não produzem material de descarte, sendo assim, não necessita da presença de máquinas, como pá carregadeira, para a retirada da terra;
- Teoricamente mobilizam mais carga lateral e de ponta que a hélice contínua, logo numa comparação entre as duas, podem ser mais curtas que a primeira para uma mesma carga e diâmetro;
- O problema de perdas de capacidade de carga em areias submersas, causado pela retirada de solo verificado em estacas hélice contínua, é bem menor para esta estaca;
- Arrasar o concreto na cota prevista de projeto, e não na cota de terreno, como para hélice contínua;
- Concreto injetado sob pressão garante uma melhor aderência no contato estaca-solo.

E como desvantagens podemos citar:

- Dificuldade na instalação de armaduras mais profundas, quando são instaladas após a concretagem;
- Necessita de máquinas com elevado torque, dificultando ou impedindo sua execução em solos resistentes e para grandes diâmetros;
- Sua qualidade na execução está sujeita à sensibilidade e experiência do operador da perfuratriz de execução da ômega;
- Dificuldade de controle de qualidade do concreto como em todas as estacas moldadas “in loco” e de obtenção de um concreto de boa qualidade;
- Dependência de fornecimento de concreto da concreteira, o que muitas vezes pode levar a uma interrupção da concretagem por atraso de fornecimento, ou fornecimento de concreto de má qualidade;

2.2.3 – Análise das Vantagens e Desvantagens das Estacas Hélice Contínua e Ômega

As estacas ômega e hélice contínua são estacas de alta tecnologia no processo de execução e possuem controle deste processo, por meio de monitoração eletrônica. Razão pela qual induz-se a impressão de que a execução destas estacas é simples, não necessitando de acompanhamento técnico especializado. Este fato, tem sido prejudicial a execução destas estacas na medida que, abdica-se de acompanhamento de um engenheiro de fundações durante a execução destas estacas.

Dentre os principais aspectos executivos que influenciarão no desempenho final das estacas descritas, destacam-se o aumento da capacidade de carga lateral e de ponta na execução das estacas ômega, o que provoca um encurtamento das estacas, comparadas às contínuas para uma mesma carga e diâmetro, além de não produzir material de descarte durante sua execução. Estas características além das já mencionadas serão exemplificadas com o estudo deste projeto.

CAPÍTULO 3 – Estudo do Maciço

3.1 – Relatório de Sondagem

Uma das fases importantes de um projeto de fundação compreende a sondagem do subsolo a fim de conhecer certos parâmetros do solo que interessam na resolução dos problemas da fundação. É relevante que se conheça a disposição, natureza e espessura das camadas de solo, assim como as suas características.

Características como: número de sondagens, seu posicionamento no terreno (levando-se em conta a posição relativa do edifício) e a profundidade a ser atingida são determinadas por profissional capacitado, baseado em normas brasileiras e em sua experiência (BRITO, 1987).

Tendo-se executado as sondagens corretamente, as informações são condensadas e apresentadas em um relatório escrito e outro gráfico, que deverá conter as seguintes informações referentes ao subsolo estimado;

- Locação dos furos de sondagem;
- Determinação dos tipos de solo até a profundidade de interesse do projeto;
- Determinação das condições de compacidade, consistência e capacidade de carga de cada tipo de solo;
- Determinação da espessura das camadas e avaliação da orientação dos planos que as separam;
- Informação do nível do lençol freático.

Estes dados, obtidos através de sondagens, retratam as características e propriedades do subsolo, depois de avaliados e minuciosamente estudados, servem de base técnica para a escolha do tipo de fundação da edificação que melhor se adapte ao terreno.

O posicionamento dos furos de sondagem realizados no terreno que foi construído o edifício multifamiliar, na Rua Caldas Viana em Campos dos Goytacazes-RJ (Figura 11), com Estacas Hélice Contínua, foram cedidos para que sejam utilizados para realização do projeto executivo de dimensionamento da fundação em Estacas Hélice Ômega do mesmo edifício.

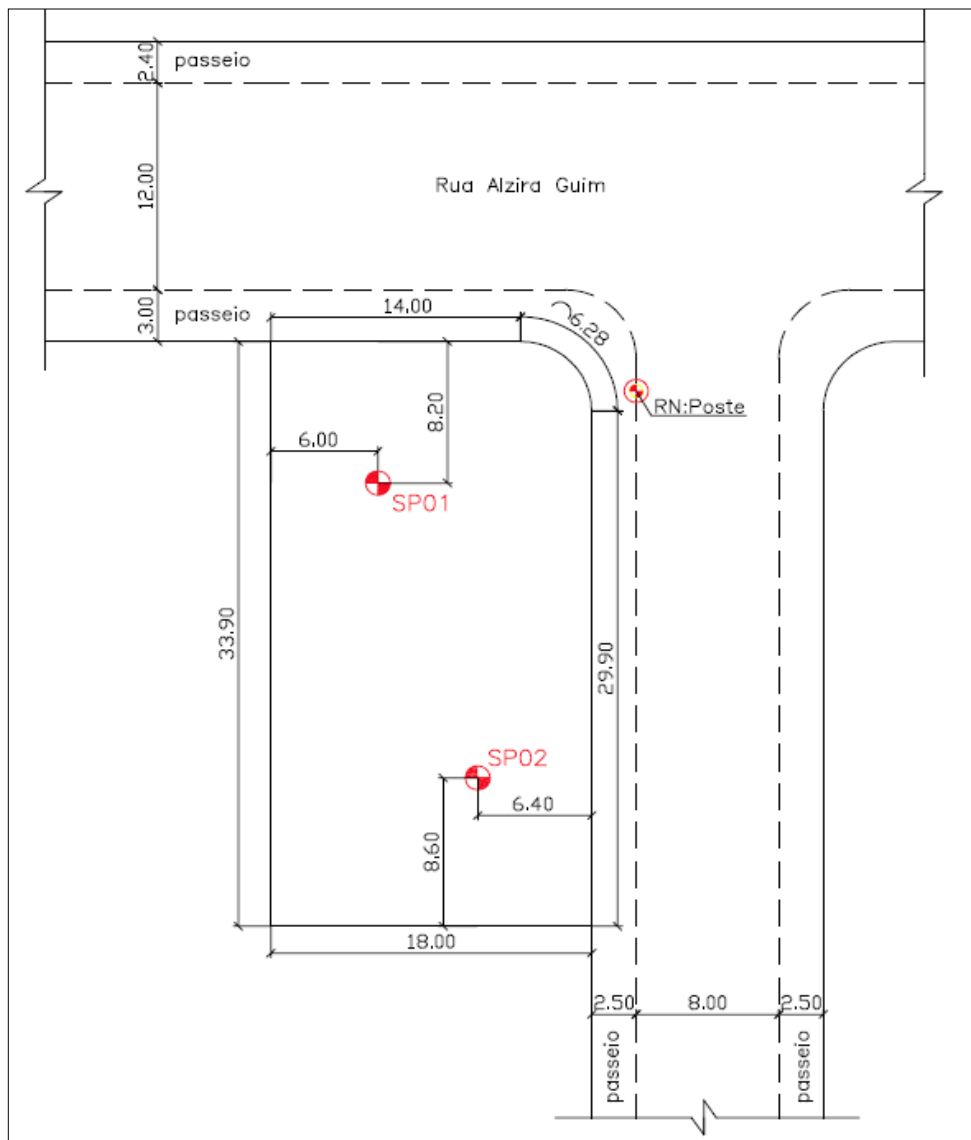


Figura 11 - Posicionamento dos furos de sondagem no terreno.

3.2 – Análise do Maciço

Depois de avaliados, os dados obtidos através da sondagem, as características e propriedades do subsolo são representadas através de um perfil estratigráfico, servindo como base técnica para a escolha do tipo de fundação da edificação que melhor se adapte ao terreno. Nessa etapa, será escolhida a profundidade de assentamento das estacas.

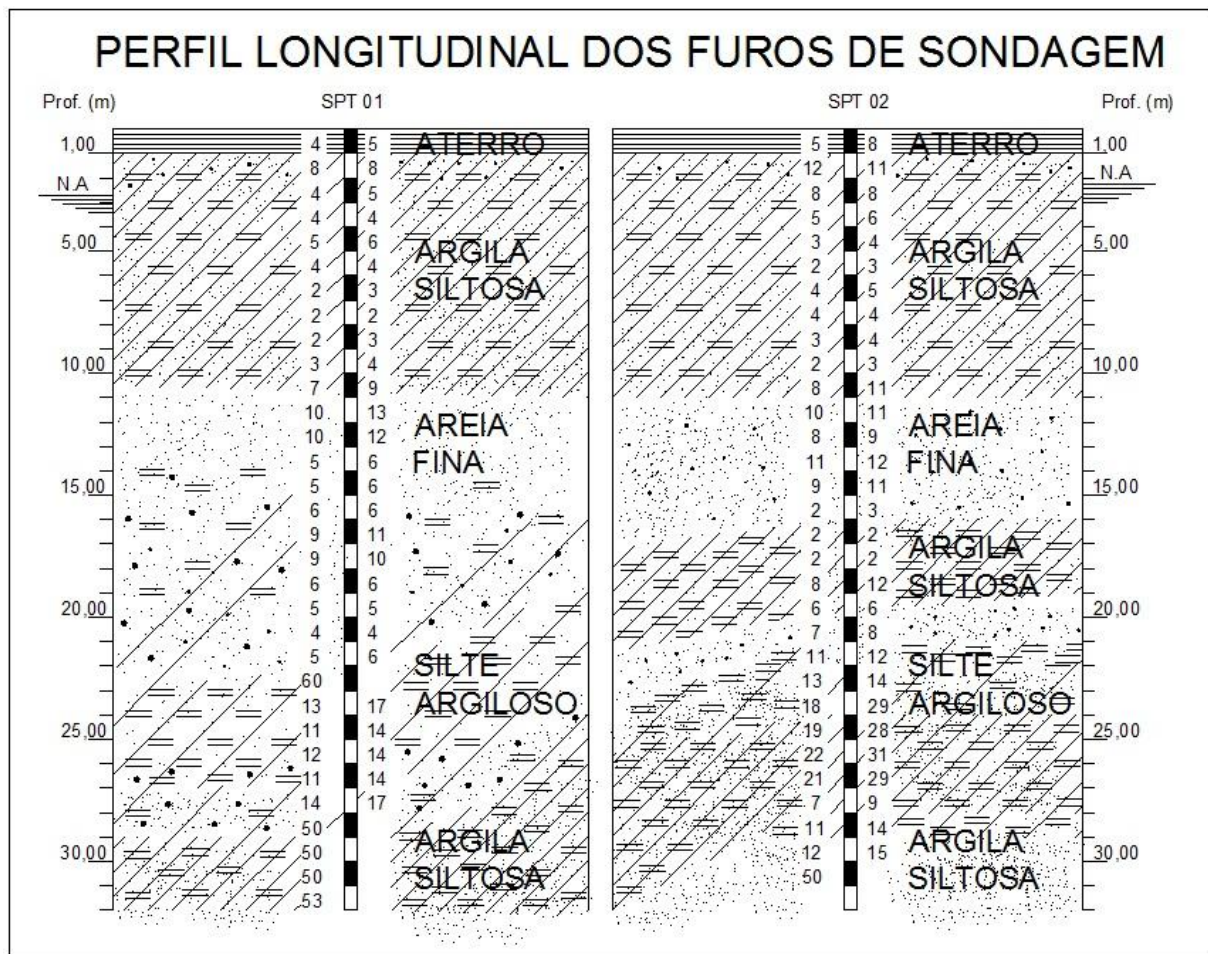


Figura 12 - Perfil longitudinal do subsolo, segundo o alinhamento das sondagens SPT 01 e SPT 02.

O perfil do terreno (Figura 12), apresenta variações de camadas de argila siltosa, areia fina e silte argiloso, com presença ou não de pedregulhos chegando a ser medianamente compactada nas camadas médias, logo em seguida camada de areia fina, média e fina e grossa, siltosa e com pedregulhos e por fim nas camadas mais profundas do perfil, silte argiloso com areia fina, média e grossa, com pedregulhos, com mica e rijo entre as profundidades 24m e 27m para o SPT01 e Argila siltosa, com areia fina, média e grossa, com mica, cor variegada, dura entre as profundidades 24m e 28m para o SPT02.

Os boletins de sondagem, SPT01 e SPT02, encontram-se no Apêndice deste projeto.

CAPÍTULO 4 – Capacidade de Carga Geotécnica

4.1 – Método utilizado – Método de CABRAL et al. (2000)

Para a determinação da carga de ruptura de uma fundação os engenheiros podem utilizar métodos teóricos, empíricos ou semi-empíricos. Para a aplicação dos métodos teóricos é necessário o conhecimento das propriedades geotécnicas do solo do local (coesão, ângulo de atrito, módulo de elasticidade, etc.), dados não disponíveis para execução deste projeto, logo optou-se por utilizar o método empírico a partir dos dados de ensaios de campo.

Dentre os métodos empíricos que utilizam os ensaios e resultados de sondagem a percussão, com medida de SPT será utilizado para determinação da carga de ruptura das estacas perfuradas (*screw piles*), sendo a estaca ômega parte do grupo, o método de CABRAL et al. (2000).

Método de CABRAL et al. (2000)

- Carga de Atrito Lateral na Ruptura

$$Q_{l-calc} = \beta_1 * N_{SPT} * \pi * \phi * L \text{ (kN)}$$

Onde, β_1 é o coeficiente para determinação da carga lateral (Tabela 1); Φ é o diâmetro da estaca e L é o comprimento da estaca (m).

- Carga de Ruptura de Ponta

$$Q_{p-calc} = \beta_2 * N_{SPT} * A_p \text{ (kN)}$$

Onde, β_2 é o coeficiente para determinação de carga de ponta (Tabela 1); N_{SPT} é o número de golpes do SPT da ponta da estaca e A_p é a área da ponta da estaca (m²).

Condição:

$$\beta_2 * N_{SPT-ponta} < 50 \text{ kN/m}^2$$

Tabela 1 - Coeficientes β_1 e β_2

Solos	β_1	β_2
Areia	5,4	3,20
Areia Siltosa	5,0	2,60
Areia Argilosa	4,7	2,80
Silte	3,0	1,20
Silte Arenoso	4,2	2,50
Silte Argiloso	3,2	1,80
Argila	3,0	1,56
Argila Arenosa	3,9	1,75
Argila Siltosa	2,5	1,20

4.2 – Cálculo de Capacidade de Carga das Estacas

Nas tabelas abaixo estão relacionadas as capacidades de carga das estacas pelo método CABRAL *et al.* (2000), para o dimensionamento das estacas da fundação.

Os cálculos foram executados para estacas do tipo Hélice Ômega com diferentes diâmetros para análise.

Os diâmetros adotados foram, 0,32m, 0,42m, 0,52m, 0,62m a profundidade para os dois ensaios, SPT01 e SPT02 foi de 24m.

Valores calculados através das planilhas se encontram no Apêndice deste projeto.

4.2.1 – Cargas de Atrito Lateral na Ruptura

Tabela 2 – Carga de ruptura por atrito lateral utilizando SPT01 a partir do método de CABRAL *et al.* (2000).

ESTACA HÉLICE ÔMEGA – ATRITO LATERAL - (kN)			
Φ 0,32 m	Φ 0,42 m	Φ 0,52 m	Φ 0,62 m
838,40	1.048,00	1.310,00	1.572,10

Tabela 3 – Carga de ruptura por atrito lateral utilizando SPT02 pelo método de CABRAL et al. (2000).

ESTACA HÉLICE ÔMEGA – ATRITO LATERAL - (kN)			
Φ 0,32 m	Φ 0,42 m	Φ 0,52 m	Φ 0,62 m
783,30	979,20	1.224,00	1.468,80

4.2.2 – Carga de Ruptura de Ponta

Tabela 4 – Carga de ruptura de ponta utilizando SPT01 pelo método de CABRAL et al. (2000).

ESTACA HÉLICE ÔMEGA - PONTA - (kN)			
Φ 0,32 m	Φ 0,42 m	Φ 0,52 m	Φ 0,62 m
38,60	60,30	240,10	188,10

Tabela 5 – Carga de ruptura de ponta utilizando SPT02 pelo método de CABRAL et al. (2000).

ESTACA HÉLICE ÔMEGA - PONTA - (kN)			
Φ 0,32 m	Φ 0,42 m	Φ 0,52 m	Φ 0,62 m
34,90	54,50	216,80	260,20

4.2.3 – Carga Última de Ruptura

A determinação da capacidade de carga utilizada no dimensionamento da fundação foi dada pela média das cargas últimas dos dois ensaios, a partir do resultado foi subtraído o desvio padrão correspondente.

Tabela 6 – Carga última de ruptura pelo método de CABRAL et al. (2000).

ESTACA HÉLICE ÔMEGA – CARGA ÚLTIMA - (kN)			
Φ 0,32 m	Φ 0,42 m	Φ 0,52 m	Φ 0,62 m
806,00	1.018,20	1.418,20	1.701,70

4.3 – Análise da Capacidade de Carga

Os resultados encontrados através dos dois boletins de SPT foram relativamente próximos. Isso já era esperado visto a semelhança existente entre as amostras de maciço apresentados pelo perfil estratigráfico dos ensaios.

4.4 – Determinação do Número de Estacas por Pilar

A capacidade de carga foi calculada apenas pelo Método de CABRAL e a determinação da quantidade de estacas será de forma direta, considerando apenas o carregamento axial fornecido pela planta de locação de cargas e tratando cada pilar individualmente. Foi utilizado nos cálculos, a capacidade de carga dos dois ensaios SPT, para posteriormente ser escolhido o melhor resultado e ser feito o dimensionamento definitivo, que leva em consideração outros fatores, como os esforços característicos e a locação das estacas.

As Tabelas 7, 8, 9 e 10 apresentam o número de estacas necessárias por pilar para a fundação utilizando como carga admissível da estaca, os dados contidos na Tabela 6 para estacas hélice ômega com 24,00m de profundidade.

Os resultados encontrados foram divididos por dois, assim garantido o fator de segurança estabelecido pela norma, (NBR 6122/2010) que possui um coeficiente dois para fundações profundas.

O número de estacas foi calculado por:

$$\text{Número de estacas} = \frac{\text{Carga no pilar}}{\text{Carga admissível da estaca}}$$

Tabela 7 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,32 m de diâmetro.

PILAR	CARGA (kN)	Quant. Util	Carga/ estaca (kN)
P1	916,0	3	305,3
P2	1.635,8	4	409,0
P3	1.305,3	4	326,3
P4	781,6	2	390,8
P5	1.035,6	3	345,2
P6	982,7	3	327,6
P7	1.013,1	3	337,7
P8	1.953,6	5	390,7
P9	1.200,4	3	400,1
P10	1.300,4	4	325,1
P11	1.312,2	4	328,0
P12	1.685,8	5	337,2
P13	1.042,5	3	347,5
P14	1.517,1	4	379,3
P15	1.234,7	3	411,6
P16	1.596,6	4	399,1
P17	1.417,1	4	354,3
P18	861,1	2	430,5
P19	676,7	2	338,3
P20	805,2	2	402,6
P21	330,5	1	330,5
P22	409,9	1	409,9
P23	228,5	1	228,5
P24	205,9	1	205,9
P25	278,5	1	278,5
P26	179,5	1	179,5
P27	155,9	1	155,9
TOTAL DE ESTACAS		74	

Tabela 8 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,42 m de diâmetro.

PILAR	CARGA (kN)	Quant. Util	Carga/ estaca (kN)
P1	916,0	2	458,0
P2	1.635,8	4	409,0
P3	1.305,3	3	435,1
P4	781,6	2	390,8
P5	1.035,6	2	517,8
P6	982,7	2	491,3
P7	1.013,1	2	506,5
P8	1.953,6	4	488,4
P9	1.200,4	3	400,1
P10	1.300,4	3	433,5
P11	1.312,2	3	437,4
P12	1.685,8	4	421,5
P13	1.042,5	2	521,2
P14	1.517,1	3	505,7
P15	1.234,7	3	411,6
P16	1.596,6	3	532,2
P17	1.417,1	3	472,4
P18	861,1	2	430,5
P19	676,7	2	338,3
P20	805,2	2	402,6
P21	330,5	1	330,5
P22	409,9	1	409,9
P23	228,5	1	228,5
P24	205,9	1	205,9
P25	278,5	1	278,5
P26	179,5	1	179,5
P27	155,9	1	155,9
TOTAL DE ESTACAS		61	

Tabela 9 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,52 m de diâmetro.

PILAR	CARGA (kN)	Quant. Util	Carga/ estaca (kN)
P1	916,0	2	458,0
P2	1.635,8	3	545,3
P3	1.305,3	2	652,7
P4	781,6	1	781,6
P5	1.035,6	2	517,8
P6	982,7	2	491,3
P7	1.013,1	2	506,5
P8	1.953,6	3	651,2
P9	1.200,4	2	600,2
P10	1.300,4	2	650,2
P11	1.312,2	2	656,1
P12	1.685,8	3	561,9
P13	1.042,5	2	521,2
P14	1.517,1	2	758,6
P15	1.234,7	2	617,4
P16	1.596,6	3	532,2
P17	1.417,1	2	708,6
P18	861,1	2	430,5
P19	676,7	1	676,7
P20	805,2	1	805,2
P21	330,5	1	330,5
P22	409,9	1	409,9
P23	228,5	1	228,5
P24	205,9	1	205,9
P25	278,5	1	278,5
P26	179,5	1	179,5
P27	155,9	1	155,9
TOTAL DE ESTACAS		48	

Tabela 10 – Determinação do número de estacas por pilar para estacas de 0,62 m de diâmetro.

PILAR	CARGA (kN)	Quant. Util	Carga/ estaca (kN)
P1	916,0	1	916,0
P2	1.635,8	2	817,9
P3	1.305,3	2	652,7
P4	781,6	1	781,6
P5	1.035,6	2	517,8
P6	982,7	2	491,3
P7	1.013,1	2	506,5
P8	1.953,6	3	651,2
P9	1.200,4	2	600,2
P10	1.300,4	2	650,2
P11	1.312,2	2	656,1
P12	1.685,8	2	842,9
P13	1.042,5	2	521,2
P14	1.517,1	2	758,6
P15	1.234,7	2	617,4
P16	1.596,6	2	798,3
P17	1.417,1	2	708,6
P18	861,1	1	861,1
P19	676,7	1	676,7
P20	805,2	1	805,2
P21	330,5	1	330,5
P22	409,9	1	409,9
P23	228,5	1	228,5
P24	205,9	1	205,9
P25	278,5	1	278,5
P26	179,5	1	179,5
P27	155,9	1	155,9
TOTAL DE ESTACAS		43	

4.5 – Determinação do Diâmetro da Estaca

Após análise do projeto de fundação em estaca hélice contínua fornecida para desenvolvimento deste projeto e comparação com a capacidade de carga encontrada para os diferentes diâmetros da estaca hélice ômega, decidiu-se adotar como elemento estrutural de fundação, as estacas de 0,32m de diâmetro que apresentaram melhores características de capacidade de carga em uma profundidade menor e quantidade de estacas por pilar relativamente próxima da hélice contínua.

4.6 – Determinação do Número de Estacas Utilizando Esforços Característicos

Na planta de locação de carga do projeto de fundação em estacas hélice contínua, além do carregamento permanente, foi fornecido um quadro com os esforços característicos que essa fundação está sujeita. Sendo estes M_x , M_y , F_x , F_y . As combinações possíveis, fornecidas pelo projetista estrutural, foram verificadas com a ajuda do software ESTAQV VS 1.01 (1998). Somente assim seria possível verificar se todas as estacas estariam trabalhando de acordo com o item 6.3.1 (Cálculos em termos de valores característicos) da norma de fundações. “Quando a verificação das solicitações for feita considerando-se as ações nas quais o vento é a ação variável principal, os valores de tensão admissível de sapatas e tubulões e cargas admissíveis em estacas podem ser majorados em até 30%. Neste caso deve ser feita a verificação estrutural do elemento de fundação”. Todas as verificações dos esforços característicos encontra-se no Apêndice desse projeto.

4.7 – Locação das Estacas

A locação das estacas devem seguir algumas regras ou critério de projeto. O espaçamento entre os eixos de duas estacas pode ser no mínimo 3,0 vezes o diâmetro das estacas, e os blocos de fundações devem ter no mínimo a distância de 10 centímetros entre eles.

A Figura 13 ilustra um pilar e cinco estacas.

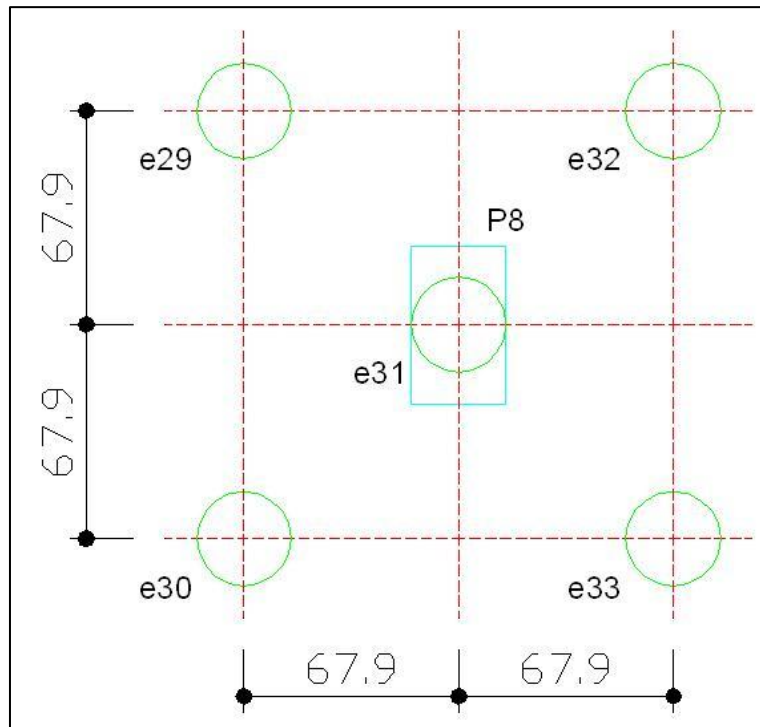


Figura 13 – Representação de pilar com cinco estacas.

4.8 – Determinação da Armadura da Estaca

Armadura é constituída por barras longitudinais e estribos montados em forma de gaiolas. A forma de trabalho da estaca hélice ômega é basicamente a compressão.

Comparando a capacidade geotécnica com a estrutural, observou-se que no carregamento mais crítico, o valor de compressão foi menor que 5 MPa e a norma NBR – 6122 (2010) dispensa a armação em estacas submetidas somente a esse esforço de compressão. No entanto é usual adotar o comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com bloco) sendo este 4,0m no trecho superior da estaca e a porcentagem de armadura mínima, correspondendo a 0,05%, representado na Figura 14 a seguir.

Para as estacas de 0,32m de diâmetro serão utilizadas 4 barras de ferro de 16mm de diâmetro e 4,0m de comprimento e 15 estribos de 5mm.

Atendendo aos requisitos citados acima, consegue a instalação “manual” da armadura.

É recomendada a utilização de espaçadores fixos soldados à armação, uma vez que os roletes de argamassa, não apresentam bons resultados, pois eles não giram ao se introduzir a armação no fuste da estaca, criando pontos de reação.

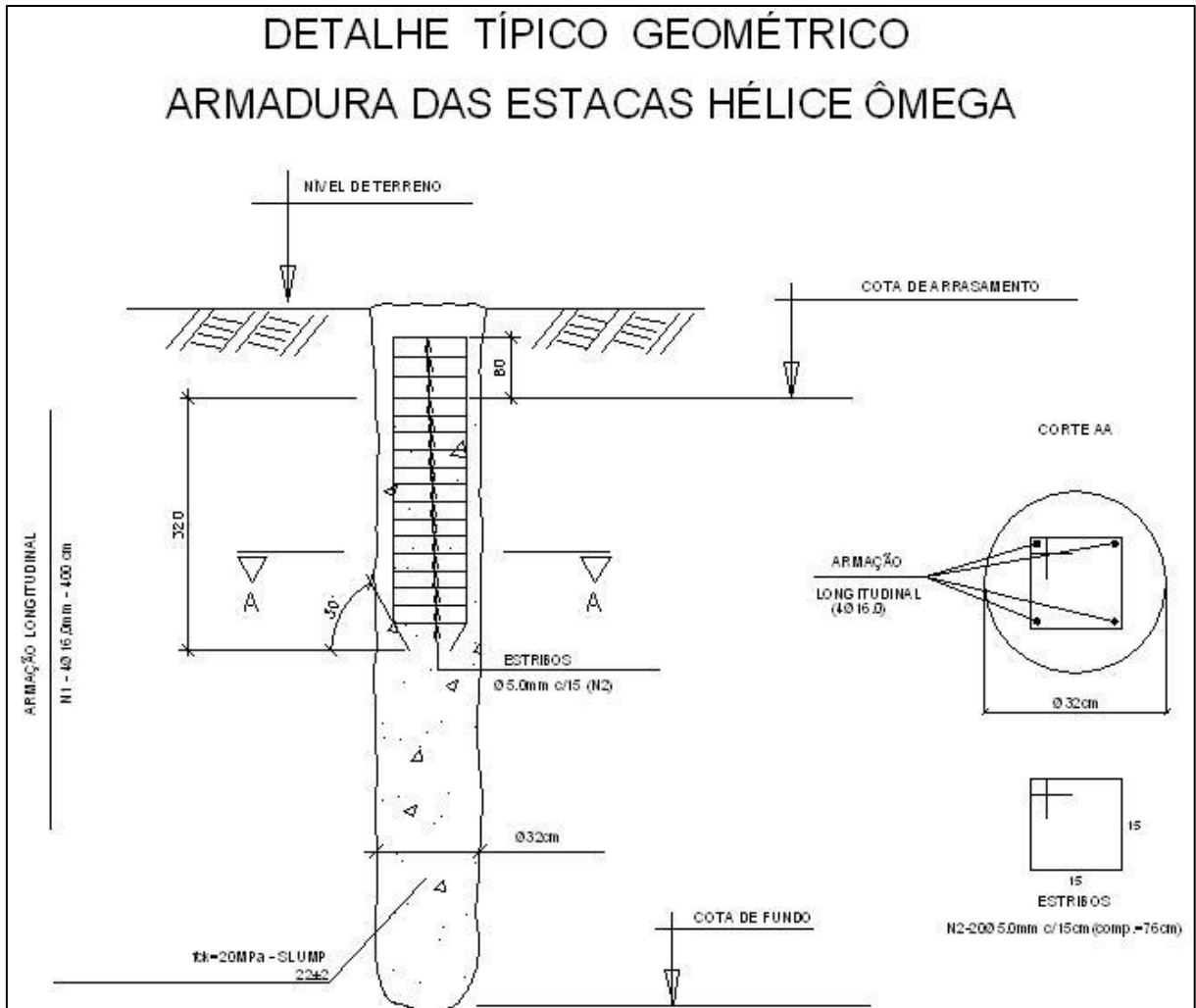


Figura 14 – Detalhamento da armadura.

4.9 – Recalque

Foi feita a verificação do recalque da fundação escolhida através do método de Poulos e Davis (1980), descrito por Velloso e Lopes (2002). Foram obtidas soluções para estacas compressíveis.

$$\omega = \frac{(Q * I)}{(E * B)}$$

O recalque encontrado não causa problemas para a fundação em estudo.

Os cálculos para verificação do recalque se encontram no anexo deste projeto.

CAPÍTULO 5 – Custo das Fundações

O edifício multifamiliar contendo 5 pavimentos, situada na rua Caldas Viana, nº 270/276, Flamboyant, no município de Campos dos Goytacazes foi executado com estacas hélice contínua de 30cm de diâmetro.

Foram executadas 74 estacas tipo hélice contínua, com 24,00m de profundidade e 7 estacas com 14,00m de profundidade, no edifício em estudo.

Para a realização do orçamento de comparação, foram dimensionadas 70 estacas tipo hélice ômega com profundidade 24,00m e 4 estacas com 10,00m de profundidade nas extremidades.

A data base para elaboração do orçamento foi dez/2012.

A tabela 11 detalha o custo para fundação executada.

A tabela 12 detalha o custo para execução de fundação em hélice ômega.

5.1 – Custo Estaca Hélice Contínua

Tabela 11 – Custo para execução de estaca Hélice Contínua.

Mobilização Perfuratriz	<i>Mobilização, transporte, desmobilização da perfuratriz, equipe de trabalho e instalação dos equipamentos de suporte</i>	<i>unid</i>	<i>Quantidade</i>	<i>CUSTO</i>
		<i>Equipe</i>	1,00	R\$ 20.000,00

Armadura da Fundação	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO						
					Aço N1	Aço N2	R\$/Kg	Total R\$ em Barras	Arrame Recozido R\$	Mão de Obra - R\$	Sub - Total
					30,00	74,00	24,00	1,70	4,00	18,57	3,65
30,00	7,00	14,00	0,99	4,00	18,57	3,65	309,13	3,50	26,74	339,37	

Concreto	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO		
					R\$/ m³	Perda %	Sub - Total
					30,00	74,00	24,00
30,00	7,00	14,00	0,99	265,00	35,00	2.478,21	

Perfuração	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO	
					R\$/ ml	Sub - Total
					30,00	74,00
30,00	7,00	14,00	0,99	35,00	3.430,00	

Preparação/ Estaca	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO	
					R\$ / est.	Sub - Total
					30,00	74,00
30,00	7,00	14,00	0,99	9,80	68,60	

Limpeza do terreno	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO	
					R\$ / m³	Sub - Total
					30,00	74,00
30,00	7,00	14,00	0,99	3,56	24,66	

Custo Total Hélice Contínua	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO	
					TOTAL (R\$)	
	30,00	74,00	24,00	1,70	R\$ 110.533,76	
	30,00	7,00	14,00	0,99	R\$ 6.340,85	
Mobilização estaca hélice contínua					R\$ 20.000,00	
TOTAL CUSTO FUNDAÇÃO HÉLICE CONTÍNUA ϕ30					R\$ 136.874,61	

5.2 – Custo Estaca Hélice Ômega

Tabela 12 – Custo para execução de estaca Hélice Ômega.

Mobilização Perfuratriz	unid	Quantidade	CUSTO
Mobilização, transporte, desmobilização da perfuratriz, equipe de trabalho e instalação dos equipamentos de suporte	Equipe	1,00	R\$ 25.000,00

Armadura da Fundação	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTOS						
					Armadura						
					Aço N1	Aço N2	R\$/Kg	Total R\$ em Barras	Arrame Recozido R\$	Mão de Obra - R\$	Sub - Total
	32,00	70,00	24,00	1,93	4,00	19,82	3,65	1.806,31	33,50	267,40	2.183,11
	32,00	4,00	10,00	0,80	4,00	19,82	3,65	243,91	2,00	15,28	261,19

Concreto	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTOS		
					R\$/m³	Perda %	Sub - Total
						32,00	70,00
	32,00	4,00	10,00	0,80	265,00	20,00	1.023,00

Perfuração	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTOS	
					R\$/ml	Sub - Total
						32,00
	32,00	4,00	10,00	0,80	42,00	1.680,00

Preparação/ Estaca	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTOS	
					R\$ / est.	Sub - Total
	32,00	70,00	24,00	1,93	9,80	686,00
	32,00	4,00	10,00	0,80	9,80	39,20

Custo Total Hélice Contínua	ϕ da Estaca (cm)	Nº de estacas	Prof. (m)	Volume da Estaca (m³)	CUSTO	
					Total (R\$)	
	32,00	70,00	24,00	1,93	R\$ 116.395,24	
	32,00	4,00	10,00	0,80	R\$ 3.003,39	
Mobilização estaca hélice ômega					R\$ 25.000,00	
TOTAL CUSTO FUNDAÇÃO HÉLICE ÔMEGA ϕ32					R\$ 144.398,63	

5.3 – Análise do Custo

Devido aos recentes estudos quanto à utilização de fundação hélice ômega, a mobilização ainda é mais cara do que para fundações contínuas. Mesmo sendo estacas de alta tecnologia na execução e possuírem controle deste processo, por meio de monitoração eletrônica, elas ainda necessitam de acompanhamento técnico especializado no processo, o que acarreta em mobilizações de execução mais caras no mercado.

A fundação em hélice contínua foi orçada em R\$ 136.874,61 (cento e trinta e seis mil reais, oitocentos e setenta e quatro reais e sessenta e um centavos), já a hélice ômega apresentou em R\$ 144.398,63 (cento e quarenta e quatro mil reais, trezentos e noventa e oito reais e sessenta e três centavos).

Apesar de possuir o valor de perfuração 25% mais caro que o mesmo serviço da hélice contínua, as estacas hélice ômega ganha também em prazo de execução de obra, fator determinante para escolha deste elemento de fundação.

CAPÍTULO 6 – Conclusão

Com este trabalho, espera-se ter mostrado que, o desempenho da estaca hélice ômega, devido à forma do parafuso ômega, neste caso estudado, em solos pouco resistentes e medianamente resistentes e de um modo em geral, compacta o solo em torno do fuste da estaca e na ponta. O processo de execução cria uma área altamente densificada em torno da estaca.

A utilização das estacas hélice ômega analisada neste projeto não apresentará problemas em sua estrutura devido à fundação.

A alta desnsificação do solo em torno da estaca minimiza o sobreconsumo de concreto.

A combinação de perfuração de alta velocidade, o tempo de concretagem curto, e a redução, quase total, de solo escavado resultam em índices de desempenho diário que são superiores aos métodos convencionais de perfuração.

Por fim, destaca-se que apesar de pouco exploradas na região, as estacas hélice ômega apresentam custo viável de execução em relação às estacas hélice contínua, com diâmetros similares.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, Paulo J. R. *et.al.* Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega em solo residual de diabásio – Campinas, SP: UNICAMP, 2001, 198p

VAN IMPE (1994), *apud* ALBUQUERQUE; Paulo J. R. *et.al.*(2001).

BUSTAMANTE & GIANESELLI (1998)), *apud* ALBUQUERQUE; Paulo J. R. *et.al.*(2001).

CABRAL et al. (2000), *apud* ALBUQUERQUE; Paulo J. R. *et.al.*(2001).

POULOS E DAVIS (1980), *apud* VELLOSO; Dirceu de Alencar & LOPES (2002).

VELLOSO, Dirceu de Alencar & LOPES, Francisco de Rezende, *Fundações* – Rio de Janeiro: COOPE/UFRJ, Volume 1, 2004.

VELLOSO, Dirceu de Alencar & LOPES, Francisco de Rezende, *Fundações* – Rio de Janeiro: COOPE/UFRJ, Volume 2, 2002.

PINTO, Carlos de Souza, *Curso Básico de Mecânica dos Solos* – São Paulo 2002.

TCPO - Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos 13^o edição.

ABNT – NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações

BUSTAMANTE & GIANESELLI (1998)

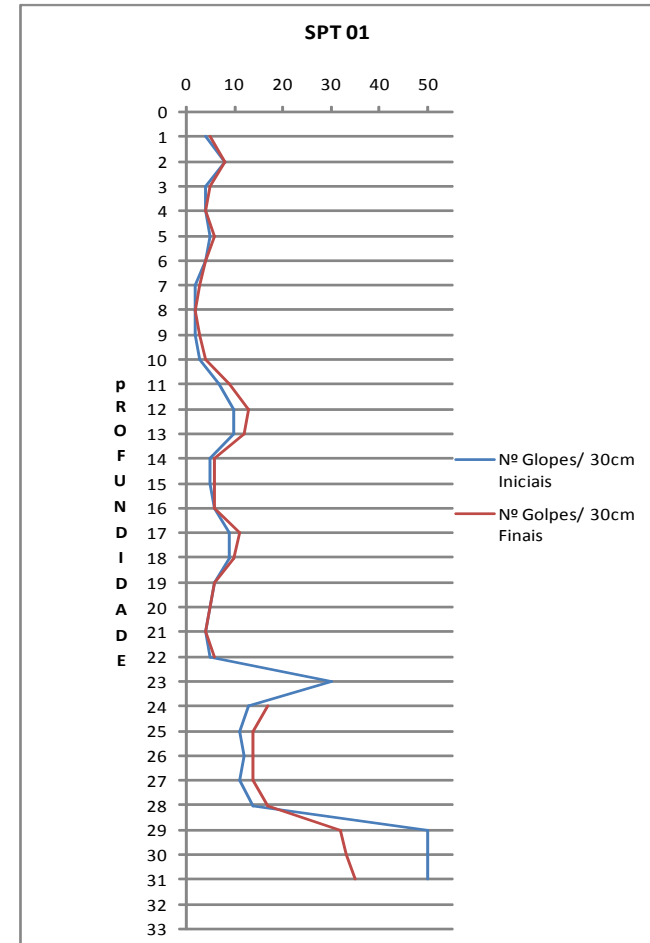
APÊNDICES

APÊNDICE I

BOLETIM DE SONDAJEM

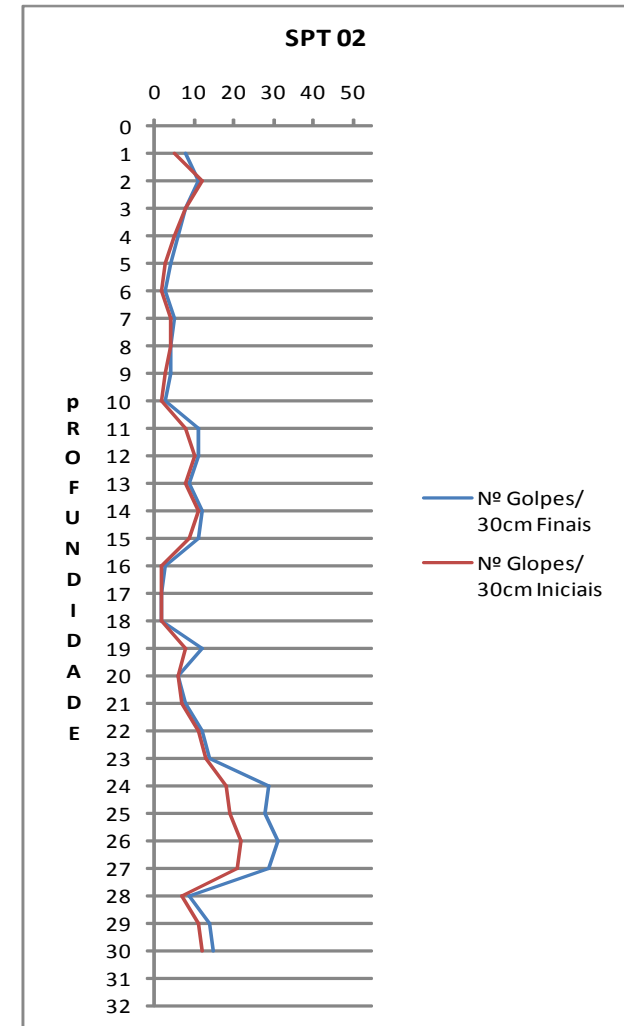
BOLETIM DE SONDAGEM - SPT 01

Material	Prof.	N1	N2	N3	Nº Golpes / 30cm Iniciais	Nº Golpes / 30cm Finais
Aterro	0					
Argila siltosa	1	2	2	3	4	5
Argila siltosa	2	4	4	4	8	8
Argila siltosa	3	2	2	3	4	5
Argila siltosa	4	2	2	2	4	4
Argila siltosa	5	2	3	3	5	6
Argila siltosa	6	2	2	2	4	4
Argila siltosa	7	1	1	2	2	3
Argila siltosa	8	1	1	1	2	2
Argila siltosa	9	1	1	2	2	3
Argila siltosa	10	1	2	2	3	4
Areia fina	11	3	4	5	7	9
Areia fina	12	4	6	7	10	13
Areia fina	13	4	6	6	10	12
Areia fina	14	2	3	3	5	6
Areia fina	15	2	3	3	5	6
Areia fina	16	3	3	3	6	6
Areia fina	17	4	5	6	9	11
Areia fina	18	4	5	5	9	10
Areia fina	19	3	3	3	6	6
Areia fina	20	2	3	2	5	5
Areia fina	21	2	2	2	4	4
Areia fina	22	2	3	3	5	6
Areia fina	23	30			30	
Silte argiloso	24	5	8	9	13	17
Silte argiloso	25	5	6	8	11	14
Silte argiloso	26	5	7	7	12	14
Areia fina	27	5	6	8	11	14
Areia fina	28	6	8	9	14	17
Areia fina	29	18	32		50	32
Argila siltosa	30	17	33		50	33
Argila siltosa	31	15	35		50	35
Argila siltosa	32	16	24/13		16	



BOLETIM DE SONDAGEM - SPT 02

Material	Prof.	N1	N2	N3	Nº Golpes / 30cm Iniciais	Nº Golpes / 30cm Finais
Aterro	0					
Argila siltosa	1	2	3	5	5	8
Argila siltosa	2	6	6	5	12	11
Argila siltosa	3	4	4	4	8	8
Argila siltosa	4	2	3	3	5	6
Argila siltosa	5	1	2	2	3	4
Argila siltosa	6	1	1	2	2	3
Argila siltosa	7	2	2	3	4	5
Argila siltosa	8	2	2	2	4	4
Argila siltosa	9	1	2	2	3	4
Argila siltosa	10	1	1	2	2	3
Areia fina	11	4	4	7	8	11
Areia fina	12	4	6	5	10	11
Areia fina	13	4	4	5	8	9
Areia fina	14	5	6	6	11	12
Areia fina	15	4	5	6	9	11
Argila siltosa	16	1	1	2	2	3
Argila siltosa	17	1	1	1	2	2
Argila siltosa	18	1	1	1	2	2
Areia fina	19	3	5	7	8	12
Areia fina	20	3	3	3	6	6
Argila siltosa	21	3	4	4	7	8
Areia fina	22	5	6	6	11	12
Areia fina	23	6	7	7	13	14
Argila siltosa	24	7	11	18	18	29
Argila siltosa	25	7	12	16	19	28
Argila siltosa	26	8	14	17	22	31
Argila siltosa	27	8	13	16	21	29
Silte argiloso	28	3	4	5	7	9
Areia fina	29	5	6	8	11	14



APÊNDICE II

**DADOS GEOMÉTRICOS PARA CÁLCULO DE
CAPACIDADE DE CARGA E MÉTODO CABRAL
et.al. (2000)**

DADOS GEOMÉTRICOS PARA CÁLCULO DE CAPACIDADE DE CARGA E MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000)

MÉTODO DE CABRAL

TABELA 1 - COEFICIENTES β e β		
Solos	β	β
Areia	5,4	3,20
Areia Siltosa	5,0	2,60
Areia Argilosa	4,7	2,80
Silte	3,0	1,20
Silte Arenoso	4,2	2,50
Silte Argiloso	3,2	1,80
Argila	3,0	1,56
Argila Arenosa	3,9	1,75
Argila Siltosa	2,5	1,20

	Φ 32	Φ 42	Φ 52	Φ 62
Área da ponta (KN)	0,32	0,40	0,50	0,60
Capacidade estrutural (KN)	482,55	753,98	1.178,10	1.696,46
Capacidade estrutural (KN)	1.148,93	1.795,20	2.804,99	4.039,19

6	Mpa
20	MPa

$$Q_{total} = Q_{p-calc} + Q_{l-calc}$$

Carga de Atrito Lateral na Ruptura

$$Q_{l-calc} = \beta \cdot N_{spt} \cdot \pi \cdot \phi \cdot L \text{ (KN)}$$

β = Coeficiente para determinação da carga lateral (Tabela 1.9)

ϕ = Diâmetro da estaca

L = Comprimento da estaca (m)

$$Q_{total} = Q_{p-calc} + Q_{l-calc}$$

Carga de Ruptura de Ponta

$$Q_{p-calc} = \beta \cdot N_{spt} \cdot A_p \text{ (KN)}$$

β = Coeficiente para determinação da carga de ponta (Tabela 1.9)

N_{spt} = Número de golpes do SPT da ponta da estaca

A_p = Área da ponta da estaca (m²)

Condição $\beta \cdot N_{spt} < 50 \text{KN/m}^2$

APÊNDICE III

**CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DAS
ESTACAS – SPT01**

**CARGA DE ATRITO LATERAL (kN) – MÉTODO
CABRAL *et.al.* (2000)**

**CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS – SPT0
CARGA DE ATRITO LATERAL (KN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).**

SPT 01				CARGA DE ATRITO LATERAL (KN)									
Prof.	SOLO	N (SPT01)	β	β	L (m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
0,00	Aterro												
1,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	12,6	12,6	15,7	15,7	19,6	19,6	23,6	23,6
2,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	20,1	32,7	25,1	40,8	31,4	51,1	37,7	61,3
3,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	12,6	45,2	15,7	56,5	19,6	70,7	23,6	84,8
4,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	55,3	12,6	69,1	15,7	86,4	18,8	103,7
5,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00	15,1	70,4	18,8	88,0	23,6	110,0	28,3	131,9
6,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	80,4	12,6	100,5	15,7	125,7	18,8	150,8
7,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	7,5	88,0	9,4	110,0	11,8	137,4	14,1	164,9
8,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	5,0	93,0	6,3	116,2	7,9	145,3	9,4	174,4
9,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	7,5	100,5	9,4	125,7	11,8	157,1	14,1	188,5
10,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	110,6	12,6	138,2	15,7	172,8	18,8	207,3
11,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00	48,9	159,4	61,1	199,3	76,3	249,1	91,6	299,0
12,00	Areia fina	13,00	5,4	3,2	1,00	70,6	230,0	88,2	287,5	110,3	359,4	132,3	431,3
13,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	65,1	295,2	81,4	368,9	101,8	461,2	122,1	553,4
14,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	327,7	40,7	409,7	50,9	512,1	61,1	614,5
15,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	360,3	40,7	450,4	50,9	563,0	61,1	675,6
16,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	392,9	40,7	491,1	50,9	613,9	61,1	736,6
17,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	59,7	452,6	74,6	565,7	93,3	707,2	112,0	848,6
18,00	Areia fina	10,00	5,4	3,2	1,00	54,3	506,9	67,9	633,6	84,8	792,0	101,8	950,4
19,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	539,4	40,7	674,3	50,9	842,9	61,1	1.011,5
20,00	Areia fina	5,00	5,4	3,2	1,00	27,1	566,6	33,9	708,2	42,4	885,3	50,9	1.062,4
21,00	Areia fina	4,00	5,4	3,2	1,00	21,7	588,3	27,1	735,4	33,9	919,2	40,7	1.103,1
22,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	620,9	40,7	776,1	50,9	970,1	61,1	1.164,1
23,00	Areia fina	30,00	5,4	3,2	1,00	162,9	783,7	203,6	979,7	254,5	1.224,6	305,4	1.469,5
24,00	Silte argiloso	17,00	3,2	1,8	1,00	54,7	838,4	68,4	1.048,0	85,5	1.310,0	102,5	1.572,1
25,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00	45,0	883,5	56,3	1.104,3	70,4	1.380,4	84,4	1.656,5
26,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00	45,0	928,5	56,3	1.160,6	70,4	1.450,8	84,4	1.740,9
27,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	76,0	1.004,5	95,0	1.255,6	118,8	1.569,5	142,5	1.883,4
28,00	Areia fina	17,00	5,4	3,2	1,00	92,3	1.096,8	115,4	1.371,0	144,2	1.713,7	173,0	2.056,5
29,00	Areia fina	32,00	5,4	3,2	1,00	173,7	1.270,5	217,1	1.588,1	271,4	1.985,2	325,7	2.382,2
30,00	Argila siltosa	33,00	2,5	1,2	1,00	82,9	1.353,4	103,7	1.691,8	129,6	2.114,8	155,5	2.537,7
31,00	Argila siltosa	35,00	2,5	1,2	1,00	88,0	1.441,4	110,0	1.801,8	137,4	2.252,2	164,9	2.702,6
32,00	Argila siltosa		2,5	1,2	1,00	0,0	1.441,4	0,0	1.801,8	0,0	2.252,2	0,0	2.702,6

CARGA DE RUPTURA DE PONTA (KN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).

SPT 01			1	2	CARGA DE RUPTURA DE PONTA (KN)								
Prof.	SOLO	N (SPT01)	β	β	L (m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
0,00	Aterro												
1,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	0,5	0,5	0,8	0,8	3,0	3,0	3,6	3,6
2,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	0,8	1,3	1,2	2,0	4,8	7,8	5,8	9,4
3,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	0,5	1,7	0,8	2,7	3,0	10,8	3,6	13,0
4,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	2,1	0,6	3,3	2,4	13,2	2,9	15,8
5,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00	0,6	2,7	0,9	4,2	3,6	16,8	4,3	20,2
6,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	3,1	0,6	4,8	2,4	19,2	2,9	23,0
7,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	0,3	3,4	0,5	5,3	1,8	21,0	2,2	25,2
8,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	0,2	3,6	0,3	5,6	1,2	22,2	1,4	26,6
9,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	0,3	3,9	0,5	6,0	1,8	24,0	2,2	28,8
10,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	4,2	0,6	6,6	2,4	26,4	2,9	31,7
11,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00	2,3	6,6	3,6	10,3	14,4	40,8	17,3	49,0
12,00	Areia fina	13,00	5,4	3,2	1,00	3,3	9,9	5,2	15,5	20,8	61,6	25,0	73,9
13,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	3,1	13,0	4,8	20,3	19,2	80,8	23,0	97,0
14,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	14,5	2,4	22,7	9,6	90,4	11,5	108,5
15,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	16,1	2,4	25,1	9,6	100,0	11,5	120,0
16,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	17,6	2,4	27,5	9,6	109,6	11,5	131,5
17,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	2,8	20,5	4,4	32,0	17,6	127,2	21,1	152,6
18,00	Areia fina	10,00	5,4	3,2	1,00	2,6	23,0	4,0	36,0	16,0	143,2	19,2	171,8
19,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	24,6	2,4	38,4	9,6	152,8	11,5	183,4
20,00	Areia fina	5,00	5,4	3,2	1,00	1,3	25,9	2,0	40,4	8,0	160,8	9,6	193,0
21,00	Areia fina	4,00	5,4	3,2	1,00	1,0	26,9	1,6	42,0	6,4	167,2	7,7	200,6
22,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	28,4	2,4	44,4	9,6	176,8	11,5	212,2
23,00	Areia fina	30,00	5,4	3,2	1,00	7,7	36,2	12,1	56,5	48,0	224,8	57,6	269,8
24,00	Silte argiloso	17,00	3,2	1,8	1,00	2,5	38,6	3,8	60,3	15,3	240,1	18,4	288,1
25,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00	2,0	40,6	3,2	63,5	12,6	252,7	15,1	303,2
26,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00	2,0	42,7	3,2	66,7	12,6	265,3	15,1	318,4
27,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	3,6	46,3	5,6	72,3	22,4	287,7	26,9	345,2
28,00	Areia fina	17,00	5,4	3,2	1,00	4,4	50,7	6,8	79,1	27,2	314,9	32,6	377,9
29,00	Areia fina	32,00	5,4	3,2	1,00	8,2	58,9	12,9	92,0	51,2	366,1	61,4	439,3
30,00	Argila siltosa	33,00	2,5	1,2	1,00	3,2	62,1	5,0	97,0	19,8	385,9	23,8	463,1
31,00	Argila siltosa	35,00	2,5	1,2	1,00	3,4	65,4	5,3	102,3	21,0	406,9	25,2	488,3
32,00	Argila siltosa		2,5	1,2	1,00	0,0	65,4	0,0	102,3	0,0	406,9	0,0	488,3

CAPACIDADE DE CARGA DE RUPTURA FINAL (KN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).

SPT 01			1	2	
Prof.	SOLO	N (SPT01)	β	β	L (m)
0,00	Aterro				
1,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00
2,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00
3,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00
4,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
5,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00
6,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
7,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00
8,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00
9,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00
10,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
11,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00
12,00	Areia fina	13,00	5,4	3,2	1,00
13,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00
14,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
15,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
16,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
17,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00
18,00	Areia fina	10,00	5,4	3,2	1,00
19,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
20,00	Areia fina	5,00	5,4	3,2	1,00
21,00	Areia fina	4,00	5,4	3,2	1,00
22,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
23,00	Areia fina	30,00	5,4	3,2	1,00
24,00	Silte argiloso	17,00	3,2	1,8	1,00
25,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00
26,00	Silte argiloso	14,00	3,2	1,8	1,00
27,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00
28,00	Areia fina	17,00	5,4	3,2	1,00
29,00	Areia fina	32,00	5,4	3,2	1,00
30,00	Argila siltosa	33,00	2,5	1,2	1,00
31,00	Argila siltosa	35,00	2,5	1,2	1,00

CAPACIDADE DE CARGA DE RUPTURA FINAL (KN)								
PROF.(m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
1,00	13,0	13,0	16,5	16,5	22,6	22,6	27,2	27,2
2,00	20,9	33,9	26,3	42,8	36,2	58,9	43,5	70,6
3,00	13,0	47,0	16,5	59,3	22,6	81,5	27,2	97,8
4,00	10,4	57,4	13,2	72,4	18,1	99,6	21,7	119,5
5,00	15,7	73,1	19,8	92,2	27,2	126,8	32,6	152,1
6,00	10,4	83,5	13,2	105,4	18,1	144,9	21,7	173,8
7,00	7,8	91,3	9,9	115,2	13,6	158,4	16,3	190,1
8,00	5,2	96,6	6,6	121,8	9,1	167,5	10,9	201,0
9,00	7,8	104,4	9,9	131,7	13,6	181,1	16,3	217,3
10,00	10,4	114,8	13,2	144,9	18,1	199,2	21,7	239,0
11,00	51,2	166,0	64,7	209,6	90,7	289,9	108,9	347,9
12,00	73,9	239,9	93,4	303,0	131,1	421,0	157,3	505,2
13,00	68,2	308,2	86,3	389,3	121,0	542,0	145,2	650,4
14,00	34,1	342,3	43,1	432,4	60,5	602,5	72,6	723,0
15,00	34,1	376,4	43,1	475,5	60,5	663,0	72,6	795,6
16,00	34,1	410,5	43,1	518,6	60,5	723,5	72,6	868,2
17,00	62,5	473,1	79,1	597,7	110,9	834,4	133,1	1.001,2
18,00	56,9	529,9	71,9	669,6	100,8	935,2	121,0	1.122,2
19,00	34,1	564,0	43,1	712,7	60,5	995,7	72,6	1.194,8
20,00	28,4	592,5	35,9	748,7	50,4	1.046,1	60,5	1.255,3
21,00	22,7	615,2	28,8	777,4	40,3	1.086,4	48,4	1.303,7
22,00	34,1	649,3	43,1	820,5	60,5	1.146,9	72,6	1.376,3
23,00	170,6	819,9	215,6	1.036,2	302,5	1.449,4	363,0	1.739,3
24,00	57,15	877,05	72,2	1108,38	100,8	1550,14	120,9	1860,17
25,00	47,1	924,1	59,5	1.167,8	83,0	1.633,1	99,6	1.959,7
26,00	47,1	971,2	59,5	1.227,3	83,0	1.716,1	99,6	2.059,3
27,00	79,6	1.050,8	100,6	1.327,9	141,2	1.857,2	169,4	2.228,7
28,00	96,7	1.147,4	122,2	1.450,1	171,4	2.028,6	205,7	2.434,4
29,00	182,0	1.329,4	230,0	1.680,1	322,6	2.351,3	387,2	2.821,5
30,00	86,1	1.415,5	108,6	1.788,8	149,4	2.500,7	179,3	3.000,8
31,00	91,3	1.506,9	115,2	1.904,0	158,4	2.659,1	190,1	3.190,9

APÊNDICE IV

**CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DAS
ESTACAS – SPT02**

**CARGA DE ATRITO LATERAL (kN) – MÉTODO
CABRAL *et.al.* (2000).**

**CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DAS ESTACAS – SPT02
CARGA DE ATRITO LATERAL (KN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).**

SPT 02			1	2	CARGA DE ATRITO LATERAL (KN)								
Prof.	SOLO	N (SPT02)	β	β	L (m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
0,00	Aterro												
1,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	20,1	20,1	25,1	25,1	31,4	31,4	37,7	37,7
2,00	Argila siltosa	11,00	2,5	1,2	1,00	27,6	47,8	34,6	59,7	43,2	74,6	51,8	89,5
3,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	20,1	67,9	25,1	84,8	31,4	106,0	37,7	127,2
4,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00	15,1	82,9	18,8	103,7	23,6	129,6	28,3	155,5
5,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	93,0	12,6	116,2	15,7	145,3	18,8	174,4
6,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	7,5	100,5	9,4	125,7	11,8	157,1	14,1	188,5
7,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	12,6	113,1	15,7	141,4	19,6	176,7	23,6	212,1
8,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	123,2	12,6	153,9	15,7	192,4	18,8	230,9
9,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	10,1	133,2	12,6	166,5	15,7	208,1	18,8	249,8
10,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	7,5	140,7	9,4	175,9	11,8	219,9	14,1	263,9
11,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	59,7	200,5	74,6	250,6	93,3	313,2	112,0	375,9
12,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	59,7	260,2	74,6	325,2	93,3	406,5	112,0	487,8
13,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00	48,9	309,0	61,1	386,3	76,3	482,9	91,6	579,4
14,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	65,1	374,2	81,4	467,7	101,8	584,7	122,1	701,6
15,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	59,7	433,9	74,6	542,4	93,3	678,0	112,0	813,5
16,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	7,5	441,4	9,4	551,8	11,8	689,7	14,1	827,7
17,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	5,0	446,5	6,3	558,1	7,9	697,6	9,4	837,1
18,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	5,0	451,5	6,3	564,4	7,9	705,4	9,4	846,5
19,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	65,1	516,6	81,4	645,8	101,8	807,2	122,1	968,7
20,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	32,6	549,2	40,7	686,5	50,9	858,1	61,1	1.029,8
21,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	20,1	569,3	25,1	711,6	31,4	889,5	37,7	1.067,5
22,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	65,1	634,5	81,4	793,1	101,8	991,3	122,1	1.189,6
23,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	76,0	710,5	95,0	888,1	118,8	1.110,1	142,5	1.332,1
24,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00	72,9	783,3	91,1	979,2	113,9	1.224,0	136,7	1.468,8
25,00	Argila siltosa	28,00	2,5	1,2	1,00	70,4	853,7	88,0	1.067,1	110,0	1.333,9	131,9	1.600,7
26,00	Argila siltosa	31,00	2,5	1,2	1,00	77,9	931,6	97,4	1.164,5	121,7	1.455,7	146,1	1.746,8
27,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00	72,9	1.004,5	91,1	1.255,6	113,9	1.569,5	136,7	1.883,4
28,00	Silte argiloso	9,00	3,2	1,8	1,00	29,0	1.033,5	36,2	1.291,8	45,2	1.614,8	54,3	1.937,7
29,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	76,0	1.109,5	95,0	1.386,8	118,8	1.733,5	142,5	2.080,2
30,00	Argila siltosa	15,00	2,5	1,2	1,00	37,7	1.147,2	47,1	1.433,9	58,9	1.792,4	70,7	2.150,9

CARGA DE RUPTURA DE PONTA (KN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).

SPT 02				CARGA DE RUPTURA DE PONTA (KN)									
Prof.	SOLO	N (SPT02)	β	β	L (m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
0,00	Aterro												
1,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	0,8	0,8	1,2	1,2	4,8	4,8	5,8	5,8
2,00	Argila siltosa	11,00	2,5	1,2	1,00	1,1	1,8	1,7	2,9	6,6	11,4	7,9	13,7
3,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	0,8	2,6	1,2	4,1	4,8	16,2	5,8	19,4
4,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00	0,6	3,2	0,9	5,0	3,6	19,8	4,3	23,8
5,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	3,6	0,6	5,6	2,4	22,2	2,9	26,6
6,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	0,3	3,9	0,5	6,0	1,8	24,0	2,2	28,8
7,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00	0,5	4,3	0,8	6,8	3,0	27,0	3,6	32,4
8,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	4,7	0,6	7,4	2,4	29,4	2,9	35,3
9,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00	0,4	5,1	0,6	8,0	2,4	31,8	2,9	38,2
10,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	0,3	5,4	0,5	8,4	1,8	33,6	2,2	40,3
11,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	2,8	8,2	4,4	12,9	17,6	51,2	21,1	61,4
12,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	2,8	11,1	4,4	17,3	17,6	68,8	21,1	82,6
13,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00	2,3	13,4	3,6	20,9	14,4	83,2	17,3	99,8
14,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	3,1	16,5	4,8	25,7	19,2	102,4	23,0	122,9
15,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00	2,8	19,3	4,4	30,2	17,6	120,0	21,1	144,0
16,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00	0,3	19,6	0,5	30,6	1,8	121,8	2,2	146,2
17,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	0,2	19,8	0,3	30,9	1,2	123,0	1,4	147,6
18,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00	0,2	20,0	0,3	31,2	1,2	124,2	1,4	149,0
19,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	3,1	23,1	4,8	36,0	19,2	143,4	23,0	172,1
20,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00	1,5	24,6	2,4	38,5	9,6	153,0	11,5	183,6
21,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00	0,8	25,4	1,2	39,7	4,8	157,8	5,8	189,4
22,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00	3,1	28,5	4,8	44,5	19,2	177,0	23,0	212,4
23,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	3,6	32,1	5,6	50,1	22,4	199,4	26,9	239,3
24,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00	2,8	34,9	4,4	54,5	17,4	216,8	20,9	260,2
25,00	Argila siltosa	28,00	2,5	1,2	1,00	2,7	37,6	4,2	58,7	16,8	233,6	20,2	280,3
26,00	Argila siltosa	31,00	2,5	1,2	1,00	3,0	40,6	4,7	63,4	18,6	252,2	22,3	302,6
27,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00	2,8	43,4	4,4	67,8	17,4	269,6	20,9	323,5
28,00	Silte argiloso	9,00	3,2	1,8	1,00	1,3	44,7	2,0	69,8	8,1	277,7	9,7	333,2
29,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00	3,6	48,3	5,6	75,4	22,4	300,1	26,9	360,1
30,00	Argila siltosa	15,00	2,5	1,2	1,00	1,4	49,7	2,3	77,7	9,0	309,1	10,8	370,9
31,00													

Condição β * $N_{spt} < 50KN/m^2$

CAPACIDADE DE CARGA DE RUPTURA FINAL (kN) – MÉTODO CABRAL *et.al.* (2000).

SPT 02			1	2	
Prof.	SOLO	N (SPT02)	β	β	L (m)
0,00	Aterro				
1,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00
2,00	Argila siltosa	11,00	2,5	1,2	1,00
3,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00
4,00	Argila siltosa	6,00	2,5	1,2	1,00
5,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
6,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00
7,00	Argila siltosa	5,00	2,5	1,2	1,00
8,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
9,00	Argila siltosa	4,00	2,5	1,2	1,00
10,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00
11,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00
12,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00
13,00	Areia fina	9,00	5,4	3,2	1,00
14,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00
15,00	Areia fina	11,00	5,4	3,2	1,00
16,00	Argila siltosa	3,00	2,5	1,2	1,00
17,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00
18,00	Argila siltosa	2,00	2,5	1,2	1,00
19,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00
20,00	Areia fina	6,00	5,4	3,2	1,00
21,00	Argila siltosa	8,00	2,5	1,2	1,00
22,00	Areia fina	12,00	5,4	3,2	1,00
23,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00
24,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00
25,00	Argila siltosa	28,00	2,5	1,2	1,00
26,00	Argila siltosa	31,00	2,5	1,2	1,00
27,00	Argila siltosa	29,00	2,5	1,2	1,00
28,00	Silte argiloso	9,00	3,2	1,8	1,00
29,00	Areia fina	14,00	5,4	3,2	1,00
30,00	Argila siltosa	15,00	2,5	1,2	1,00

CAPACIDADE DE CARGA DE RUPTURA FINAL (kN)								
PROF.(m)	Φ 32	Φ 32 ACUM	Φ 42	Φ 42 ACUM	Φ 52	Φ 52 ACUM	Φ 62	Φ 62 ACUM
1,00	20,9	20,9	26,3	26,3	36,2	36,2	43,5	43,5
2,00	28,7	49,6	36,2	62,6	49,8	86,0	59,8	103,2
3,00	20,9	70,5	26,3	88,9	36,2	122,2	43,5	146,7
4,00	15,7	86,1	19,8	108,6	27,2	149,4	32,6	179,3
5,00	10,4	96,6	13,2	121,8	18,1	167,5	21,7	201,0
6,00	7,8	104,4	9,9	131,7	13,6	181,1	16,3	217,3
7,00	13,0	117,4	16,5	148,2	22,6	203,7	27,2	244,5
8,00	10,4	127,9	13,2	161,3	18,1	221,8	21,7	266,2
9,00	10,4	138,3	13,2	174,5	18,1	239,9	21,7	287,9
10,00	7,8	146,1	9,9	184,4	13,6	253,5	16,3	304,2
11,00	62,5	208,7	79,1	263,4	110,9	364,4	133,1	437,3
12,00	62,5	271,2	79,1	342,5	110,9	475,3	133,1	570,4
13,00	51,2	322,4	64,7	407,2	90,7	566,1	108,9	679,3
14,00	68,2	390,6	86,3	493,5	121,0	687,1	145,2	824,5
15,00	62,5	453,2	79,1	572,5	110,9	798,0	133,1	957,5
16,00	7,8	461,0	9,9	582,4	13,6	811,5	16,3	973,8
17,00	5,2	466,2	6,6	589,0	9,1	820,6	10,9	984,7
18,00	5,2	471,5	6,6	595,6	9,1	829,6	10,9	995,6
19,00	68,2	539,7	86,3	681,8	121,0	950,6	145,2	1.140,8
20,00	34,1	573,8	43,1	725,0	60,5	1.011,1	72,6	1.213,4
21,00	20,9	594,7	26,3	751,3	36,2	1.047,3	43,5	1.256,8
22,00	68,2	662,9	86,3	837,5	121,0	1.168,3	145,2	1.402,0
23,00	79,6	742,5	100,6	938,2	141,2	1.309,5	169,4	1.571,4
24,00	75,7	818,2	95,5	1.033,7	131,3	1.440,8	157,5	1.728,9
25,00	73,1	891,3	92,2	1.125,8	126,8	1.567,5	152,1	1.881,0
26,00	80,9	972,2	102,1	1.227,9	140,3	1.707,9	168,4	2.049,4
27,00	75,7	1.047,9	95,5	1.323,4	131,3	1.839,1	157,5	2.207,0
28,00	30,3	1.078,1	38,2	1.361,6	53,3	1.892,5	64,0	2.271,0
29,00	79,6	1.157,7	100,6	1.462,2	141,2	2.033,6	169,4	2.440,4
30,00	39,1	1.196,9	49,4	1.511,6	67,9	2.101,5	81,5	2.521,8

APÊNDICE V
CÁLCULO RECALQUE
Contribuição de Poulos e Davis

CÁLCULO DE RECALQUE

Contribuição de Poulos e Davis

- **ESTACA COMPRESSÍVEL**

$$L / B = 17 / 0,32 = 53,125$$

$$I_0 = 0,043$$

$$E' \text{ para areia medianamente compacta} = 63 \text{ MN/m}^2 = 63 \text{ MPa}$$

$$\nu' = 0,3$$

$$E_p = 20000 \text{ MPa}$$

$$K = (E_p \cdot RA) / E \text{ : para estaca maciça } RA = 1$$

$$K = (20000 \cdot 1) / 90$$

$$R_k = 2,6$$

$$R_h = 1$$

$$R_v = 0,94$$

$$R_b = 1$$

$$I = I_0 * R_k * R_h * R_v * R_b$$

$$\omega = \frac{(Q * I)}{(E * B)}$$

Recalque encontrado é o valor individual para cada estaca

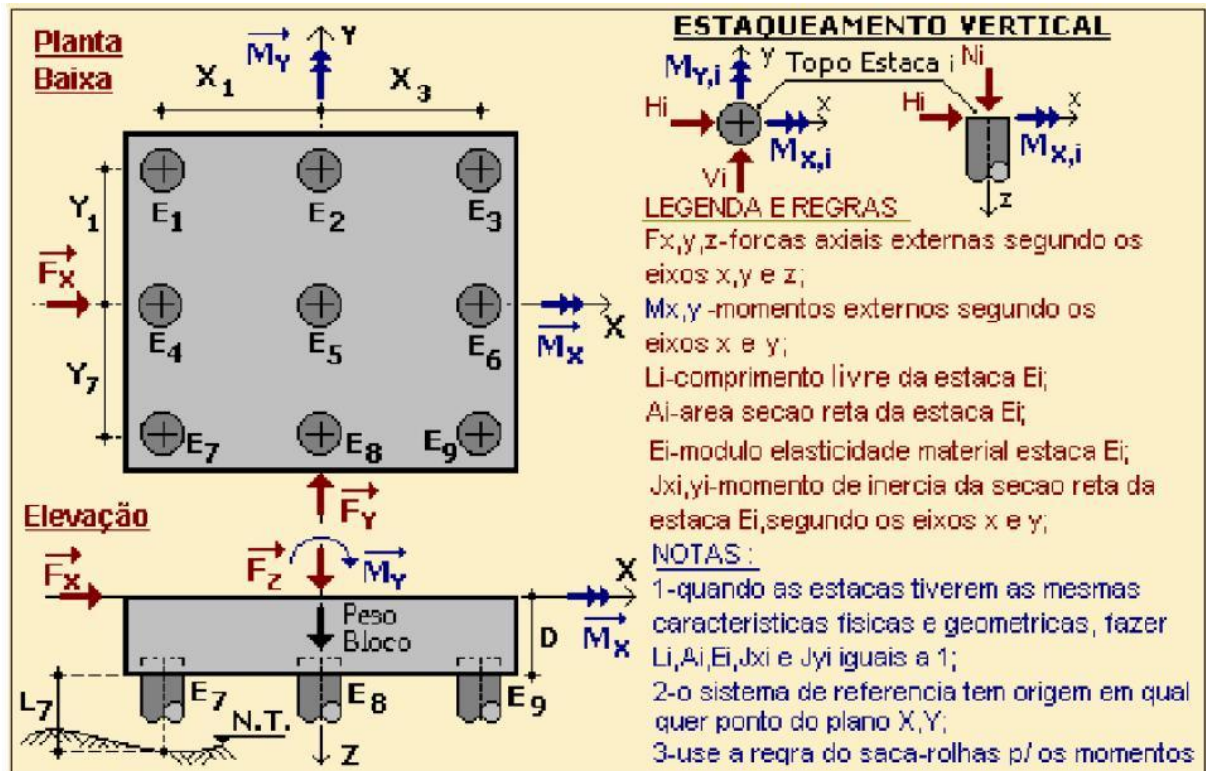
Pilares	Carga/ estaca - KN	Recalque - (m)	Recalque - (cm)	Recalque - (mm)
P1	458,0	0,00	0,10	0,98
P2	409,0	0,00	0,09	0,87
P3	435,1	0,00	0,09	0,93
P4	390,8	0,00	0,08	0,83
P5	345,2	0,00	0,07	0,74
P6	491,3	0,00	0,10	1,05
P7	337,7	0,00	0,07	0,72
P8	390,7	0,00	0,08	0,83
P9	400,1	0,00	0,09	0,85
P10	433,5	0,00	0,09	0,92
P11	437,4	0,00	0,09	0,93
P12	421,5	0,00	0,09	0,90
P13	347,5	0,00	0,07	0,74
P14	379,3	0,00	0,08	0,81
P15	411,6	0,00	0,09	0,88
P16	399,1	0,00	0,09	0,85
P17	472,4	0,00	0,10	1,01
P18	430,5	0,00	0,09	0,92
P19	338,3	0,00	0,07	0,72
P20	402,6	0,00	0,09	0,86
P21	330,5	0,00	0,07	0,70
P22	409,9	0,00	0,09	0,87
P23	228,5	0,00	0,05	0,49
P24	205,9	0,00	0,04	0,44
P25	278,5	0,00	0,06	0,59
P26	179,5	0,00	0,04	0,38
P27	155,9	0,00	0,03	0,33

APÊNDICE VI
VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS
CARACTERÍSTICOS

APÊNDICE VI

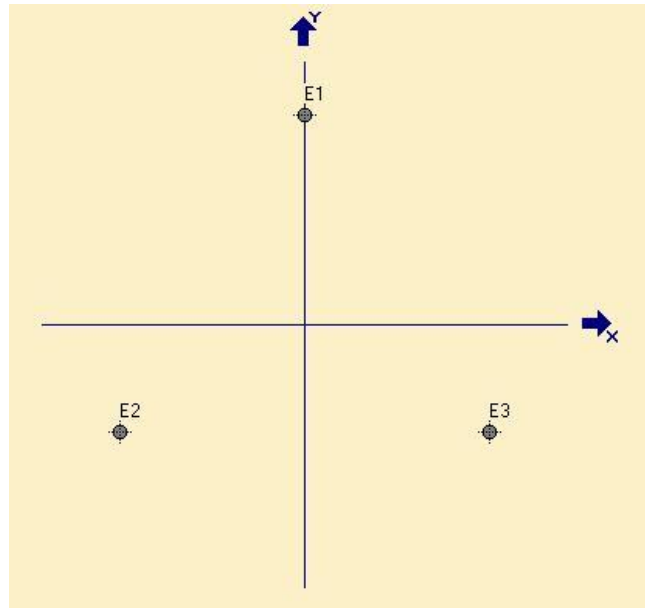
VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS

Para verificação dos esforços, convencionou os sinais a seguir:



Verificação para os pilares P1, P4, P6, P18, P19 e P20, pois estes apresentam as mesmas características geométricas:

Verificação para os pilares P3, P5, P7, P9, P10, P11, P13 e P15, pois estes apresentam as mesmas características geométricas, representado pela figura a seguir:



ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT.P3.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS

- F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
- M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
- L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
- A_i - área seção reta da estaca E_i ;
- E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
- J_{x_i, y_i} - momento de inércia da seção reta da estaca E_i , segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

- 1 - quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
- 2 - o sistema de referência tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
- 3 - use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS OK Est. Iguais

EST.i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST.i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	45.711,61	338,63	533,33	266,67	169,3
Est.2	41.419,19	330,68	533,33	266,67	165,3
Est.3	50.169,19	330,68	533,33	266,67	165,3
SOMA	137.300,00	1.000,00	1.600,00	---	---

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PP

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P3

ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT.P5.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i, y_i} - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:
 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 3 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kg)
Est.1	35.565,89	406,36	700,00	350,00	203,1
Est.2	30.004,55	396,82	700,00	350,00	198,4
Est.3	42.129,55	396,82	700,00	350,00	198,4
SOMA	107.700,00	1.200,00	2.100,00	-----	-----

Exibir
 Novo
 Abrir
 Imprimir
 Cálculos
 Salvar
 Fechar
 Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P5

ESTACAS VERTICAIS - EA/2012/UENF/MONOGRAFIA/ESFORÇOS CARACT.P7.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

Topo Estaca N_i

LEGENDA E REGRAS:

- F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
- M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
- L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
- A_i - área seção reta da estaca E_i ;
- E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
- J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

- 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
- 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
- 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 3 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	31.510,76	338,63	266,67	133,33	169,3
Est.2	35.798,79	330,68	266,67	133,33	165,3
Est.3	38.090,45	330,68	266,67	133,33	165,3
SOMA	105.400,00	1.000,00	800,00	-----	-----

Exibir

- Novo
- Abrir
- Imprimir
- Cálculos
- Salvar
- Fechar
- Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P7

ESTACAS VERTICAIS - EA/2012/UENF/MONOGRAFIA/ESFORÇOS CARACT.P9.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

Elevação

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:
1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS → 3 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kg)
Est.1	31.770,71	2.302,69	1.666,67	833,33	1.151,
Est.2	39.513,98	2.248,66	1.666,67	833,33	1.124,
Est.3	53.222,31	2.248,66	1.666,67	833,33	1.124,
SOMA	124.507,00	6.800,00	5.000,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P9

ESTACAS VERTICAIS - EA/2012/UFENF/MONOGRAFIA/ESFORÇOS CARACT.P10.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

Topo Estaca N_i

H_i $M_{y,i}$ $M_{x,i}$ V_i

LEGENDA E REGRAS.

F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;

M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;

L_i - comprimento livre da estaca E_i ;

A_i - área seção reta da estaca E_i ;

E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;

J_{x_i, y_i} - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;

2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;

3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 3 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	44.806,72	1.049,76	300,00	150,00	524,8
Est.2	37.592,47	1.025,12	300,00	150,00	512,5
Est.3	52.300,80	1.025,12	300,00	150,00	512,5
SOMA	134.700,00	3.100,00	900,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P10

ESTACAS VERTICAIS - EA/2012/UFENF/MONOGRAFIA/ESFORÇOS CARACT/P11.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y;

NOTAS:
1 - quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
2 - o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X,Y;
3 - use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS → 3 OK Est. Iguais

EST. i	Xi (m)	Yi (m)	Li (m)	Ai (cm²)	Ei (kgf/cm²)	Jxi (cm4)	Jyi (cm4)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços Ni, Hi, Vi, Mxi e Myi Nas Estacas

EST. i	Ni (kgf)	Hi (kgf)	Vi (kgf)	Mxi (kgf.m)	Myi (kg)
Est.1	45.971,03	2.404,28	866,67	433,33	1.202,
Est.2	37.193,65	2.347,86	866,67	433,33	1.173,
Est.3	52.735,32	2.347,86	866,67	433,33	1.173,
SOMA	135.900,00	7.100,00	2.600,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P11

ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT\VP13.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:
1 - quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
2 - o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
3 - use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	32.355,50	778,85	466,67	233,33	389,4
Est.2	35.438,92	760,57	466,67	233,33	380,2
Est.3	40.605,58	760,57	466,67	233,33	380,2
SOMA	108.400,00	2.300,00	1.400,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P13

ESTACAS VERTICAIS - EA\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT\PI5.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:

- F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
- M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
- L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
- A_i - área seção reta da estaca E_i ;
- E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
- J_{x_i}, y_i - momento de inércia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

- 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
- 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
- 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS → 3 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	0	0,541	1	1	1	1	1
Est.2	-0,48	-0,277	1	1	1	1	1
Est.3	0,48	-0,277	1	1	1	1	1

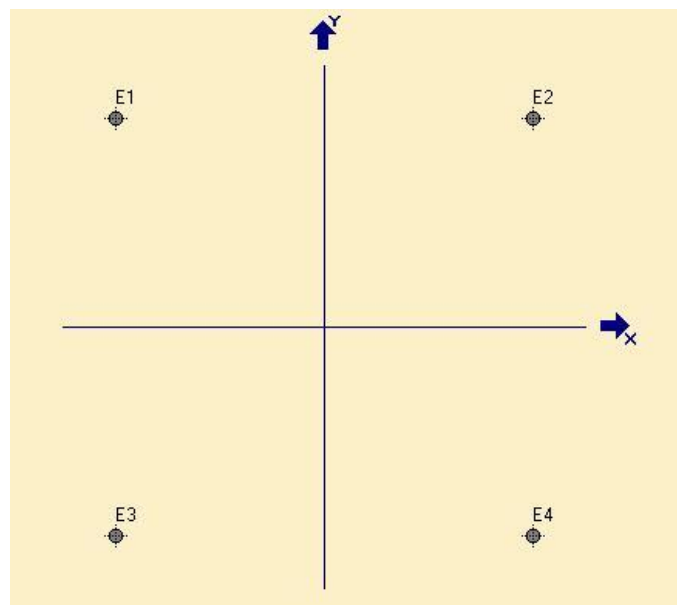
Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	43.198,04	677,26	1.100,00	550,00	338,6
Est.2	35.317,64	661,37	1.100,00	550,00	330,6
Est.3	49.484,31	661,37	1.100,00	550,00	330,6
SOMA	128.000,00	2.000,00	3.300,00	-----	-----

ESTACAS VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P15

Verificação para os pilares P2, P12, P14 e P16, pois estes apresentam as mesmas características geométricas:



ESTACAS VERTICAIS - EA2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT\P2.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS

F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i , segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
 3- use a seta do secc-olhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS → 4 OK Est. Iguais

EST.i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	-0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.2	0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.3	-0,48	-0,48	1	1	1	1	1
Est.4	0,48	-0,48	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST.i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	41.641,35	125,00	3.950,00	1.975,00	62,50
Est.2	43.125,73	125,00	3.950,00	1.975,00	62,50
Est.3	42.089,27	125,00	3.950,00	1.975,00	62,50
Est.4	43.573,65	125,00	3.950,00	1.975,00	62,50
SOMA	170.430,00	500,00	15.800,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS - P2

ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT.P12.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:
 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 4 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	-0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.2	0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.3	-0,48	-0,48	1	1	1	1	1
Est.4	0,48	-0,48	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	37.559,58	900,00	500,00	250,00	450,00
Est.2	49.580,42	900,00	500,00	250,00	450,00
Est.3	38.184,58	900,00	500,00	250,00	450,00
Est.4	50.205,42	900,00	500,00	250,00	450,00
SOMA	175.530,00	3.600,00	2.000,00	-----	-----

ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT.P12.stv

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS - P12

ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACTV14.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS:

- F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;
- M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;
- L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
- A_i - área seção reta da estaca E_i ;
- E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
- J_{x_i}, y_i - momento de inercia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 4 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	-0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.2	0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.3	-0,48	-0,48	1	1	1	1	1
Est.4	0,48	-0,48	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	35.866,67	475,00	175,00	87,50	237,5
Est.2	42.153,13	475,00	175,00	87,50	237,5
Est.3	36.746,88	475,00	175,00	87,50	237,5
Est.4	43.033,33	475,00	175,00	87,50	237,5
SOMA	157.800,00	1.900,00	700,00	---	---

ESTACAS VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS - P14

ESTACAS VERTICAIS - EA/2012/UENF/MONOGRAFIA/ESFORÇOS CARACT.P16.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

Topo Estaca N_i

H_i $M_{y,i}$ $M_{x,i}$ V_i

LEGENDA E REGRAS:
 F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z;
 M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y;
 L_i - comprimento livre da estaca E_i ;
 A_i - área seção reta da estaca E_i ;
 E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;
 J_{x_i, y_i} - momento de inércia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y;

NOTAS:
 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
 2- o sistema de referencia tem origem em qual quer ponto do plano X,Y;
 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS → 4 OK Est. Iguais

EST. i	Xi (m)	Yi (m)	Li (m)	Ai (cm ²)	Ei (kgf/cm ²)	Jxi (cm ⁴)	Jyi (cm ⁴)
Est.1	-0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.2	0,48	0,48	1	1	1	1	1
Est.3	-0,48	-0,48	1	1	1	1	1
Est.4	0,48	-0,48	1	1	1	1	1

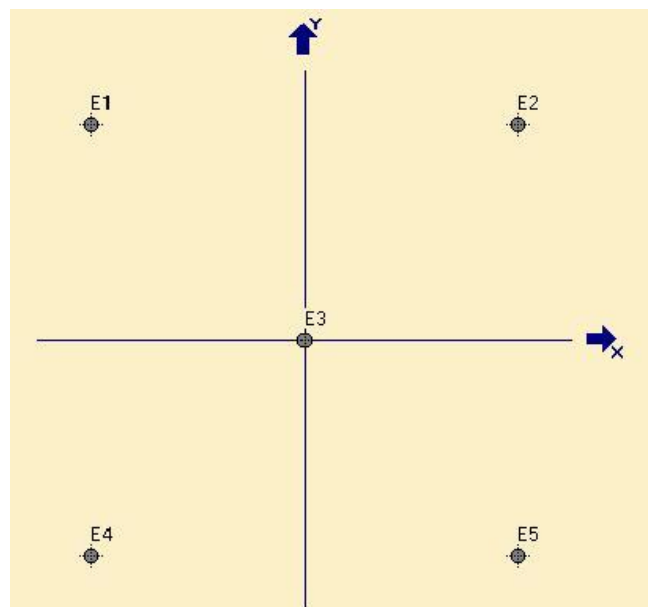
Esforços Ni, Hi, Vi, Mxi e Myi Nas Estacas

EST. i	Ni (kgf)	Hi (kgf)	Vi (kgf)	Mxi (kgf.m)	Myi (kgf)
Est.1	36.651,77	525,00	2.250,00	1.125,00	262,5
Est.2	39.219,48	525,00	2.250,00	1.125,00	262,5
Est.3	43.995,52	525,00	2.250,00	1.125,00	262,5
Est.4	46.563,23	525,00	2.250,00	1.125,00	262,5
SOMA	166.430,00	2.100,00	9.000,00	-----	-----

ESTACAS VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS - P16

Verificação para o pilar P8:



ESTACAS VERTICAIS - E:\2012\UENF\MONOGRAFIA\ESFORÇOS CARACT.P8.stv

ESTAQV VS 1.01 (1998) SUGESTÕES : andrerpm@uol.com.br

Planta Baixa

Elevação

ESTAQUEAMENTO VERTICAL

LEGENDA E REGRAS

F_x, y, z - forças axiais externas segundo os eixos x, y e z ;

M_x, y - momentos externos segundo os eixos x e y ;

L_i - comprimento livre da estaca E_i ;

A_i - área seção reta da estaca E_i ;

E_i - módulo elasticidade material estaca E_i ;

J_{x_i, y_i} - momento de inércia da seção reta da estaca E_i segundo os eixos x e y ;

NOTAS:

- 1- quando as estacas tiverem as mesmas características físicas e geométricas, fazer L_i, A_i, E_i, J_{x_i} e J_{y_i} iguais a 1;
- 2- o sistema de referência tem origem em qual quer ponto do plano X, Y ;
- 3- use a regra do saca-rolhas p/ os momentos

DADOS GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DAS ESTACAS

NÚMERO DE ESTACAS \Rightarrow 5 OK Est. Iguais

EST. i	X_i (m)	Y_i (m)	L_i (m)	A_i (cm ²)	E_i (kgf/cm ²)	J_{x_i} (cm ⁴)	J_{y_i} (cm ⁴)
Est.1	-0,679	0,679	1	1	1	1	1
Est.2	0,679	0,679	1	1	1	1	1
Est.3	0	0	1	1	1	1	1
Est.4	-0,679	-0,679	1	1	1	1	1
Est.5	0,679	-0,679	1	1	1	1	1

Esforços N_i, H_i, V_i, M_{x_i} e M_{y_i} Nas Estacas

EST. i	N_i (kgf)	H_i (kgf)	V_i (kgf)	M_{x_i} (kgf.m)	M_{y_i} (kgf.m)
Est.1	37.665,01	260,00	480,00	240,00	130,00
Est.2	40.128,19	260,00	480,00	240,00	130,00
Est.3	41.010,00	260,00	480,00	240,00	130,00
Est.4	41.891,81	260,00	480,00	240,00	130,00
Est.5	44.354,99	260,00	480,00	240,00	130,00
SOMA	205.050,00	1.300,00	2.400,00	-----	-----

Exibir

Novo

Abrir

Imprimir

Cálculos

Salvar

Fechar

Imp. Figura

ESTAQV VERSÃO 1.01 BY CARLOS VAMBERTO DE ARAÚJO MARTINS JOÃO PESSOA - PB

VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS CARACTERÍSTICOS – P8

APÊNDICE VII
PROJETO EXECUTIVO
FUNDAÇÃO HÉLICE ÔMEGA