

Larissa Tereza Piucco

ESTUDOS E DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES DE UMA TORRE EÓLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Engenheiro Civil. Com a orientação da Prof.^a Patrícia de Oliveira Faria, PhD.

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Piucco, Larissa Tereza

Estudos e dimensionamento das fundações de uma torre eólica / Larissa Tereza Piucco ; orientadora, Patrícia de Oliveira Faria - Florianópolis, SC, 2014.

136 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Fundações. 3. Torre Eólica. 4. Dimensionamento. I. Faria, Patrícia de Oliveira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Larissa Tereza Piucco

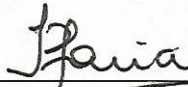
**ESTUDOS E DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES DE
UMA TORRE EÓLICA**

Este trabalho foi julgado adequado para a conclusão do curso de Graduação em Engenharia Civil, sendo aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 02 de dezembro de 2014.

Prof. Dr. Luis Alberto Gómez
Coordenador do Curso de Engenharia Civil

Banca Examinadora:



Prof.^a Patrícia de Oliveira Faria, PhD – Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi
Universidade Federal de Santa Catarina

Mestre José Marcos Faccin Guimarães
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil –
PPGEC/UFSC

*Dedico àqueles que de alguma forma
contribuíram e incentivaram para o
meu conhecimento técnico durante
esse período de graduação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em especial, a minha orientadora, a Professora Patrícia de Oliveira Faria, que nos encontros sempre se demonstrou muito prestativa, atenciosa e contribuindo para o desenvolvimento do trabalho com as suas experiências e os seus conhecimentos no assunto nos quais foram repassados a mim.

A todos os professores que foram responsáveis pela minha formação e que possuem o habilidoso dom de ensinar com generosidade e humanidade contribuindo ao máximo pelo meu interesse na área de Engenharia Civil.

Às empresas as quais estagiei que contribuíram para o meu conhecimento técnico e prático na área, podendo lidar com o dia-a-dia de um engenheiro. Aos engenheiros que convivi nessas empresas que me prepararam muito mais para essa nova fase de Engenharia e no qual possuo uma grande admiração.

As minhas amigas de adolescência, que também vieram morar em Florianópolis, que sempre foram responsáveis por compartilhar momentos de alegria, momentos de distração e responsáveis por muitas vezes me tirarem do casulo dos estudos. Aos meus amigos que conheci durante essa graduação, que também aprendi muito com eles tanto na área de Engenharia Civil como trabalho em equipe.

Ao meu irmão, também Engenheiro, fonte de minha inspiração na Engenharia.

Aos meus pais, que se esforçam ao máximo para estarem sempre presentes, incentivando pela minha escolha de ser uma Engenheira, por apenas não crerem só em mim mas também no que eu creio.

“Não deixe o barulho da opinião dos outros abafarem sua voz interior. É mais importante, tenha a coragem de seguir seu coração e sua intuição. Eles de alguma forma já sabem o que você realmente quer se tornar. Tudo o mais é secundário.”

(Steve Jobs, 2012)

RESUMO

Apresenta-se um estudo de métodos de execuções e dimensionamentos de três tipos de estacas para a implantação de um aerogerador localizado no município de Xangri-Lá. As vantagens de cada uma delas foram expostas em relação aos outros tipos escolhidos nesse trabalho, sendo elas: estaca pré-moldada em concreto protendido, estaca em perfil metálico e estaca raiz. Complementar a isso, tem-se um estudo prévio dos tipos de investigações geotécnicas e, para que se tenha um conhecimento mais concreto das condições do terreno que serão empregados os aerogeradores, coletaram-se boletins de sondagem do tipo SPT do local, a investigação mais utilizada no País. Elaborou-se no desenvolvimento do trabalho planilhas de cálculos de acordo com as investigações geotécnicas obtidas, elaboradas pela autora do presente estudo, baseadas nos dois métodos mais consagrados na área de fundações para o dimensionamento da capacidade de carga de cada um dos tipos de fundações. Escolheu-se aquele que apresenta a maior capacidade de carga do solo quando comparado com a capacidade estrutural de cada estaca. Por fim, tem-se o dimensionamento do aerogerador em três tipos de estacas e discutem-se as possíveis medidas mais viáveis para esse tipo de obra e solo.

Palavras-chave: Aerogerador. Investigações geotécnicas. Capacidade de carga.

ABSTRACT

This work presents a study of methods of execution and dimensioning of three types of piles for the implementation of a wind turbine located in the city of Xangri-Lá. The advantages of each are shown in relation to the other types chosen in this work. They are precast prestressed concrete piles, steel piles and root piles. Complementary to this, there is a preliminary study of the types of geotechnical investigations and, in order to have a more concrete understanding of the soil conditions that will be employed to the wind turbines and SPT results were collected, the most widely used in research in the country. Spreadsheets with the calculations were elaborated according to the geotechnical investigations obtained, prepared by the author of this study, based on two of the most well established methods in the area of foundations for the dimensioning of the load capacity of each type of foundation. Ultimately, the one that had the highest capacity of the soil when compared to the structural capacity of each of the piles was chosen. Finally, there is the dimensioning of the wind turbine in three types of piles and the most effective measures possible for this type of work and soil are discussed.

Keywords: Wind turbine. Geotechnical investigations. Load capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Trados.....	28
Figura 2.2 - Esquema de Sondagem	30
Figura 2.3 - Esquema genérico de uma sondagem do tipo SPT.....	31
Figura 2.4 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item a).....	32
Figura 2.5 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item b).	33
Figura 2.6 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item c).....	33
Figura 2.7 - Ponteira de ensaio de cone mecânico de Begemann.....	39
Figura 2.8– Exemplo de estaca armazenada.....	43
Figura 2.9 – Exemplo de manuseio de estaca.....	43
Figura 2.10 - Emenda soldada.....	44
Figura 2.11 - Emenda por luva de encaixe.....	45
Figura 2.12- Reforço de fundações de um edifício com estaca raiz.....	49
Figura 2.13 – Fases de execução de uma estaca raiz.....	51
Figura 3.1 – Mapa da região do Local de Estudo.....	69
Figura 3.2 – Local de Estudo	70
Figura 3.3 – Parque Eólico de Xangri-Lá.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Compacidade das areias e consistência das argilas	33
Tabela 2.2 – Grau de coerência	35
Tabela 2.3 – Grau de alteração	36
Tabela 2.4 – Grau de fraturamento	37
Tabela 2.5 – Graus de RQD	37
Tabela 2.6 – Classificação do solo em função da razão de atrito	40
Tabela 2.7 – Fatores de segurança globais mínimos	54
Tabela 2.8 – Fatores de correção F_1 e F_2	55
Tabela 2.9 – Coeficiente K e razão de atrito α	57
Tabela 2.10 – Valores do fator α em função do tipo de estaca e do tipo de solo	58
Tabela 2.11 – Valores do fator β em função do tipo de estaca e do tipo de solo	59
Tabela 2.12 – Coeficiente característico do solo C	60
Tabela 3.13 – Coeficiente K , α e C	59
Tabela 2.14 – Coeficiente n_h para as areias	64
Tabela 3.1 – Dados do Projeto	71
Tabela 4.1 – Determinação do coeficiente K e α para o furo SP03	75
Tabela 4.2 – Determinação do coeficiente C para o furo SP03	78
Tabela 5.1 – Custo comparativo de cada tipo de estaca	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEF	Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia
CPT	Cone Penetration Test
CPTU	Piezocone Penetration Test
IN-02/94	Instrução Normativa para Descrição de Testemunho de Sondagens Rotativas e Parâmetros Geomecânicos
NBR	Norma Brasileira Registrada
PCE	Prova de Carga Estática
PDA	Teste de Integridade de Estacas
PIT	Teste de Análise de Cravação
PVC	Policloreto de Vinila
RQD	Rock Quality Designation
SPT	Standard Penetration Test

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	23
1.1 JUSTIFICATIVAS.....	24
1.2 OBJETIVOS	24
1.2.1 Objetivo Geral.....	24
1.2.2 Objetivos Específicos.....	24
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS.....	27
2.1.1 Sondagem a trado.....	28
2.1.2 Sondagem à percussão - SPT	29
2.1.3 Sondagem Rotativa	34
2.1.4 Ensaio de Cone e Piezocone – CPT/CPTU	38
2.2 FUNDAÇÕES.....	41
2.2.1 Fundações Profundas.....	41
2.2.2 Características das Estacas	42
2.2.2.1 Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido	42
2.2.2.2 Estacas em Perfil Metálico.....	46
2.2.2.3 Estaca Raiz.....	48
2.2.3 Capacidade de carga das estacas	53
2.2.3.1 Método Aoki-Velloso (1975).....	55
2.2.3.2 Método Décourt-Quaresma (1985).....	58
2.2.3.3 Efeito de Grupo	62
2.2.3.4 Nega (Fórmula dos Holandeses)	63
2.2.3.5 Esforços horizontais	63
2.3 TESTES DE CARGA EM ESTACAS.....	64
2.3.1 Prova de Carga Estática (PCE).....	64
2.3.2 Teste de Carga Dinâmica (PDA).....	66
2.3.2.1 Teste de Integridade de Estacas (PIT).....	66
2.4 TORRES EÓLICAS.....	67
3.LOCAL DE ESTUDO	69
4.DIMENSIONAMENTO	73
4.1 ESTACA EM PERFIL METÁLICO	73
4.1.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca em Perfil Metálico.....	73
4.1.1.1 Seção reduzida da área de ponta <i>AP</i>	73
4.1.1.2 Seção reduzida da área lateral <i>AL</i> em 1m de profundidade.....	74
4.1.2 Método Aoki-Velloso para estaca em Perfil Metálico	74
4.1.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca em Perfil Metálico.....	74

4.1.2.2 Capacidade de carga pelo Método Aoki-Velloso – Estaca em Perfil Metálico	76
4.1.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico.....	78
4.1.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico	78
4.1.3.2 Capacidade de carga do Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico	79
4.1.4. Nega pela Fórmula dos Holandeses para estaca em Perfil Metálico	81
4.2 ESTACA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO PROTENDIDO ...	81
4.2.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca Pré-moldada em Concreto Protendido	81
4.2.1.1 Área de ponta <i>AP</i> – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido	82
4.2.1.2 Área lateral <i>AL</i> em 1m de profundidade – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido.....	82
4.2.2 Método Aoki-Velloso para estaca pré-moldada em Concreto Protendido.....	82
4.2.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido	82
4.2.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido.....	83
4.1.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido.....	83
4.2.4. Nega pela Fórmula dos Holandeses para estaca Pré-moldada em Concreto Protendido	83
4.3 ESTACA RAIZ.....	84
4.3.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca Raiz	84
4.3.1.1 Área de ponta <i>AP</i> – Estaca Raiz	84
4.3.1.2 Área lateral <i>AL</i> em 1m de profundidade – Estaca Raiz.....	84
4.3.2 Método Aoki-Velloso para estaca Raiz.....	85
4.3.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca Raiz	85
4.3.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca Raiz	85
4.3.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca Raiz	85
5.CUSTOS	87
6.CONCLUSÕES	89
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES	97
ANEXO A	122
ANEXO B	135

1. INTRODUÇÃO

No conjunto de qualquer sistema estrutural consegue-se visualizar três tipos de estruturas: a superestrutura sendo composta por lajes, vigas e pilares; a estrutura de fundação sendo blocos, sapatas, radier, estacas, tubulões, vigas de equilíbrio e mais elementos; e o maciço rochoso do solo no qual serão estabelecidas as estacas e que irá propiciar uma interação solo-estrutura.

Numa sequência do caminho das cargas tem-se a superestrutura que resiste às ações, que serão transferidas para as fundações, e por conseguinte para o maciço do solo.

Além de considerar a importância das cargas atuantes que serão transmitidas ao solo, a formação geológica também é de suma importância pelo fato de influenciar diretamente nas características mecânicas, podendo ser encontrado no perfil geológico do terreno camadas menos resistentes e camadas mais resistentes.

A fundação é definida por Aquino (2011) como:

Fundação é o elemento estrutural que tem por função transmitir a carga da estrutura ao solo sem provocar ruptura do terreno de fundação ou do próprio elemento de ligação e cujos recalques possam ser satisfatoriamente absorvidos pelo conjunto estrutural.

Nesse sentido, a determinação do tipo de fundação a ser utilizado depende de diversos fatores, como por exemplo: tipo de solo, recalques, as cargas atuantes, condições econômicas e técnicas. Diante desses parâmetros, e ao se analisar o perfil geológico com uma sondagem do tipo SPT, se faz possível dimensionar a fundação determinada.

Dessa forma, de modo que se possam vislumbrar perspectivas positivas, o presente estudo propõe o dimensionamento das fundações para um aerogerador localizado num parque eólico do Município de Xangri-Lá, no estado do Rio Grande do Sul, no qual apresenta um perfil geológico que será descrito posteriormente, de modo que esse dimensionamento assegure a estabilidade da torre eólica e garanta o perfeito funcionamento da estrutura.

Essa torre será dimensionada em três tipos de fundações profundas, sendo em estacas pré-moldadas de concreto protendido, estacas em perfis metálicos e estacas raiz.

1.1 JUSTIFICATIVAS

A autora deste estudo trabalha diretamente numa empresa de Engenharia de fundações em Florianópolis e por meio da realização deste estudo pretendeu-se reunir os principais conceitos envolvidos no cálculo de dimensionamento das fundações de uma torre eólica, adquirido no pouco tempo em que esteve nessa empresa de forma que se coloque a teoria em prática com auxílios dos profissionais dessa empresa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo do dimensionamento de três tipos de fundações profundas, sendo estaca em perfil metálico, pré-moldada em concreto protendido e raiz de uma torre eólica e compará-las de acordo com a sua capacidade de carga e os custos encontrados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Com metas mais específicas para atingir o proposto, tem-se:

- Conhecer o perfil geológico do local com uma sondagem do tipo SPT;
- Dimensionar em três tipos de fundações;
- Analisar as capacidades de cargas dos dois métodos estudados, sendo eles Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma;
- Apresentar os custos encontrados de cada uma das estacas;
- Expor as vantagens e desvantagens do tipo de estaca escolhida.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura no desenvolvimento deste trabalho iniciará com uma pesquisa teórica no capítulo 2 sendo a revisão bibliográfica em livros e trabalhos acadêmicos. Na sequência, no capítulo 3, será apresentado o local de estudo e dados do projeto. Posteriormente no capítulo 4, um

desenvolvimento do cálculo do dimensionamento da estrutura. Após os cálculos dos dimensionamentos, será realizado no capítulo 5 um estudo comparativo dos custos da execução de cada tipo de estaca e por fim, no capítulo 6 uma interpretação de resultados e conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Devido a grande variabilidade do solo, o fato de não ser homogêneo e por ser um material natural formado através de processos geológicos de intemperismo nos quais consistem na fragmentação mecânica ou química da rocha em partículas menores, segundo Das (2007), o solo se torna um material muito variável quanto à sua composição e ao seu comportamento quando submetido às ações de cargas.

Nesse sentido, mesmo analisando perfis geológicos com pontos de referências muito próximos um dos outros, consegue-se perceber a variabilidade do maciço de solo no que se diz respeito ao tipo de solo, consistência, características de resistência e deformabilidade.

Dessa forma, antes de iniciar a elaboração de um projeto de fundações solicita-se que seja feita a investigação geotécnica do maciço de solo para que se tenha um conhecimento mais concreto das condições do terreno, de maneira que se possa determinar as suas características e propriedades geomecânicas, dando continuidade a elaboração do projeto.

Esse procedimento de sondar o material, no qual irão ser incorporadas as fundações, se torna uma etapa indispensável para a escolha do tipo de fundação devido ao fato de se conhecer o comportamento do solo, a profundidade que se encontra o lençol freático, a profundidade das camadas mais resistentes e o comportamento do solo ao receber as cargas da estrutura.

Com o reconhecimento do subsolo já se sabe antes de começar a executar a obra que tipo de fundação é mais adequada para aquele solo, em consequência disso barateando o custo e gerando projetos de fundações mais seguros. Deve-se ressaltar que as sondagens custam em torno de 0,2% a 0,5% do custo total obra, e a não execução delas podem trazer prejuízos imensuráveis para as obras (SCHNAID, 2000).

Essas características e propriedades de Engenharia podem ser feitas tanto em laboratório quanto em campo. No Brasil, há predominância dos ensaios em campo e o mais utilizado é o SPT.

A seguir será descrito os ensaios de campos mais utilizado no Brasil.

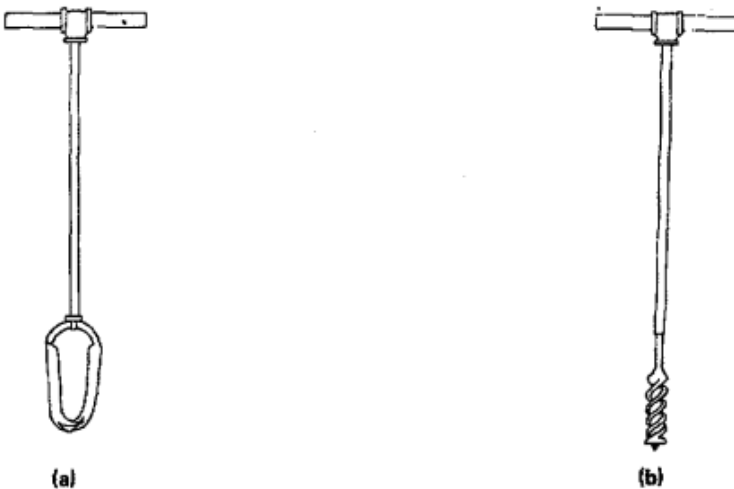
2.1.1 Sondagem a trado

A sondagem a trado, de acordo com a NBR 9603 (1986), tem a finalidade de:

Coleta de amostras deformadas, determinação da profundidade do nível d'água, e identificação dos horizontes do terreno.

O procedimento consiste na abertura de furos sendo uma perfuração manual utilizando o trado cavadeira (a) logo de início e quando o avanço do furo não for mais possível por esse tipo de trado, dá-se continuidade através do trado helicoidal (b). Na Figura 2.1 apresenta-se os dois tipos de trados.

Figura 2.1 - Trados.



Fonte: NBR 9603, 1986.

O fim da sondagem dá-se quando atinge a profundidade desejada pelo cliente, quando ocorre desmoronamento do furo ou quando não se consegue avançar mais o trado em 50mm num intervalo de 10 minutos. As amostras devem ser coletadas a cada metro e/ou quando houver

mudanças de camadas de solos, serão armazenadas para que o geólogo ou um profissional capacitado faça a sua análise (NBR 9603, 1986).

De posse disso, tem-se uma sondagem simples, rápida e barata na qual não se exige uma mão de obra especializada. Porém, esse ensaio é limitado por possuir algumas restrições referentes que impedem de efetuar furos com uma profundidade muito alta, sendo inadequado para projetos de fundações profundas.

O ensaio torna-se inadequado para projetos de fundações profundas por dois fatores: o primeiro, já citado anteriormente e o segundo, por não registrar um índice de resistência que é essencial para a elaboração de projetos.

2.1.2 Sondagem à percussão - SPT

A sondagem a percussão mais conhecido pela sigla inglesa SPT (Standard Penetration Test), cuja NBR 6484 (2001) define as suas finalidades da seguinte maneira:

- a) a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência;
- b) a posição do nível d'água;
- c) os índices de resistência à penetração (N_{SPT}) a cada metro.

Nesse contexto, o ensaio torna-se uma medida de resistência dinâmica junto com uma sondagem que identifica a estratigrafia do solo e dos materiais que compõe as camadas.

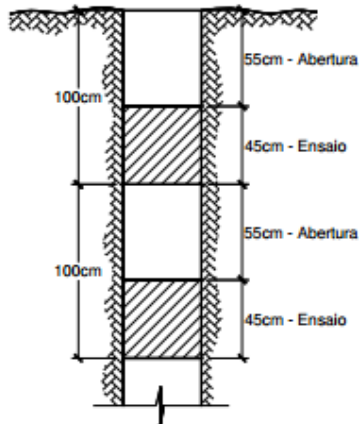
No que diz respeito à sondagem SPT, a NBR 6484 (2001) descreve o procedimento de execução começando com a locação de cada furo de sondagem que deve ser indicado com a cravação de um piquete de madeira.

Hachich *et al.*(1998) ressaltam que os pontos demarcados com o piquete, em casos específicos, devem ter uma distância entre eles de 15 a 30 metros. Já em áreas extensas e nas investigações iniciais, essa distância vem a ser de 50 a 100 metros. Porém, apesar do autor definir distâncias, elas acabam dependendo da disposição do terreno e da exigência do cliente. O autor ainda destaca que esses furos de sondagem nunca fiquem num alinhamento e que na sondagem não seja feita apenas um furo no terreno.

Para dar início à perfuração é instalado sobre cada furo o tripé. Perfura-se a camada superficial na profundidade de 1m com o auxílio do

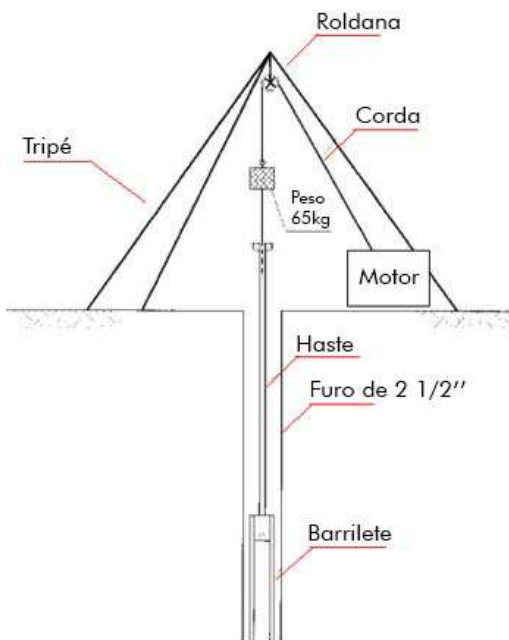
trado-concha ou cavadeira manual. Dando continuidade a sondagem, numa extremidade da haste tem-se o amostrador padrão que será firmado no fundo do furo que foi aberto pelo trado e através dele que serão coletadas as amostras representativas do solo a cada metro. O martelo, um dos componentes da aparelhagem, deve cair em queda livre de uma altura de 75cm acima do topo da haste, e com sua massa padronizada de 65kg. Esse procedimento é repetido, e conta-se o número de golpes a cada 15cm até que o amostrador padrão penetre 45cm no solo. Amostras de solo são recolhidas e armazenadas para que mais tarde possam ser analisadas por um geólogo. Essa análise é mais uma classificação táctil-visual, sem muitas vezes serem levadas a laboratórios, a não ser que o cliente exija uma classificação mais detalhada (NBR 6484, 2001). As Figuras 2.2 e 2.3 apresentam esquematicamente uma sondagem SPT.

Figura 2.2 - Esquema de Sondagem.



Fonte: Construção Civil, 2011.

Figura 2.3 - Esquema genérico de uma sondagem do tipo SPT.



Fonte: SCHNAID, 2000.

Tratando-se da soma do número de golpes necessários à penetração dos últimos 30cm do amostrador, a NBR 6284 (2001) descreve como um valor chamado de N_{SPT} no qual indicará a resistência do solo à penetração naquela camada de 1m. Portanto, o N_{SPT} indica quando o solo é mais ou menos resistente, sendo um parâmetro de extrema importância que deve ser anotado.

Para prosseguir a sondagem até o próximo metro, perfurando os próximos 55 centímetros, utiliza-se um trado helicoidal, desde que não atinja o nível de água. Caso atinja o nível de água, a perfuração continua por um sistema de circuito fechado de circulação de água com o auxílio de uma motobomba, uma caixa d'água e um trépano. Cintra *et al.* (2013) descrevem esse sistema de circulação como:

Um conjunto de hastas rosqueadas introduzido por dentro do revestimento, que conta com uma peça

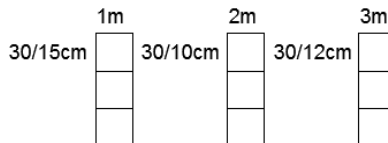
cutante em sua ponta inferior, o trépano, cuja função é desagregar o solo. Com a circulação da água, bombeada por dentro da haste e retornada à superfície pelo espaço anelar entre haste e o revestimento, é possível coletar detritos de solo oriundos da profundidade em que o trépano se encontra.

A paralisação da sondagem depende da exigência do cliente, que pode ter critérios de paralisação mais rígidos que a da NBR 6484 (2001) ou mesmo o cliente apenas deseja uma certa profundidade de reconhecimento do solo. Também se tem os critérios de paralisação da NBR 6484 (2001), que são:

- a) quando, em 3m sucessivos, se obtiver 30 golpes para a penetração dos 15cm iniciais do amostrador-padrão;
- b) quando, em 4m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30cm iniciais do amostrador-padrão;
- c) quando, em 5m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45cm do amostrador-padrão.

Nas Figuras 2.4, 2.5 e 2.6 tem-se três exemplos de critérios de paralisação da sondagem do tipo SPT.

Figura 2.4 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item a).



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.5 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item b).

	1m	2m	3m	4m
30/15cm	<input type="checkbox"/>	23/15cm	<input type="checkbox"/>	24/15cm
20/15cm	<input type="checkbox"/>	27/10cm	<input type="checkbox"/>	26/12cm
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	16/7cm

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.6 - Exemplo de critério de paralisação da sondagem do tipo SPT, item c).

	1m	2m	3m	4m	5m
14/15cm	<input type="checkbox"/>	18/15cm	<input type="checkbox"/>	21/15cm	<input type="checkbox"/>
18/15cm	<input type="checkbox"/>	19/15cm	<input type="checkbox"/>	20/15cm	<input type="checkbox"/>
18/15cm	<input type="checkbox"/>	17/10cm	<input type="checkbox"/>	9/10cm	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	23/15cm	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	25/15cm	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	3/3cm	<input type="checkbox"/>
				26/15cm	<input type="checkbox"/>
				24/12cm	<input type="checkbox"/>

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, classificam-se as amostras coletadas da sondagem em função do índice de resistência à penetração, como na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Compacidade das areias e consistência das argilas.

Compacidades e Consistências em função a resistência à penetração - SPT		
Areias e siltes arenosos	Fofa	≤ 4
	Pouco Compacta	5 - 8
	Medianamente Compacta	9 - 18
	Compacta	19 - 41
	Muito Compacta	> 41
Argilas e siltes argilosos	Muito Mole	< 2
	Mole	2 - 5
	Média	6 - 10
	Rija	11 - 19
	Dura	> 19

Fonte: Adaptado de IN-02/94.

De acordo com Schnaid (2000), a má prática do ensaio ou vícios executivos podem gerar duas sondagens realizadas no mesmo ponto com resultados diferentes. Isso se deve a técnica utilizada pelos operadores, os equipamentos empregados ou ainda o procedimento do ensaio.

2.1.3 Sondagem Rotativa

Empregada na investigação geotécnica de maciços rochosos ou em solos que são impenetráveis à percussão. Este método fundamenta-se na coleta de amostras que terão um formato cilíndrico e serão contínuos. Serão recolhidas através de um conjunto motomecanizado que simultaneamente rotaciona e penetra o barrilete no qual possui uma broca diamantada de forma a cortar o material. As amostras extraídas são chamadas de testemunhos.

Os equipamentos que compõe o método é basicamente um tubo, chamado de barrilete, que no seu interior possui uma camisa livre preservando o testemunho, e uma coroa diamantada na sua extremidade inferior que irá perfurar o terreno na sua rotação (IN-02/94).

Os testemunhos serão armazenados em caixas para uma posterior avaliação de um geólogo especializado que irá classificar em parâmetros geomecânicos dando caracterização aos testemunhos.

Nesse sentido, e de acordo com Instrução Normativa para Descrição de Testemunhos de Sondagens Rotativas e Parâmetros Geomecânicos (IN-02/94), os parâmetros a serem considerados são:

- a) relativos ao maciço rochoso: coerência e alteração mineralógica;
- b) relativos às descontinuidades: grau de fraturamento, características da superfície e inclinações das descontinuidades;
- c) mistos: condutividade hidráulica e Rock Quality Designation (RQD).

No parâmetro grau de coerência tem-se a análise de acordo com a dureza da rocha, a resistência ao impacto e a desagregabilidade. Na Tabela 2.2 tem-se a classificação do grau de acordo com Instrução Normativa para Descrição de Testemunhos de Sondagens Rotativas e Parâmetros Geomecânicos.

Tabela 2.2 – Grau de coerência.

GRAU DE COERÊNCIA	
C1	Rocha muito coerente: quebra com dificuldade ao golpe do martelo e os fragmentos possuem bordas cortantes que resistem ao corte com lâmina de aço. Superfície dificilmente riscável com aço. Somente escavável a fogo.
C2	Rocha coerente: quebra com golpe do martelo, produzindo fragmentos com bordas que podem ser abatidas por lâmina de aço ou serem quebradiças por pressão dos dedos. Superfície riscável com aço, deixando sulcos leves. Escavável a fogo.
C3	Rocha pouco coerente: quebra facilmente com golpe do martelo (esfarelada), produzindo muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente e as bordas dos fragmentos quebram facilmente com a pressão dos dedos. Superfície facilmente riscável com aço, deixando sulcos profundos. Escarificável.
C4	Rocha friável: quebra facilmente com a pressão dos dedos, desagregando-se. Pode ser cortada com aço.

Fonte: Adaptado de IN-02/94.

No parâmetro grau de alteração examina-se a alteração dos minerais e o decréscimo da resistência mecânica em razão do intemperismo de acordo com a Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Grau de alteração.

GRAU DE ALTERAÇÃO	
A1	Rocha São: Não há alteração dos minerais, descoloração da amostra e oxidação de fraturas. Só pode ser escavada a fogo.
A2	Rocha Pouco Alterada: apresenta sinais incipientes de alteração dos minerais ligeiramente descoloridos e fraturas oxidadas. Mantém praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha são. Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo.
A3	Rocha medianamente alterada ou rocha alterada dura: os minerais estão medianamente alterados, descoloração acentuada (de até 1/3 do comprimento entre as fraturas justapostas) e fraturas oxidadas. As propriedades físicas e mecânicas são inferiores às da rocha são, sendo entretanto, uma rocha bastante resistente, quebrando com relativa dificuldade sob ação do martelo. Quando pouco fraturada só pode ser escavada a fogo.
A4	Rocha muito alterada ou rocha alterada mole: minerais constituintes muito alterados, às vezes pulverulentos e friáveis, com fraturas preenchidas com materiais terrosos e descoloração total entre fraturas. As propriedades físicas e mecânicas são acentuadamente inferiores às da rocha alterada dura. Quebra facilmente com as mãos e é escavável à picareta e por meios mecânicos convencionais. Rocha considerada como saprolito grosso ou duro.
A5	Rocha extremamente alterada ou solo de alteração: minerais constituintes totalmente alterados, estando preservados as estruturas originais da rocha. Pode ser escavado por qualquer meio manual ou mecânico convencional. Rocha classificada como saprolito brando ou solo saprolítico.

Fonte: Adaptado de IN-02/94.

No grau de fraturamento, conforme a Tabela 2.4, computa-se o número das descontinuidades por unidade e por trecho de fraturamento homogêneo.

Tabela 2.4 – Grau de fraturamento.

GRAU DE FRATURAMENTO	Nº DE FRATURAS POR METRO
F1 - rocha pouco fraturada	0 - 1
F2 - rocha fraturada	2 - 5
F3 - rocha muito fraturada	6 - 11
F4 - rocha extremamente fraturada	11 - 20
F5 - rocha fragmentada	> 20

Fonte: Adaptado de IN-02/94.

Na seqüência tem-se o RQD que avalia a qualidade da rocha de acordo com o grau de fraturamento e o grau de alteração da rocha em função da recuperação dos testemunhos, como observa-se na Tabela 2.5. Determina-se essa qualidade somando os comprimentos dos testemunhos de cada manobra que possuem comprimento maior que 10cm e dividindo pelo comprimento total do trecho (IN-02/94).

$$RQD = \frac{\sum \text{testemunhos com comprimentos} > 10\text{cm}}{\text{Comprimento total do trecho}} \times 100\%$$

Tabela 2.5 – Graus de RQD.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA (RQD)		
GRAU	%	QUALIDADE DA ROCHA
R1	100-91	Excelente
R2	90-70	Boa
R3	75-51	Regular
R4	50-26	Má
R5	25-0	Péssima

Fonte: Adaptado de IN-02/94.

2.1.4 Ensaio de Cone e Piezocone – CPT/CPTU

Os ensaios de cone (CPT) e de piezocone (CPTU) são considerados como os ensaios mais importantes na área geotécnica pelo fato dos sensores do cone medirem a resistência de ponta do cone (q_c) e resistência ao atrito lateral da luva (f_s), possibilitando alcançar um detalhamento do perfil geológico. Além de determinar esses parâmetros, com esse ensaio consegue-se ter uma previsão da capacidade de carga das fundações e a determinação estratigráfica dos perfis do solo como o SPT também já faz. A diferença é que o ensaio de CPT/CPTU não recolhe as amostras.

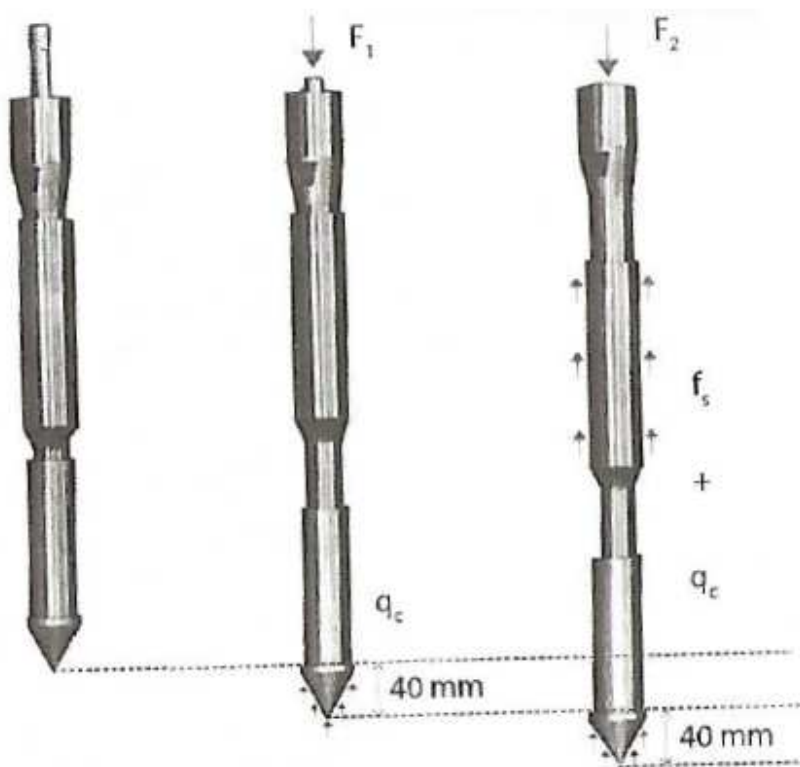
Estes ensaios apresentam uma vantagem sobre o ensaio de sondagem SPT por determinar os parâmetros separadamente de resistência de ponta e de atrito lateral. Enquanto com o SPT obtém-se o N_{SPT} no qual não faz essa diferenciação (CINTRA, *et al.*, 2013).

O ensaio baseia-se na cravação vertical, sendo uma cravação quase estática, no solo de um cone padrão com uma velocidade constante de 20mm/s e com uma seção transversal de 10cm².

A finalidade do ensaio de cone e o ensaio de piezocone é a mesma. O que irá diferenciar nos dois é a aparelhagem. No CPT tem-se um cone mecânico conhecido como o cone de Begemann que em cada 20cm de profundidade, o cone irá avançar em 4cm medindo a força F_1 que dividindo pela seção transversal do cone, já citada anteriormente sendo de 10cm², obtém-se o valor da resistência de ponta. Prosseguindo o ensaio e avançando o cone mais 4cm juntamente com o avanço da luva, mede-se a força F_2 , no qual descontando F_1 de F_2 e dividindo pela área da superfície lateral da luva, encontra-se a resistência ao atrito lateral (CINTRA, *et al.*, 2013).

A Figura 2.7 apresenta um detalhe do avanço do cone mecânico de Begemann juntamente com a luva.

Figura 2.7 - Ponteira de ensaio de cone mecânico de Begemann.



Fonte: CINTRA, *et al.*, 2013.

O ensaio prossegue até a cota final desejada e sempre registrando os parâmetros de resistências a cada 20cm de profundidade. Como este ensaio não recolhe amostras, através da razão de atrito e da fórmula indicada a seguir, consegue-se determinar o tipo de solo e depois classifica-lo conforme a Tabela 2.6 (CINTRA, *et al.*, 2013).

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100$$

Tabela 2.6 – Classificação do solo em função da razão de atrito.

TIPO DE SOLO EM FUNÇÃO DA RAZÃO DE ATRITO	
CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	RAZÃO DE ATRITO (%)
Areia grossa com cascalhos à areia fina	1,2 - 1,6
Areia siltosa	1,6 - 2,2
Areia silto-argilosa	2,2 - 3,2
Misturas de argila	3,2 - 4,1
Argila	4,1 - 7,0
Turfa	> 7,0

Fonte: Adaptado de BEGEMANN, 1965.

O CPT também pode ser feito com uma ponteira elétrica ao invés do cone mecânico, a diferença é que com a ponteira elétrica o procedimento do ensaio será executado de uma forma contínua de forma que não seja penetrada primeiramente à ponta do cone para depois penetrar a luva do mesmo.

Outra diferença do cone mecânico de Begemann é que a ponteira elétrica ainda mede a poropressão durante a execução do ensaio e a dissipação do excesso de poropressão. Tornando os resultados mais próximos do real e estimando os efeitos do processo de cravação das estacas no solo.

Além do CPT em cone mecânico e elétrico, tem-se a variação do CPT sendo CPTU no qual a execução também é a mesma. O que difere nesse ensaio é que na medição da poropressão utiliza-se um elemento poroso.

Mesmo sem a coleta das amostras, tanto para o ensaio CPT quanto para o CPTU, as classificações dos perfis geológicos se dão pela razão de atrito (R_f), já descrita a sua fórmula anteriormente, e classificadas de acordo com suas tabelas.

Em solos arenosos têm-se uma resistência de ponta bem maior que em comparação a solos argilosos, porém, a razão de atrito em solos argilosos é maior.

Entretanto à medida que se aumenta a profundidade na execução do ensaio o valor da resistência de ponta e o atrito lateral também aumentam em função da tensão de confinamento. Nesse caso a

classificação estaria errada necessitando de correções para que sejam interpretadas as classificações corretas.

2.2 FUNDAÇÕES

2.2.1 Fundações Profundas

Segundo a norma NBR 6122 (2010) o termo fundações profundas refere-se a:

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

De modo mais simples, por sua vez, Cintra, Aoki e Albiero (2011), mencionam o termo “fundações profundas”, além de admitir o que a norma descreve, de acordo com a transferência de carga do elemento para o maciço do solo.

Os tipos de fundações profundas, como a norma cita, são as estacas e os tubulões, porém este trabalho tem a finalidade de apenas estudar as estacas.

Para o presente estudo escolheu-se estacas que apresentam diferenças no seu modo de execução e no seu material, sendo estacas pré-moldadas em concreto protendido, estacas em perfis metálicos e estacas raiz.

Na escolha do material deve ser levado em consideração àquele que apresente o melhor desempenho e que também venha a oferecer mais segurança à obra. Cabe destacar alguns parâmetros que necessitam ser avaliados na escolha do material, tais como a capacidade de carga da estaca, a permeabilidade, a erosão da água, resistência ao fogo, corrosão, ataque ambiental, esbeltez. Filho (2006) explica que essa escolha está conectada aos riscos admitidos e que a escolha do material da estrutura junto com o seu dimensionamento deve suportar as ações solicitadas durante toda a sua vida útil de forma que a estrutura venha a desempenhar a função a qual foi concebida.

Já na escolha da execução, têm-se as estacas cravadas e as estacas escavadas. A diferença consiste que as estacas escavadas são moldadas no local após a escavação do solo e sempre terá a remoção do material. Nas estacas cravadas podem vir a ser introduzidas no terreno por percussão, vibração ou prensagem e não há remoção do solo.

Como exemplo de estacas cravadas que serão estudadas tem-se as metálicas e as pré-fabricadas, e as escavadas, as raízes.

2.2.2 Características das Estacas

2.2.2.1 Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

As estacas pré-moldadas em concreto protendido são as mais utilizadas na construção, considerando apenas as pré-moldadas, pelo fato de que tanto no processo de fabricação desta e quanto na cravação da mesma pode-se obter o controle de qualidade da estaca (HACHICH, *et al.*, 1998).

Na sua fabricação, com a escolha do concreto mais adequado juntamente com o processo de cura e protensão, faz com que o elemento venha a possuir uma resistência compatível com as solicitações originadas pelo manuseio, transporte, corrosão, ataque ambiental e o processo de instalação respeitando a NBR 6118 (2007) e a NBR 9062 (2001) (ABEF, 2012).

O processo da cura do concreto é feita a vapor, de forma que acelere o ganho de resistência inicial, admitindo uma desforma num menor tempo. Entretanto, Hachich *et al.* (1998) salientam que, apesar de o ganho de resistência inicial dar-se antes, em comparação de uma cura que não seja feita a vapor, isso não interfere no tempo total do ganho de resistência desejada. Sendo assim, permanecerá em estoque o mesmo período que uma cura que não seja feita a vapor.

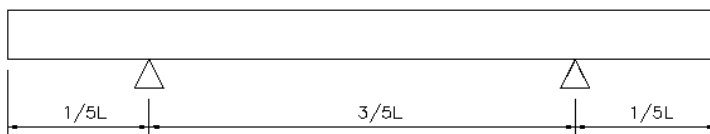
Hachich *et al.* (1998) ainda menciona que a protensão em conjunto com a cura garante uma maior resistência à corrosão, menor ocorrência de fissuras, um melhor desempenho na cravação e também no manuseio.

Deve-se sempre observar as condições de manuseio do elemento pelo fato de o concreto não possuir uma boa resistência à tração e a choques mecânicos. Sendo assim, ao levantar a estaca deve haver um equilíbrio dos momentos fletores quando o elemento está submetido aos esforços na fase de manuseio. Equilíbrio dos momentos fletores máximos negativos e positivos, de forma que em nenhum ponto da estaca ocorra um momento superior ao que ocorre no ponto do

manuseio. Nesse contexto, recomenda-se que sejam erguidas num ponto há $1/3$ do seu comprimento e que sejam armazenadas com dois pontos de apoio sendo cada um a $1/5$ da sua extremidade. (HACHICH, *et al.*, 1998).

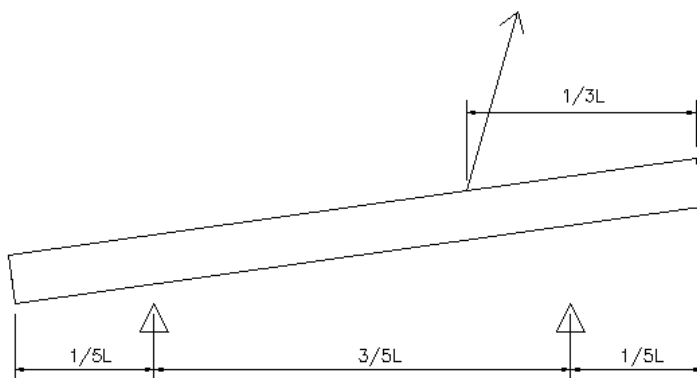
Nas Figuras 2.8 e 2.9 tem-se exemplos de como se deve armazenar e manusear uma estaca.

Figura 2.8– Exemplo de estaca armazenada.



Fonte: Adaptado de CIBE Pré-moldados e Concretos, 2013.

Figura 2.9 – Exemplo de manuseio de estaca.



Fonte: Adaptado de CIBE Pré-moldados e Concretos, 2013.

Em consequência do manuseio, majora-se em 30% do valor dos momentos máximos no cálculo da armadura.

Geralmente as posições das armaduras longitudinais dão-se de forma simétrica nas duas direções, sendo que a resistência à tração do elemento depende dessa armadura. E, além disso, na armadura transversal, os estribos, concentram-se nas pontas do elemento gerando um reforço nessas áreas onde há uma maior tensão durante a cravação (HACHICH, *et al.*, 1998).

As estacas pré-moldadas em concreto protendido são encontradas no mercado com um comprimento variando entre 4m a 12m. Este elemento com mais de 12m não é muito viável pelo fato de dificultar o transporte onde será necessário uma licença especial para trafegar. Portanto, em casos que no projeto está definido comprimento de estacas com mais de 12m faz-se uma combinação de peças menores e emendando-as entre si gerando o comprimento desejado (HACHICH, *et al.*, 1998).

Têm-se dois tipos de emendas, as soldadas e as emendas por anel ou luva de encaixe. A NBR 6122 (2010) instrui que apenas devem ser empregadas as emendas por anel ou luvas quando não houver esforço de tração na sua vida útil ou durante a sua cravação de forma que resistam as ações aplicadas. Isso se explica pelo fato de as emendas soldadas garantirem uma continuidade estrutural da estaca transmitindo os esforços entre as peças. Entretanto, nas emendas por anel ou luvas de encaixe cria-se um sistema de rótula no local da emenda e apenas os esforços de compressão são transferidos entre si (NBR 6122, 2010).

Nas Figuras 2.10 e 2.11 tem-se figuras ilustrativas de uma emenda soldada e uma emenda por luva de encaixe.

Figura 2.10 - Emenda soldada.



Fonte: Solo.net Engenharia de Solos e Fundações Limitadas, 2012.

Figura 2.11 - Emenda por luva de encaixe.



Fonte: Fundações, 2007.

No processo de cravação o elemento estrutural deve atingir a profundidade estabelecida em projeto de acordo com a sua capacidade de carga e sem danificar a mesma. A profundidade estabelecida em projeto geralmente esta relacionada à nega no qual representa a medida da penetração permanente de uma estaca causada pela aplicação de um golpe do martelo. A descrição detalhada do conceito de nega e seus cálculos serão descritos mais a diante (CINTRA; AOKI, 2010).

O processo inicia com a locação dos pontos de cada estaca, sendo esse serviço feito por profissionais habilitados na área de topografia que irão instalar um piquete que tem a finalidade de indicar o eixo da estaca. A locação bem executada poupa a execução posteriormente de vigas de equilíbrio, vigas de travamento e alavancas.

Logo em seguida, o bate-estaca é posicionado sobre o piquete locado que indica o centro da estaca a ser cravada, de forma que a máquina esteja apumada. Posteriormente iça a estaca, posicionando na torre do bate-estaca, de modo que a mesma esteja no local indicado com o piquete, e em seguida inicia-se a cravação com quedas livres do

martelo sobre o capacete que se encontra encaixado na cabeça da estaca (NAKAMURA, 2014).

Lembrando que a cravação das estacas é feita pelo processo de percussão, conforme Nakamura (2014) a relação entre o peso do martelo e o peso da estaca deve ser a maior possível. Nesse contexto, o uso de martelos mais pesados com uma menor altura de queda é mais eficiente que martelos mais leves com uma maior altura de queda.

Em casos em que as estacas necessitam de emendas, interrompe-se a cravação com a estaca a um metro acima do nível do terreno para que seja feito a emenda com maior facilidade.

As vantagens e desvantagens de uma estaca pré-moldada em concreto protendido são:

- A possibilidade de maior controle da qualidade final das peças;
- Um índice de produtividade considerado bom;
- Menor geração de resíduos nas obras em comparação as escavadas que geram a movimentação de solo. Apesar disso, geram muitas perdas significativas com as suas sobras e quebras;
- Não é recomendado quando irá ter solicitações de cargas horizontais ou trações elevadas;
- Irá emitir elevados índices de ruídos e vibrações, podendo prejudicar as construções vizinhas;
- A obra precisa ter condições de logísticas de acesso favoráveis, não limitando as movimentações das máquinas;
- Melhor desempenho na execução ao se atravessar camadas de solos moles;
- Dificuldades na cravação com solos de maiores granulometrias;
- Capacidade de executar estacas inclinadas, porém tomando cuidado com a possibilidade de tombamento dos equipamentos nessa execução.

2.2.2.2 Estacas em Perfil Metálico

A NBR 6122 (2010) descreve estaca em perfis metálicos como:

Estaca cravada, constituída de elemento estrutural produzido industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos.

Geralmente encontra-se no mercado perfis de seções I, H, chapas de seção circular, quadrada e retangular. Dependendo da região, muitos trilhos são reutilizados como estacas em perfis metálicos após perderem a sua finalidade por desgaste. Além desses tipos de seções encontradas no mercado, os comprimentos das mesmas, em geral, são de 6m ou 12m (HACHICH, *et al.*, 1998).

A cravação deste tipo de estaca é similar ao processo de cravação de estaca em concreto protendido, no qual já foi citado anteriormente, em que também se utiliza o equipamento denominado bate-estaca e sendo feita por um processo de percussão.

As emendas são feitas através de soldas no topo da estaca com a utilização de talas, que também são soldadas e tem por finalidade, além de unir as peças, garantem um desempenho mecânico da peça (HACHICH, *et al.*, 1998).

Apesar de ainda ser considerada uma estaca cara pelo fato do custo do material, essa estaca compete na sua economia no total da obra nos quesitos produtividade e na técnica com as demais fundações. De acordo com Hachich *et al.* (1998), ela se torna economicamente viável por possibilitar uma fácil cravação e em consequência disso aumentando a produtividade. Possui uma boa resistência à flexão, não apresentando problemas de quebras na hora do manuseio ou armazenamento da mesma, podendo ser empregadas em várias fases da construção.

Apesar de, o primeiro item a ser analisado é a corrosão, não há casos relatados na falha estrutural causada pela corrosão do aço, por mais que a estaca esteja empregada em solos muito agressivos ou contaminados por produtos químicos.

A porcentagem de oxigênio em solos naturais é tão insignificante que o aço não é corroído. A reação química até inicia, mas logo já cessa pela falta de oxigênio que é responsável pela corrosão. Para acontecer à reação química é fundamental que se tenha a água e oxigênio, a ausência de um dos dois, já não acontece o processo de corrosão (GERDAU, 2011).

Contudo, a NBR 6122 (2010) requer que no cálculo das cargas máximas em estacas metálicas totalmente enterradas, seja descontada

uma espessura de 1,5mm de toda a sua superfície em contato com o solo.

E por fim, características vantajosas ou não de uma estaca em perfis metálicos:

- Permite uma fácil cravação em quase todos os tipos de solos sendo com uma baixa vibração;
- Elementos leves;
- Facilidade no transporte e manuseio;
- Podem ser cravadas em solos resistentes sem o levantamento de estacas vizinhas já cravadas;
- Resistência elevada a esforços de tração, compressão e flexão;
- Inexistência de quebras;
- Reaproveitamento das peças;
- A produtividade pode ser afetada quanto ao número de emendas, as várias seções diferentes que se faz necessário à troca dos capacetes das estacas,
- Na emenda, o tempo para a execução do corte e da solda pode vir a ser maior que o tempo de cravação da estaca.
- Alto custo quando comparada às estacas pré-moldadas, Franki e Strauss.

2.2.2.3 Estaca Raiz

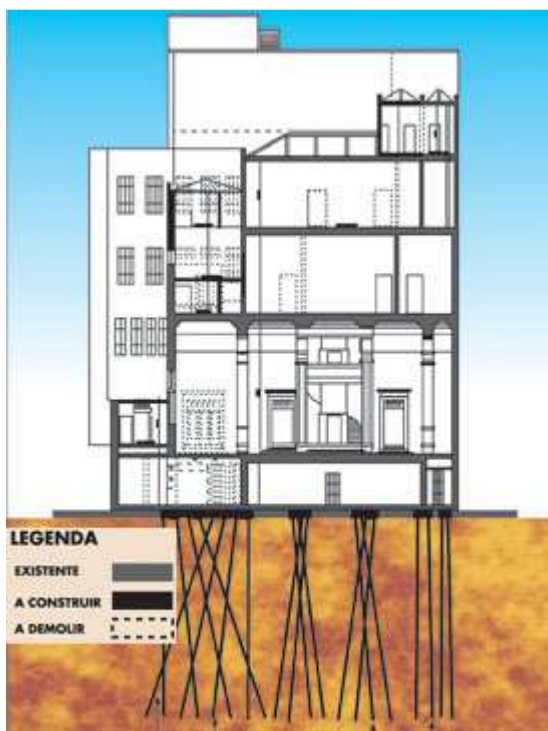
Diferente da denominação que é dada, a estaca pré-moldada em concreto protendido e as estaca em perfis metálicos como estaca cravada, a estaca raiz é denominada de estaca escavada injetada. O que difere uma estaca escavada injetada dos outros tipos de estacas, de acordo com Hachich *et al.* (1998), é que as escavadas injetadas possuem uma taxa de armadura superior as demais, podem ser implantadas no terreno com inclinações entre 0° a 90° e a carga admissível considerada pode ser a mesma quando a estaca estiver sofrendo uma carga tanto de tração quanto de compressão desde, que o fuste esteja adequadamente armado.

O surgimento da estaca raiz deve-se ao engenheiro italiano Fernando Lizzi na década de 1950 no qual utilizavam este tipo de estrutura para reforços de fundações e melhoramento de solos moles. Como empregavam as mesmas em diversas direções e inclinações de

forma a obter blocos de solo armado, dando uma característica visual de raiz, deu-se o nome de estaca raiz (PRESA; POUSADA, 2004).

A Figura 2.12 ilustra os reforços de fundações de um edifício.

Figura 2.12- Reforço de fundações de um edifício com estaca raiz.



Fonte: Fundações Especiais Ltda, 2014.

Após a década de 70 passou a ser uma nova técnica de fundações e hoje são utilizadas em todos os tipos de obras como contenções de encostas, ancoragem de muro de arrimos, perfuração em solos com matacões e rochas, obras com espaço ou pé direito reduzido, para obras que necessitam da ausência de ruídos e vibrações, e também em obras que as construções vizinhas estejam em estados precários.

A estaca raiz é concretada “in-loco” com injeção de argamassa de cimento possuindo um pequeno diâmetro variando entre 100 mm e 500

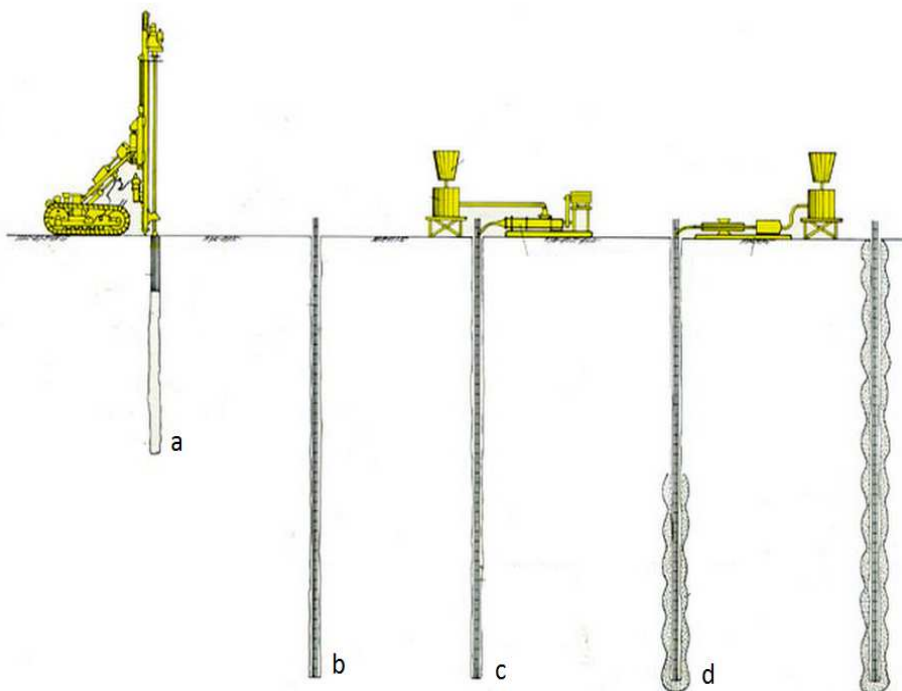
mm. Na injeção dessa argamassa aplicam-se golpes de pressão para que a argamassa vaze para fora do furo revestindo todo o comprimento da estaca (HACHICH, *et al.*, 1998).

Devido ao seu processo executivo é uma estaca com elevada capacidade de carga em virtude da resistência do atrito lateral e do seu comprimento. Se no processo atingir a rocha, constata-se a presença de resistência de ponta, aumentando a capacidade de carga. Pode-se atingir grandes comprimentos e atravessar solos de alta resistência à penetração.

Segundo Hachich *et al.* (1998) na execução de uma estaca raiz tem-se 4 etapas consecutivas que serão apresentadas a seguir e posteriormente, na Figura 2.13, serão demonstradas essas fases:

- Perfuração auxiliada por circulação de água (a);
- Instalação da armadura (b);
- Preenchimento com argamassa (c);
- Remoção do revestimento e aplicação de golpes de ar comprimido (d).

Figura 2.23 – Fases de execução de uma estaca raiz.



Fonte: Geocities, 2004.

Na etapa de perfuração auxiliada por circulação de água, como o nome já diz, é realizada com ajuda da circulação de água que é injetada no interior dos tubos e retorna pela face externa. A perfuração do solo acontece por meio da rotação de tubos de revestimento e que na sua extremidade, para diminuir o atrito entre revestimento e solo, tem-se uma sapata de perfuração ou uma coroa diamantada apropriada. A diferença entre os dois componentes está nos seus diâmetros, que esse diâmetro é maior que o tubo de revestimento. Em casos que necessite atravessar camadas mais resistentes tais como matacões, rochas ou concreto utiliza-se um martelo por dentro do tubo de revestimento com um diâmetro inferior ao do tubo. O material de solo resultante da escavação é transportado até a superfície pela ação da água e à medida que a perfuração irá avançando os tubos serão emendados. A perfuração encerra na cota prevista em projeto (HACHICH, *et al.*, 1998).

Concluída a etapa de perfuração dá se início a etapa de instalação da armadura descendo-a até a cota inferior da estaca tocando o fundo. Assim garante que terá o mesmo comprimento do fuste. Essa armadura é constituída por várias barras de aço com estribo helicoidal formando uma gaiola (HACHICH, *et al.*, 1998).

Para estacas que sofrerão apenas esforços de compressão, o transpasse nas emendas das barras é suficiente. Contudo, aquelas que forem aplicadas esforços de tração necessita-se que nas emendas sejam feitas por soldas, luvas rosqueadas ou prensadas (HACHICH, *et al.*, 1998).

Na etapa de preenchimento de argamassa, que muitos autores também denominam como concretagem, começa com o posicionamento do tubo de injeção até a cota final da perfuração. Esse tubo de injeção de PVC possui diâmetros de 1 ½” e 1 ¼”. Então, lança-se a argamassa de elevada resistência, que é composta por cimento e areia peneirada, por meio desse tubo de baixo para cima até que a argamassa venha a extravasar de forma que substitua toda a água de circulação contida no tubo por argamassa (HACHICH, *et al.*, 1998).

Quando toda a perfuração for preenchida com argamassa, emprega-se um tampão metálico no topo do revestimento que fica conectado a um compressor. Posteriormente, irão ser aplicados golpes de ar comprimido no mesmo momento da extração do revestimento. Deve-se sempre adicionar argamassa para o completo preenchimento do tubo, de forma que o nível de argamassa esteja sempre acima da cota de perfuração, na medida em que os revestimentos são retirados. Pois, a argamassa irá baixando o seu nível caso não for acrescentada mais da mesma. Esse preenchimento precisa ser feito antes da aplicação de novos golpes de ar comprimido. Essas operações são repetidas diversas vezes até que sejam retirados todos os tubos de revestimento (HACHICH, *et al.*, 1998).

Ressalta-se que, ao empregar a estaca raiz como uma fundação de reforço, as transferências das cargas são feitas imediatamente após a concretagem. Sendo que, não irá provocar esforços na estrutura nessa etapa devido à baixa deformabilidade da estaca no momento de absorção das cargas.

Porém, apesar de tanta eficiência dessa estaca e ser considerada por muitos engenheiros a solução para qualquer tipo de fundação, apresenta algumas desvantagens como:

- Elevado consumo de cimento;

- Alta taxa de armadura;
- Custo elevado;
- Disponibilidade de local para a instalação do reservatório de água;
- Local para descarte da água usada na injeção e material resultante da injeção;
- Desperdício de água.

E suas vantagens:

- Podem atingir grandes profundidades;
- Elevada capacidade de carga tanto na compressão quanto tração;
- Pode ser empregada tanto em solo quanto em rocha;
- Possibilidade de estacas com inclinações consideráveis (0° a 90°);
- Não provocam vibrações e nem ruídos;
- Reforço de fundações;
- Adaptam-se facilmente as exigências do local e conseguem trabalhar em lugares de difícil acesso;

2.2.3 Capacidade de carga das estacas

Para Cintra e Aoki (2010), capacidade de carga de um elemento de fundação por estaca é a carga máxima necessária para que o conjunto resista ao ser aplicado uma força antes que seja provocada a ruptura do solo, conjunto esse definido como o elemento estrutural e geotécnico formando entre os dois uma interação solo e estrutura.

Se uma determinada carga for aplicada a esse elemento e essa carga for maior que a capacidade de carga do mesmo, esgotando a sua resistência tanto do atrito lateral quanto a de ponta, a estaca viria a se deslocar para baixo gerando recalque na estrutura. Nesse caso, com a interação solo estrutura, primeiro atinge a resistência máxima do atrito lateral para depois o efeito de ponta cessar a sua resistência máxima, porém isso não indica que o efeito de ponta só irá ser solicitado quando esgotar a resistência do atrito lateral. Desde o primeiro instante a resistência de ponta já atua, no entanto ao atingir-se a resistência máxima lateral o efeito de ponta apresenta-se pequeno, não apresentando valores altos.

Nesse contexto, a capacidade de uma estaca (R) acaba sendo a soma da resistência do atrito lateral com a resistência do efeito de ponta. E aplicando o fator de segurança global, encontra-se a capacidade de carga admissível.

$$R_{adm} = \frac{R}{F_{seg. global}}$$

A respeito do valor do fator de segurança global a ser considerado, a NBR 6122 (2010) afirma que deve ser analisado tanto o estado-limite último de ruptura quanto o estado-limite de utilização. E a redução do valor do fator em estacas profundas apenas se aplica para quando há um número adequado de provas de carga, como mostra na Tabela 2.7 (NBR 6122, 2010).

Tabela 2.7 – Fatores de segurança globais mínimos.

Condição	Fator de Segurança
Capacidade de carga de fundações superficiais	3
Capacidade de carga de estacas ou tubulões sem prova de carga	2
Capacidade de carga de estacas ou tubulões com prova de carga	1,6

Fonte: Adaptado de NBR 6122, 2010.

Para o cálculo da previsão de capacidade de carga existem muitos métodos que podem ser utilizados como os métodos de fórmulas teóricas e semi-empíricas. No presente estudo de caso serão utilizadas as fórmulas semi-empíricas pelo fato das teóricas não serem muito confiáveis nessa previsão de capacidade de carga, necessitando assim de muitas pesquisas e também pelo fato de considerarem o solo apenas dividido como coesivo ou granular, porém não é o que se encontra, e além de cada autor de um método teórico adotar um intervalo na correlação entre o fator de capacidade de carga e o ângulo de atrito interno diferente entre si. Consequentemente, serão abordados apenas dois métodos teóricos, o Método do Aoki-Velloso (1975) e Décourt-

Quaresma (1978), que são os métodos brasileiros mais adotados nos projetos de fundações (CINTRA; AOKI, 2010).

2.2.3.1 Método Aoki-Velloso (1975)

O método de Aoki-Velloso foi originalmente estabelecido a partir dos resultados de resistência de ponta do cone (q_c) e resistência ao atrito lateral da luva (f_s), obtidos nos ensaios de penetração estática (CPT). Sendo a resistência de ponta da estaca (r_p) e resistência lateral da estaca (r_L), incógnitas correlacionadas com o CPT.

$$r_p = \frac{q_c}{F_1} \quad (1)$$

$$r_L = \frac{q_c}{F_2} \times \alpha \quad (2)$$

Os fatores F_1 e F_2 são valores de correção que levam em conta a diferença do comportamento da estaca e o cone modelo, a geometria e o tipo de estaca que será empregada. Já α corresponde a razão de atrito ($\alpha = \frac{f_s}{q_c}$), que é um fator que correlaciona o atrito lateral do cone com a resistência de ponta do mesmo, que esse valor é tabelado e será apresentado na tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Fatores de correção F_1 e F_2 .

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	2F1
Metálica	1,75	2F1
Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
Escavada	3,0	2F1
Raiz, Hélice contínua e Ômega	2,0	2F1

Fonte: Adaptado de CINTRA; AOKI, 2010.

Como no Brasil o ensaio mais utilizado é o ensaio de sondagem a percussão (SPT) e não o CPT, esse método faz uma correlação da

resistência de ponta do cone (q_c) com o índice de resistência a penetração (N_{SPT}).

$$q_c = K \times N_{SPT} \quad (3)$$

O fator K depende do tipo de solo no qual será empregado à estaca e apresentado na tabela 2.9.

Substituindo a equação (3) em (1) e (2) tem-se que:

$$r_p = \frac{K \times N_{SPT}}{F_1} \quad (4) \quad e,$$

$$r_L = \frac{K \times N_{SPT}}{F_2} \times \alpha \quad (5)$$

Tabela 2.9 – Coeficiente K e razão de atrito α .

Solo	K (MP _a)	α (%)
Areia	1,00	1,4
Areia siltosa	0,80	2,0
Areia siltoargilosa	0,70	2,4
Areia argilosa	0,60	3,0
Areia argilossiltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte arenoso	0,55	2,2
Silte arenoargiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silte argiloarenoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila arenossiltosa	0,30	2,8
Argila siltosa	0,22	4,0
Argila siltoarenosa	0,33	3,0

Fonte: CINTRA; AOKI, 2010.

O N_{SPT} utilizado na resistência de ponta da estaca (r_p) é diferente do qual é empregado na resistência lateral da estaca (r_L), o N_{SPT} da resistência lateral será a média dos $N_{SPT,IS}$ na espessura da sua camada de solo, sendo representado por N_L e o N_{SPT} utilizado na resistência de ponta é o N_{SPT} encontrado na cota da ponta, representado por N_p (CINTRA; AOKI, 2010).

Diante disso, e como já descrito anteriormente que capacidade de carga (R) de um elemento de fundação é a soma da resistência do atrito lateral com a resistência do efeito de ponta, apenas multiplica-se a resistência de ponta pela sua respectiva área e multiplicam-se as resistências laterais encontradas a cada metro de profundidade pelo seu perímetro e somam-se todas elas (CINTRA; AOKI, 2010).

$$R = \frac{K \times N_p}{F_1} \times A_p + \frac{U}{F_2} \int_1^n (\alpha \times K \times N_L \times \Delta L) \quad (6)$$

2.2.3.2 Método Décourt-Quaresma (1985)

O método do Décourt-Quaresma fundamenta-se nos valores de ensaios de sondagem à percussão (SPT) e considera dois parâmetros α e β que são de majoração ou de minoração no qual dependem do tipo de solo e do tipo de estaca. O fator α é empregado quando se calcula a resistência de ponta e β para a resistência lateral. Os valores de α e β para as estacas pré-moldadas, em perfil metálico e tipo Franki permanecem os valores originais que são iguais a 1 como mostram nas Tabelas 2.10 e 2.11.

Tabela 2.10 – Valores do fator α em função do tipo de estaca e do tipo de solo.

Tipo de solo	Tipo de estaca				
	Escavada em geral	Escavada (bentonita)	Hélice contínua	Raiz	Injetada sob altas pressões
Argilas	0,85	0,85	0,3*	0,85*	1,0*
Solos intermediários	0,6	0,6	0,3*	0,6*	1,0*
Areias	0,5	0,5	0,3*	0,5*	1,0*

* valores apenas orientativos diante do reduzido número de dados disponíveis

Fonte: Adaptado de CINTRA; AOKI, 2010.

Tabela 2.11 – Valores do fator β em função do tipo de estaca e do tipo de solo.

Tipo de solo	Tipo de estaca				
	Escavada em geral	Escavada (bentonita)	Hélice contínua	Raiz	Injetada sob altas pressões
Argilas	0,8	0,9*	1,0*	1,5*	3,0*
Solos intermediários	0,65	0,75*	1,0*	1,5*	3,0*
Areias	0,5*	0,6*	1,0*	1,5*	3,0*

* valores apenas orientativos diante do reduzido número de dados disponíveis

Fonte: Adaptado de CINTRA; AOKI, 2010.

Para encontrar os valores de resistência Décourt-Quaresma determinou as seguintes fórmulas:

$$r_L = 10 \times \left(\frac{N_L}{3} + 1 \right) \times \beta \quad (7) \text{ e,}$$

$$r_p = C \times N_p \times \alpha \quad (8)$$

r_p = Resistência de ponta da estaca

r_L = Resistência lateral da estaca

Sendo que neste método o valor de N_L é a média dos índices de resistência ao longo do fuste, N_p é o valor médio dos índices de resistência da camada anterior e camada posterior onde a ponta está apoiada com a resistência da camada onde a ponta está sobre. E C representa o coeficiente característico do solo, com os seus valores em função do tipo do solo como está representado na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Coeficiente característico do solo C.

Tipo de solo	C (kPa)
Argila	120
Silte argiloso*	200
Silte arenoso*	250
Areia	400
*alteração de rocha (solos residuais)	

Fonte: Adaptado de CINTRA; AOKI, 2010

Outras literaturas, entretanto determinam os coeficientes K, α e C de acordo com uma classificação do tipo de solo mais detalhada, como por exemplo segundo Berberian (2003), cujos valores desses coeficientes são apresentados na tabela 2.12 abaixo:

Tabela 2.13 – Coeficiente K, α e C.

SOLO	K (MPa)	α (%)	C (kPa)
Areia	1,00	1,4	400
Areia muito pouco siltosa	0,80	1,6	370
Areia pouco siltosa	0,84	1,8	350
Areia Siltosa	0,80	2	320
Areia muito siltosa	0,75	2,2	300
Areia silto argilosa	0,70	2,4	270
Areia muito pouco argilosa	0,60	2,8	250
Areia pouco argilosa	0,58	2,8	220
Areia argilosa	0,54	2,9	260
Areia muito argilosa	0,50	3	180
Areia argilo siltosa	0,50	2,8	150

SOLO	K (MPa)	α (%)	C (kPa)
Silte	0,40	3	250
Silte muito pouco arenoso	0,45	2,8	280
Silte pouco arenoso	0,50	2,5	260
Silte arenoso	0,55	2,2	300
Silte muito arenoso	0,60	2	320
Silte areno argiloso	0,45	2,8	300
Silte muito pouco argiloso	0,38	3	250
Silte pouco argiloso	0,30	3,2	160
Silte argiloso	0,23	3,4	180
Silte muito argiloso	0,20	3,6	140
Silte argilo arenoso	0,25	3	140
Argila	0,20	6	120
Argila muito pouco arenosa	0,25	4,8	180
Argila pouco arenosa	0,30	3,6	220
Argila arenosa	0,35	2,4	260
Argila muito arenosa	0,40	1,4	280
Argila areno siltosa	0,30	2,8	200
Argila muito pouco siltosa	0,20	5,2	140
Argila pouco siltosa	0,21	4,6	160
Argila siltosa	0,22	4	180
Argila muito siltosa	0,23	3,4	180
Argila silto arenosa	0,33	3	200

Fonte: Adaptado de Berberian, 2003.

Com base nessas fórmulas e coeficientes, consegue-se calcular a capacidade de carga (R) por esse método com a seguinte equação:

$$R = C \times N_p \times A_p \times \alpha + 10 \times \left(\frac{N_L}{3} + 1 \right) \times U \times L \times \beta \quad (9)$$

2.2.3.3 Efeito de Grupo

O efeito de grupo ocorre em estacas que estão interligadas por um bloco de coroamento e a capacidade de carga do grupo vem a ser superior que a capacidade do elemento isolado quando estão sujeitas a esforços verticais, Porém a capacidade do grupo nem sempre se resume a soma dos valores das capacidades dos elementos isolados.

Segundo Cintra e Aoki (2010), essa eficiência de grupo irá depender do espaçamento entre as estacas, do tipo de solo, do tipo de fundação e da quantidade de estacas empregadas no local.

$$\eta = \frac{\text{Capacidade de carga do grupo de estacas}}{\text{Capacidade de carga do elemento isolado da fundação}} \quad (10)$$

$$\eta = 1 - \frac{\xi \times [(n - 1) \times m + (m - 1) \times n]}{90 \times m \times n} \quad (11)$$

$$\xi = \left(\frac{d_{eq}}{s}\right);$$

d_{eq} = diâmetro equivalente da estaca;

s = espaçamento entre estacas;

n = número de estacas por fila;

m = número de filas;

No caso de estacas metálicas, o diâmetro equivalente da estaca acaba sendo, $d_{eq} = \sqrt{b_f^2 + d_{perfil}^2}$.

Apesar dessa fórmula empírica apresentada, muitos autores questionam a determinação adequada da eficiência do efeito em grupo, pois por mais que haja uma interação entre as estacas aumentando a sua capacidade de carga, conseqüentemente também há um aumento do seu recalque referente à capacidade de carga vertical.

No que diz respeito ao efeito de grupo para esforços horizontais, Anjos (2006) afirma em sua tese de doutorado que a capacidade de carga do grupo é menor que a capacidade de uma estaca isolada. Em geral, solos tanto argilosos quanto arenosos apresentam uma eficiência menor que a unidade. A capacidade do grupo nesse tipo de esforços é determinada pela seguinte fórmula:

$$H_{Ug} = H_U \times \eta_L \quad (12)$$

H_{Ug} = Capacidade de carga do grupo de estacas;

H_U = Capacidade de carga da estaca isolada;

η_L = eficiência do efeito de grupo horizontal.

2.2.3.4 Nega (Fórmula dos Holandeses)

A NBR 6122 (2010) define como conceito de nega a penetração permanente de uma estaca produzido pela aplicação de um golpe do martelo, sendo um limite de cravabilidade da estaca. O valor da nega é a medida da penetração da estaca a partir de uma aplicação de 10 golpes do martelo caindo de uma altura constante.

Para o cálculo da nega tem-se a fórmula dos Holandeses cujo fundamento é a teoria do choque newtoniano, de forma que o princípio básico corresponde à conservação de energia. Deve-se adotar o fator de segurança igual a 10 para martelo de gravidade e 6 para martelo a vapor.

$$s = \frac{W^2 \times h}{R \times (W + P)} \quad (13)$$

s = Nega;

W = Peso do martelo ;

P = Peso da estaca ;

h = altura de queda do martelo ;

R = Resistência do solo à cravação ;

2.2.3.5 Esforços horizontais

Os esforços horizontais presentes na superestrutura são transferidos para as fundações gerando ações verticais e momentos nas mesmas e sendo resistido pela ação lateral do solo. Esses esforços na superestrutura são provocados pela ação do vento, empuxos de terra, sismos, frenagem de veículos, variações térmicas e entre outras ações.

Os métodos de Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma apenas determinam a capacidade de carga vertical, no entanto para o cálculo dos esforços horizontais tem-se o Módulo de Reação Horizontal (K) que leva em consideração a reação do solo por unidade de comprimento da estaca sendo proporcional ao deslocamento horizontal.

De acordo com Miguel *et al.* (2001) nas argilas pré-adensadas o fator K é constante com a profundidade (z), independe da profundidade. Porém, nas argilas normalmente adensadas e areias já há uma variação do fator K.

$$K = n_h \times z \quad (14)$$

O coeficiente n_h representa a reação horizontal do solo. Este fator e o módulo de reação horizontal podem ser determinados através de experimentos de prova de cargas.

Terzaghi, (1955, apud HACHICH *et al.*, 1998) adota o n_h para as argilas moles igual a 0,8 MN/m³. E para as areias, depende da sua compacidade como indica a Tabela 2.14.

Tabela 2.14 – Coeficiente n_h para as areias.

Compacidade da Areia	Areia não Saturada	Areia Saturada
Fofa	2,5	1,5
Mediamente compacta	7	4,5
Compacta	18	11

Fonte: Adaptado de Terzaghi, (1955, apud HACHICH *et al.*, 1998).

2.3 TESTES DE CARGA EM ESTACAS

2.3.1 Prova de Carga Estática (PCE)

Nos cálculos realizados para se obter os comprimentos das estacas e conseqüentemente os valores das suas capacidades de carga nos projetos de fundações, encontram-se valores variáveis dos comprimentos das estacas sendo um comprimento para cada furo de sondagem. Nesse contexto o projetista deve determinar os comprimentos que irão ser executados sendo que ele pode vir adotar o valor médio dos comprimentos ou característico superior ou o valor máximo.

Após ser feita toda a execução do estaqueamento da obra consegue-se especificar os valores dos comprimentos, de forma que o comprimento acabado de cada estaca represente esse valor. No entanto, esses valores encontrados podem não igualar-se com os adotados no projeto. Para Cintra *et al.* (2013) essa disparidade de valores entre o teórico e o real acontece pelo fato de:

- a) as imperfeições dos métodos de cálculo de capacidade de carga, implicando em resultados aproximados, nunca exatos;
- b) a variabilidade das características de resistência e compressibilidade do maciço de solo em toda a área abrangida pelo estaqueamento;
- c) a decisão do projetista na adoção do (s) comprimento (s) das estacas.

Apesar disso, a capacidade de carga de cada estaca ainda continua sem conseguir-se saber exatamente ou números próximos do seu valor. Desta forma, o ensaio de prova de carga estática tem como objetivo a determinação da capacidade de carga real da estaca, visando fornecer a avaliação do comportamento carga *vs.* deslocamento (CINTRA, *et al.*, 2013).

A NBR 12131 (1992) detalha que no ensaio aplicam-se esforços estáticos, sendo cargas controladas, que serão crescentes à estaca e no mesmo instante mede-se os deslocamentos do topo e da base da mesma. Esta norma é aplicável a todos os tipos de estacas independente do seu processo de execução e da sua inclinação. Essas cargas aplicadas podem ser tanto axiais, de compressão, de tração ou transversais, sendo a mais comum a de compressão.

Por fim, com a análise dos dados obtidos consegue-se prescrever a curva carga *vs.* deslocamento, as capacidades de cargas das estacas, recalques, resistência de ponta e resistência do atrito lateral, e coeficiente de segurança (CINTRA, *et al.*, 2013).

A NBR 6122 (2010) ressalta que se torna obrigatório esse ensaio, quando em obra com estacas pré-moldadas forem executadas mais de 100 estacas. No caso de estaca raiz quando forem executadas mais de 75 estacas, no qual se determina que no mínimo 1% da quantidade total de estacas seja aplicado esse ensaio.

2.3.2 Teste de Carga Dinâmica (PDA)

O ensaio de teste de carga dinâmica difere-se da estática por aplicarem esforços dinâmicos através de golpes do martelo num sistema de percussão adequado no qual será medida a onda de vibração gerado pelo mesmo.

Com a instalação de tensômetros e acelerômetros no topo da estaca, numa distância de duas vezes o diâmetro da mesma, será medido os sinais de ondas através dos sensores e enviados por cabo ao equipamento PDA. Esse aparelho é responsável pela leitura dos sinais, o armazenamento e o processamento, calculando os resultados das velocidades e forças obtidas e também consegue medir as resistências do solo.

Esse ensaio tem por objetivo determinar a capacidade de ruptura da interação estaca-solo sendo capaz de fazer essa leitura em diversas estacas em pouco tempo. Ele é capaz de medir as tensões geradas após a aplicação de golpes do martelo em estacas escavadas permitindo o controle da qualidade das fundações.

Os autores Cintra *et al.* (2013) na sua obra descrevem que o sistema PDA baseia-se na teoria do método numérico de Smith (1960). Esse método fundamenta-se na solução da equação da onda aplicada à cravação de estacas, dessa forma quando a estaca é golpeada gera-se uma onda de tensão na estaca, com uma velocidade que depende das características do material.

Apesar de, no ensaio ser realizado golpes sucessivos com alturas variadas, faz-se necessário monitorar os golpes de certa forma que não causem danos às estacas.

Com todos os dados lidos pelo sistema, tais como tensões geradas, integridade da estaca, energia aplicada à estaca, máxima deformação no golpe, localização do dano caso venha a ocorrer, permitem estipular a eficiência do sistema de cravação.

2.3.2.1 Teste de Integridade de Estacas (PIT)

Como o PDA não é capaz de determinar as características de todas as estacas, mesmo que o número de quantidade de estacas testadas esteja de acordo com a norma, criou-se o teste de integridade de estacas que consegue garantir isso, além de ser um ensaio não destrutivo.

Desenvolvido para detectar defeitos perigosos tais como fissuras significativas, falhas na concretagem, determinar o comprimento da estaca e reduções de diâmetros, contudo, este ensaio não informa sobre a

capacidade de carga da estaca, no qual deve ser discriminada em ensaios de carregamento estático ou dinâmico.

Este ensaio de integridade é realizado tanto em estaca escavadas quanto em cravadas, pelo fato de, respectivamente, tensões geradas pelo martelo na sua cravação poderem danificar as mesmas ou na sua execução ocorrerem problemas de falhas na concretagem, como o estrangulamento do fuste.

Para realizar o ensaio deve-se primeiro garantir que o concreto no topo da estaca não apresente má qualidade, caso contrário deve-se eliminar esse concreto e lixar o topo criando uma superfície lisa. Após essa verificação, instala-se e fixa um acelerômetro no topo e inicia a aplicação de golpes de um pequeno martelo de mão no qual irá gerar ondas que serão registradas e interpretadas nesse acelerômetro. As ondas irão promover reflexões que são resultantes de variações de seções transversal ao longo do fuste até a ponta da estaca. Eventuais anomalias ocasionam uma variação do sinal da velocidade e como a onda possui uma velocidade de propagação fixa, consegue-se determinar o ponto exato dessa anomalia.

O pré-requisito para uma estaca vir a ser ensaiada é a área de sua seção, pois em seções pequenas não se conseguem instalar os sensores do acelerômetro, ocasionando dificuldades na aplicação dos golpes do martelo e as propagações das ondas acontecem muito rápido. Isso ocorre em estacas metálicas pela pequena área de sua seção, apesar disso ainda é possível a instalação dos sensores do acelerômetro, porém a pequena área da seção em comparação com o seu comprimento ocasiona uma rápida dissipação da onda, sendo difícil detectar a reflexão da ponta. Outro problema de estaca em perfis metálicos e estacas pré-fabricadas em concreto protendido estão nas suas emendas, pelo fato das emendas dificultarem o total contato entre as estacas. Em consequência de uma emenda mal executada, uma pequena parcela de onda acaba passando pela emenda e poucas ondas serão refletidas ao aparelho prejudicando a interpretação dos dados. Há casos em que o aparelho detecta que o fim da estaca se encontra na emenda.

2.4 TORRES EÓLICAS

O aproveitamento da Energia Eólica vem sendo usufruído desde a antiguidade para movimentar as suas embarcações e engrenagens de moinhos, porém mesmo com a sua invenção há anos apenas 1% da energia gerada no mundo deriva dessa fonte.

Esse tipo de energia provém indiretamente da energia do sol, já que esse astro é responsável pelo aquecimento desigual da superfície da Terra que geram as massas de ar em movimento e com essas massas de ar, a energia cinética dos ventos, há a transformação da energia do vento em energia útil através do emprego das Torres Eólicas (Info Escola, 2014).

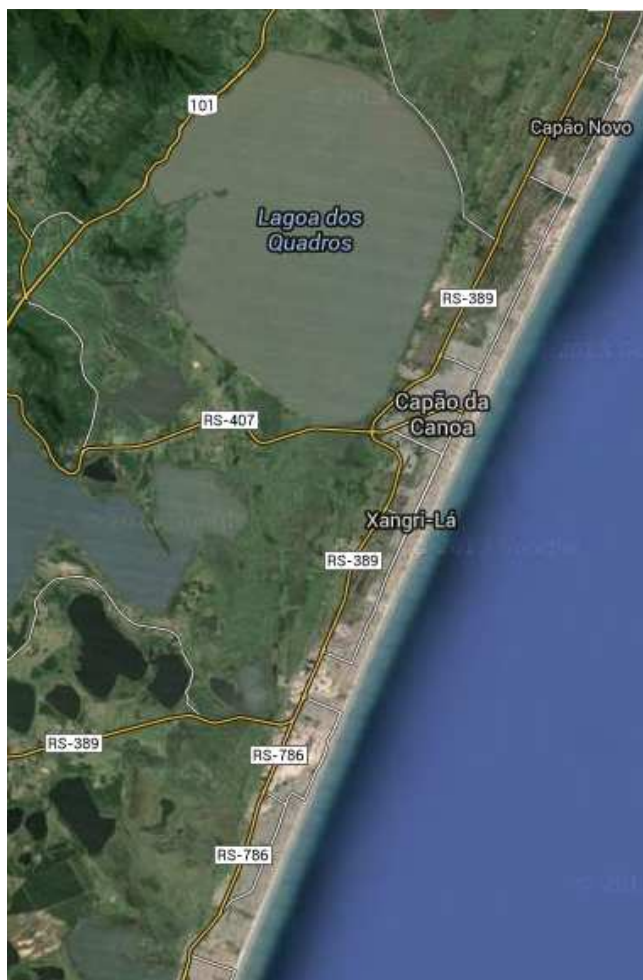
A primeira torre eólica instalada no Brasil foi em Fernando de Noronha em 1992. Após um período, o Governo Brasileiro criou um programa de incentivo às fontes renováveis de energia para incentivar e investir mais em alternativas de energias limpas. Desde a criação desse programa a capacidade de energia gerada no Brasil passou de 22Megawatts de potência para 602Megawatts, isso aconteceu num período de 7anos. De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2013) o Brasil tem suporte para gerar 140Gigawatts de potência (Info Escola, 2014).

Com os desenvolvimentos tecnológicos nessa área acabou reduzindo os custos dos equipamentos de toda a usina tornando a produção de energia mais barato, no entanto ainda mais cara que a energia elétrica produzida por termoelétricas e hidrelétricas. Com isso, tem-se motivado a exploração desse tipo de energia (Info Escola, 2014).

3. LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo refere-se a um Parque Eólico localizado no Município de Xangri-Lá que se encontra no litoral do estado do Rio Grande do Sul, a 132 km da sua capital Porto Alegre. Nas Figuras 3.1 e 3.2 tem-se

Figura 3.3 – Mapa da região do Local de Estudo.



Fonte: Programa GoogleTM Earth.

Figura 3.2 – Local de Estudo.



Fonte: Programa Google™ Earth.

Esse Município foi escolhido por uma montadora de automóveis para suprir toda a demanda de energia elétrica de uma das suas unidades fabris localizada em Sumaré, São Paulo.

É uma região de ventos fortes, situa-se próximo a portos de navegação e com rodovias em boas condições de tráfego, contando com uma infraestrutura que facilita toda a logística da montagem do parque.

O parque possuirá nove aerogeradores no qual cada um produzirá 3 Megawatts de potência, gerando uma capacidade para o parque de 27 Megawatts. Essa capacidade total é capaz de gerar 95.000 Megawatts/ano, sendo capaz de suprir todo o consumo de energia elétrica de uma cidade com 35 mil habitantes. Com a instalação dessa usina eólica a empresa deixará de emitir 2,2 mil toneladas de CO₂ por ano ao meio ambiente.

Cada torre do referido parque terá 94 metros de altura, com pás de 55 metros e peso de 15 toneladas.

Na Figura 3.3 tem-se uma imagem do parque eólico de Xangri-Lá (JORNAL DO COMÉRCIO, 2014).

Figura 3.3 – Parque Eólico de Xangri-Lá.



Fonte: Jornal do Comércio, 2014.

As cargas que chegarão às fundações, estabelecidas pelo projeto estrutural, encontram-se na tabela 3.1 a seguir junto com dados do projeto:

Tabela 3.1 – Dados do Projeto.

DADOS DO PROJETO		
Aerogerador	XRGS-01	
Profundidade de corte (m)	2.0	m
FS	2.0	NBR6122/2010
Carga Compressao	1725	kN
Carga Tracao	420	kN

No perfil do solo em que se encontra um dos aerogeradores analisados nesse trabalho, foram realizados quatro furos de sondagem do tipo SPT que se encontram no Anexo A.

Os furos em geral possuem características do tipo de solo bem semelhantes, sendo compostos por areia pouco siltosa à siltosa e argila orgânica. A resistência à penetração cresce com o avanço da

profundidade, porém apresenta algumas quedas de resistência em algumas camadas mais profundas principalmente quando encontra a camada com o tipo de solo de argila orgânica. Em algumas profundidades este tipo de solo não suportou o próprio peso do martelo do bate estacas.

4. DIMENSIONAMENTO

Este dimensionamento foi realizado de acordo com a NBR 6122 (2010) e também com o que já foi descrito no presente trabalho, sendo que a capacidade de carga das estacas será dimensionada de acordo com o menor valor entre a resistência estrutural do material da estaca e a resistência do solo no qual está empregada. A resistência do solo foi obtida através dos métodos propostos no trabalho tais como: o método de Aoki-Veloso e Décourt-Quaresma. O método adotado foi aquele que apresentar a maior capacidade de carga, pois como são métodos consagrados, permite-se escolher o que apresentar a maior capacidade de carga.

Para o presente trabalho, será descrito neste capítulo apenas os modelos de cálculo para a torre XRGs-01 que apresenta maiores esforços e o furo de sondagem utilizado nesses modelos será o furo SP03 no qual apresenta menor capacidade de carga. Os relatórios dos perfis de sondagem à percussão do local se encontram no Anexo A e as planilhas de cálculos dos outros furos com cada tipo de estaca se encontram nos Apêndices.

Apenas foi feito o dimensionamento para a carga a compressão.

4.1 ESTACA EM PERFIL METÁLICO

4.1.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca em Perfil Metálico

Para o dimensionamento da fundação da torre XRGs-01 com estacas em perfis metálicos foi calculado com o perfil HP 250mm x 85,0kg/m, sendo suas dimensões retiradas da tabela de bitolas no Anexo B.

4.1.1.1 Seção reduzida da área de ponta A_p

A NBR 6122 (2010) exige que no cálculo das áreas, tanto na área de ponta quanto na lateral, seja descontado uma espessura de 1,5mm de toda a sua superfície em contato com o solo.

A área de ponta a ser considerada nos cálculos será em função da área de projeção da ponta da estaca e não a área da seção transversal da ponta.

$$b_f = 260mm;$$

$$d = 254mm.$$

$$A_p = (b_f - 2 \times 0,0015) \times (d - 2 \times 0,0015)$$

$$A_p = (0,260 - 2 \times 0,0015) \times (0,254 - 2 \times 0,0015)$$

$$A_p = 0,065m^2$$

4.1.1.2 Seção reduzida da área lateral A_L em 1m de profundidade

$$b_f = 260mm;$$

$$d = 254mm;$$

$$t_w = 14,4mm;$$

$$A_L = 2 \times [(b_f - 2 \times 0,0015) + (d - 2 \times 0,0015) + (b_f - t_w)] \times 1$$

$$A_L = 2 \times [(0,260 - 2 \times 0,0015) + (0,254 - 2 \times 0,0015) + (0,260 - 0,0144)] \times 1$$

$$A_L = 1,51m^2$$

4.1.2 Método Aoki-Velloso para estaca em Perfil Metálico

4.1.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca em Perfil Metálico

De acordo com a tabela 3.8, os fatores de correção para uma estaca de perfil metálico são:

$$F_1 = 1,75 \text{ e } F_2 = 2 \times F_1 \therefore F_1 = 1,75 \text{ e } F_2 = 3,5$$

Os coeficientes K e α foram determinados de acordo com cada tipo de solo em cada camada no furo de sondagem SP03 na tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Determinação do coeficiente K e α para o furo SP03.

Prof.	N_{SPT}	K (MPa)	α (%)
1m	0	0,84	1,8
2m	3	0,84	1,8
3m	5	0,84	1,8
4m	4	0,84	1,8
5m	4	0,84	1,8
6m	6	0,84	1,8
7m	0	0,2	6
8m	0	0,2	6
9m	0	0,2	6
10m	4	0,84	1,8
11m	3	0,84	1,8
12m	5	0,84	1,8
13m	3	0,84	1,8
14m	9	0,84	1,8
15m	11	0,84	1,8
16m	9	0,84	1,8
17m	5	0,84	1,8
18m	9	0,84	1,8
19m	19	0,84	1,8
20m	20	0,84	1,8
21m	22	0,84	1,8
22m	25	0,84	1,8
23m	29	0,84	1,8
24m	26	0,84	1,8
25m	33	0,84	1,8
26m	17	0,84	1,8
27m	36	0,84	1,8
28m	52	0,84	1,8
29m	28	0,84	1,8
30m	41	0,84	1,8

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)
31m	35	0,84	1,8
32m	12	0,84	1,8
33m	10	0,84	1,8
34m	25	0,84	1,8
35m	30	0,84	1,8
36m	7	0,84	1,8
37m	6	0,84	1,8
38m	5	0,2	6
39m	7	0,2	6
40m	5	0,2	6
41m	5	0,2	6
42m	8	0,2	6
43m	7	0,2	6
44m	3	0,2	6
45m	7	0,2	6

4.1.2.2 Capacidade de carga pelo Método Aoki-Velloso – Estaca em Perfil Metálico

A capacidade de carga vertical pelo método do Aoki-Velloso será calculado de acordo com a equação 6.

Como foi definido em projeto que a profundidade do corte será igual a 2m, será desconsiderado o atrito lateral dos dois primeiros metros.

A carga de compressão de projeto é de 1725kN.

Para a determinação do comprimento da estaca será calculado a cada metro da camada de solo a sua capacidade e dando continuidade até que a sua capacidade atinja um valor maior do que a carga aplicada, que nesse caso é de 1725kN.

Na profundidade de 3m,

$N_{SPT} = 5$, $K = 0,84MPa$ e $\alpha = 1,8\%$. Logo, para a resistência de ponta tem-se:

$$R_p = \frac{K \times N_p}{F_1} \times A_p = \frac{0,84 \times 10^3 \times 5}{1,75} \times 0,065 = 156kN.$$

E para resistência lateral:

$$R_l = \int_0^L A_L \times \frac{K \times N}{F_2} \times \alpha + R_{l_{anterior}} = 1,51 \times \frac{0,84 \times 10^3 \times 5}{3,5} \times 0,018 + 0 = 32,6kN$$

Então,

$$R_{ADM} = \frac{R_p + R_l}{F_S} = \frac{156 + 32,6}{2,0} = 94,3kN.$$

Como $R_{ADM} < \text{Carga de Compressão}$, não satisfeito a condição.

Seguindo com os cálculos até a profundidade de 28m tem-se:

$N_{SPT} = 52$, $K = 0,84MPa$ e $\alpha = 1,8\%$. Logo, para a resistência de ponta tem-se:

$$R_p = \frac{K \times N_p}{F_1} \times A_p = \frac{0,84 \times 10^3 \times 52}{1,75} \times 0,065 = 1622,40kN.$$

E para resistência lateral:

$$R_l = \int_0^L A_L \times \frac{K \times N}{F_2} \times \alpha + R_{l_{anterior}} = 1,51 \times \frac{0,84 \times 10^3 \times 52}{3,5} \times 0,018 + 1983,1 = 2322,3kN$$

Então,

$$R_{ADM} = \frac{R_p + R_l}{F_S} = \frac{1622,40 + 2322,3}{2,0} = 1972,3kN.$$

Como $R_{ADM} > \text{Carga de Compressão}$, satisfeito a condição.

$$R_{ADM} > 1725kN.$$

4.1.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico

4.1.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico

Os valores dos coeficientes α e β para uma estaca em perfil metálico são iguais a 1. O coeficiente C para cada camada do furo SP03 foi determinado de acordo com cada tipo de solo como mostra na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Determinação do coeficiente C para o furo SP03.

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)
1m	0	350
2m	3	350
3m	5	350
4m	4	350
5m	4	350
6m	6	350
7m	0	120
8m	0	120
9m	0	120
10m	4	350
11m	3	350
12m	5	350
13m	3	350
14m	9	350
15m	11	350
16m	9	350
17m	5	350
18m	9	350
19m	19	350
20m	20	350
21m	22	350
22m	25	350
23m	29	350
24m	26	350

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)
25m	33	350
26m	17	350
27m	36	350
28m	52	350
29m	28	350
30m	41	350
31m	35	350
32m	12	350
33m	10	350
34m	25	350
35m	30	350
36m	7	350
37m	6	350
38m	5	120
39m	7	120
40m	5	120
41m	5	120
42m	8	120
43m	7	120
44m	3	120
45m	7	120

4.1.3.2 Capacidade de carga do Método Décourt-Quaresma – Estaca em Perfil Metálico

A capacidade de carga vertical pelo método de Décourt-Quaresma foi calculada de acordo com a equação 9.

Na profundidade de 3m,

$N_{SPT} = 5$, $C = 350kPa$. Logo, para a resistência de ponta tem-se:

se:

$$R_p = C \times N_p \times A_p \times \alpha = 350 \times 5 \times 0,065 \times 1 = 113,8kN.$$

E para resistência lateral:

$$N_L = \frac{(N_{camada\ anterior} + N_{camada} + N_{camada\ posterior})}{3}$$

$$= \frac{(3 + 5 + 4)}{3} = 4.$$

$$R_l = 10 \times \left(\frac{N_L}{3} + 1 \right) \times U \times L \times \beta = 10 \times \left(\frac{4}{3} + 1 \right) \times 1,51 \times 1 \times 1$$

$$= 35,2kN.$$

Então,

$$R_{ADM} = \frac{R_p + R_l}{F_s} = \frac{113,8 + 35,2}{2,0} = 74,5kN.$$

Como $R_{ADM} < \text{Carga de Compressão}$, não satisfeito a condição.

Na profundidade de 28m, como se pode observar nos Apêndices para essa estaca no Método de Décourt-Quaresma, tem-se uma capacidade de carga vertical do solo maior que a carga de compressão, sendo essa capacidade de 1924,9kN. Entre o valor da capacidade de carga do solo no método do Aoki-Velloso ou no método de Décourt-Quaresma adota-se aquele que apresente o maior valor, que nesse caso é de 1972,3kN.

Satisfeito a condição, tem-se uma estaca de perfil metálico HP 250mm x 85,0kg/m com comprimento de 28m, como no mercado só são encontradas estacas com um comprimento de 6m ou 12m, faz-se necessário uma combinação de peças menores. Neste caso, será feita uma combinação com duas estacas de 12m e outra de 6m necessitando a execução de corte e da execução das emendas. As emendas foram emendas soldadas, pois como há esforços de tração não se indica emenda por luvas ou anéis. Sendo assim, garante uma continuidade estrutural da estaca e transmitindo os esforços entre as peças.

Como a carga admissível estrutural dessa estaca é de 1782kN, adota-se o menor valor entre a carga admissível estrutural e a capacidade do solo, que neste caso a capacidade de carga admissível é de 1782 kN.

4.1.4. Nega pela Fórmula dos Holandeses para estaca em Perfil Metálico

De acordo com a fórmula dos Holandeses descrita anteriormente na equação 13, consegue-se determinar a nega dessa estaca.

Considerando o peso do martelo com 20kN, altura de queda de 100cm, peso da estaca de 85kg/m e serão 28m de cravação com uma variação de 2m .

$$s = \frac{W^2 \times h}{R \times (W + P)}$$

$$P_{26m} = 85 \times 26 = 2210\text{kg} = 22,1\text{kN} ;$$

$$R = 1782\text{kN} ;$$

$$s_{26} = \frac{20\text{kN}^2 \times 100\text{cm}}{1782\text{kN} \times (20\text{kN} + 22,1\text{kN})} = 0,53\text{cm} .$$

$$s_{27m} = 0,52\text{cm} ;$$

$$s_{28m} = 0,51\text{cm};$$

$$s_{29m} = 0,50\text{cm} ;$$

$$s_{30m} = 0,49\text{cm} ;$$

Esse valor da nega é a medida da penetração da estaca a partir de uma aplicação de 10 golpes do martelo caindo de uma altura constante de 1m. Com esse valor obtido faz-se necessário à divisão por um fator de segurança que seu valor dependerá do tipo de martelo. Para martelo de gravidade o fator de segurança será igual a 10 e para o martelo a vapor, será igual a 6.

4.2 ESTACA PRÉ-MOLDADA EM CONCRETO PROTENDIDO

4.2.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

Para os cálculos da capacidade de carga vertical da estaca em concreto protendido o perfil da seção será de 400x400mm.

4.2.1.1 Área de ponta A_P – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

$$A_P = l_{estaca}^2$$

$$A_P = 0,400^2 = 0,16m^2$$

4.2.1.2 Área lateral A_L em 1m de profundidade – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

$$A_L = 4 \times l_{estaca} \times 1$$

$$A_L = 4 \times 0,235 \times 1$$

$$A_L = 1,6m^2$$

4.2.2 Método Aoki-Velloso para estaca pré-moldada em Concreto Protendido

4.2.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

De acordo com a tabela 3.8, os fatores de correção para uma estaca de perfil metálico são:

$$F_1 = 1 + \frac{D}{0,80} \text{ e } F_2 = 2 \times F_1 \therefore F_1 = 1,25 \text{ e } F_2 = 2,5$$

Os cálculos para esta estaca serão análogos aos que foram descritos anteriormente para o mesmo método. Os coeficientes K e α serão os mesmo que foram adotados para as estacas metálicas na tabela 4.1.

Analisando os Apêndices na planilha de estaca pré-moldada em concreto protendido no método do Aoki-Velloso no furo SP03, observa-se que na profundidade de 21m tem-se que o $R_{ADM} > \text{Carga de Compressão}$, satisfazendo a condição. A capacidade de carga do solo a 21m de profundidade é de 1850,4kN.

4.2.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

4.1.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

Os valores dos coeficientes α e β para uma estaca pré-moldada em concreto protendido são iguais a 1. O coeficiente C para cada camada do furo SP03 são os mesmos descritos no método anteriormente para estacas em perfil metálico.

Analisando os Apêndices, observa-se que a capacidade de carga do solo passa a ser maior que a carga de compressão na profundidade de 25m, e com o seu valor de 1903,6kN. Porém, no método de Aoki-Velloso atinge-se uma capacidade de solo maior que a carga de compressão nos 21m, no qual será adotada a capacidade desse método.

Dessa forma, tem-se uma estaca pré-moldada em concreto protendido com seção de 400x400mm com comprimento de 21m.

No mercado se encontram estacas com um comprimento variando de 4m a 12m. Assim será feito uma combinação de peças menores. Neste caso, será feita uma combinação com uma estaca de 12m e outra de 10m necessitando a execução da emenda. A emenda também será soldada pelos mesmos motivos que a estaca anterior, ou seja, esforços de tração.

Como a carga admissível estrutural é de 1900kN, adota-se o menor valor entre a carga admissível estrutural e a capacidade do solo, que neste caso, a capacidade de carga admissível é de 1850,4 kN.

4.2.4. Nega pela Fórmula dos Holandeses para estaca Pré-moldada em Concreto Protendido

Considerando o peso do martelo com 20kN, altura de queda de 100cm, peso da estaca de 2500kg/m³ e serão 21m de cravação com uma variação de 2m.

$$s = \frac{W^2 \times h}{R \times (W + P)}$$

$$P_{19m} = 2500 \times 0,40 \times 0,40 \times 19 = 7600\text{kg} = 76\text{kN} ;$$

$$R = 1850,4\text{kN} ;$$

$$s_{19} = \frac{20kN^2 \times 100cm}{1850,4kN \times (20kN + 76kN)} = 0,23cm.$$

$$s_{20m} = 0,022cm ;$$

$$s_{21m} = 0,021cm;$$

$$s_{22m} = 0,023cm ;$$

$$s_{23m} = 0,024cm ;$$

Esse valor da nega é a medida da penetração da estaca a partir de uma aplicação de 10 golpes do martelo caindo de uma altura constante de 1m. Com esse valor obtido faz-se necessário à divisão por um fator de segurança que seu valor dependerá do tipo de martelo.

4.3 ESTACA RAIZ

4.3.1 Capacidade de Carga Vertical para estaca Raiz

Para os cálculos da capacidade de carga vertical na estaca raiz utilizou-se uma estaca de diâmetro nominal de 500mm.

4.3.1.1 Área de ponta A_p – Estaca Raiz

$$A_p = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 1$$

$$A_p \cong 0,20m^2$$

4.3.1.2 Área lateral A_L em 1m de profundidade – Estaca Raiz

$$A_L = \pi D_{estaca} \times 1$$

$$A_L = 1,57m^2$$

4.3.2 Método Aoki-Velloso para estaca Raiz

4.3.2.1 Coeficientes do Método Aoki-Velloso – Estaca Raiz

De acordo com a tabela 3.8, os fatores de correção para uma estaca raiz são:

$$F_1 = 2,0 \text{ e } F_2 = 2 \times F_1 \therefore F_2 = 4,0$$

Os cálculos para esta estaca serão análogos aos que foram descritos anteriormente. Os coeficientes K e α serão os mesmo que foram adotados para as estacas metálicas na tabela 4.1.

Analisando os Apêndices, observa-se que na profundidade de 23m tem-se que o $R_{ADM} > \text{Carga de Compressão}$, satisfazendo a condição. A capacidade do solo a 23m de profundidade é de 1787,7kN.

4.3.3 Método Décourt-Quaresma – Estaca Raiz

4.3.3.1 Coeficientes do Método Décourt-Quaresma – Estaca Raiz

Os valores dos coeficientes α e β para uma estaca raiz são iguais a 0,6 e 1,5, respectivamente. O coeficiente C foi determinado para cada camada do furo SP03.

Nos Apêndices, observa-se que a capacidade de carga do solo passa a ser maior que a carga de compressão na profundidade de 24m, e com o seu valor de 1815,9kN. Neste caso, adota-se o método de Aoki-Velloso que a 23m atingiu uma capacidade de 1787,7kN.

Dessa forma, tem-se uma estaca raiz com diâmetro de 500mm com comprimento de 24m.

A carga admissível estrutural é de 2100kN, adota-se o menor valor entre a carga admissível estrutural e a capacidade do solo, sendo 1787,7 kN.

5. CUSTOS

Um dos principais fatores que determinam a escolha do tipo de estaca, como o cliente sempre busca pela alternativa mais barata, é o quanto o cliente irá desembolsar. Tem-se um estudo comparativo da viabilidade econômica dos três tipos de estacas.

No cálculo do custo de cada tipo considerou-se a taxa de mobilização de todos os equipamentos de Florianópolis até a cidade de Xangri-Lá, preços dos insumos tais como soldas, estacas, sacos de cimento, areia média lavada, as armaduras. Também estão incluídos nesses preços dos serviços de mão de obra serviços de cravação, de solda, de injeção de argamassa e de perfuração.

Será apenas apresentado nesse trabalho o custo total da obra de cada tipo de estaca sem apresentar os custos de cada item em respeito à empresa que forneceu os dados. Essa empresa é uma empresa de médio porte que atua na área de fundações na região sul, sudeste e centro-oeste do Brasil e estes custos foram orçados para outubro de 2014.

No custo tem-se o preço de 10 estacas, como será apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Custo comparativo de cada tipo de estaca.

Tipo de Estaca	Custo
Pré-moldada em Concreto Protendido	R\$ 70.692,00
Raiz	R\$ 138.209,20
Em Perfil Metálico	R\$ 149.212,00

A grande diferença de custos entre a pré-moldada em concreto protendido e as outras duas, explica-se por ser uma execução muito mais simples apresentando custo de mão de obra mais barato e preço da estaca também, porém no custo da execução de estacas pré-moldada em concreto protendido deve-se acrescentar um valor no seu preço inicial referente às quebras das estacas. Esse valor pode variar de 30% a 40% do preço inicial.

Na estaca em perfil metálico também tem-se uma execução mais simples se for comparado com a estaca raiz, porém o preço elevado do quilo do aço faz com que se tenha essa grande diferença de custo, tornando-a mais cara.

Já na execução de estaca raiz tem-se uma execução mais complexa, tornando o preço da mão de obra mais alto e um consumo de insumos muito maior tornando-a economicamente mais cara.

6. CONCLUSÕES

Para o perfil de solo analisado, o Método de Aoki-Velloso demonstrou uma capacidade de carga, nos três tipos de estacas, maior que o Método de Décourt-Quaresma. Isso acontece pelo fato do perfil geológico apresentar camadas de solos do tipo arenosos muito mais espessas que camadas do solo do tipo argilosos.

A explicação é que o Método de Aoki-Velloso é mais conservador no cálculo da resistência ao atrito lateral e mais arrojado no cálculo da resistência de ponta do que o Método de Décourt-Quaresma. Com isso, como tem-se um perfil com camadas de areia mais espessas e dominantes, a resistência de ponta será muito maior nesse método do que a mesma no outro método adotado. A resistência ao atrito lateral do Método de Aoki-Velloso foi menor, porém o valor da sua resistência de ponta é muito mais significativo do que a resistência lateral prevalecendo à adoção desse método.

No cálculo de dimensionamento da capacidade de carga, a estaca pré-moldada em concreto protendido se comportou com uma sobra quanto à capacidade de carga do solo e a capacidade estrutural, no entanto na estaca raiz, dimensionou-se com um grande diâmetro para que a estaca suportasse a capacidade de carga. No mesmo contexto, a estaca em perfil metálico apresentou-se extremamente suscetível aos esforços no qual se adotou seções maiores e mesmo assim a capacidade que a estaca suporta é a sua capacidade estrutural.

Na Engenharia das Fundações, quando se recebe uma proposta para analisar que tipo de fundação que será empregada no local, primeiro se analisa o solo, estudam-se quais estacas são possíveis para o tipo de solo e depois se procura a solução mais barata, sempre respeitando a vontade do cliente e se as propostas técnicas estão coerentes.

Como a estaca raiz possui um custo elevado, apenas emprega-se a execução desta quando se tem rocha ou a necessidade de estacas inclinadas ou reforços de estruturas ou quando há limitações do terreno e/ou da vizinhança tais como ausência de ruído e vibrações, e locais de difícil acesso, que não é o caso dessa obra.

Na estaca em perfil metálico o principal fator que impossibilita a sua execução está no seu custo elevado, uma vez que o cliente sempre busca a alternativa mais econômica. Seria indicada esta solução se no perfil geológico houvesse um banco, uma camada mais resistente, que impedisse a cravação da pré-moldada, sendo que com a sua facilidade de

corte atravessaria esse banco sem quebrar a estaca, porém não se tem um banco nesse perfil geológico.

A estaca pré-moldada em concreto protendido torna-se a solução mais adequada para o projeto, pelo fato já citado, de se comportar com sobra a respeito da capacidade estrutural e apresentar um custo muito menor em comparação às outras.

Na sua execução irá emitir elevados índices de ruídos e vibrações, porém como o terreno é isolado, com vizinhanças distantes, esse fator não será relevante.

No entanto, poderá ter-se dificuldades na cravação em camadas mais profundas, tendo uma resistência à cravação e a estaca podendo vir a quebrar gerando perdas significativas de material com as suas quebras, e também com as suas sobras. Por isso se faz necessário uma combinação de comprimento para evitar essas perdas nas sobras.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresentado mostrou apenas uma parte da engenharia envolvida podendo ser em outros trabalhos aprofundados e continuamente explorados alguns assuntos.

A partir das discussões levantadas no presente trabalho pode-se sugerir um estudo mais aprofundado em Efeito de Grupo. Apesar de não encontrar muitos estudos sobre esse fenômeno e em muitas empresas de engenharia não ser adotado, o efeito de grupo torna-se muito importante pelo fato de possibilitar economias. Economias essas que ao dividir-se a carga aplicada com a quantidade de estacas, podem-se dimensionar estacas com menores comprimentos e por consequência diminuir o custo total da obra. Porém, isso só é possível se forem aplicadas apenas cargas de compressão e de tração, como não é o caso desse estudo. Quando se tem momentos e forças horizontais aplicadas cada estaca receberá uma intensidade de força diferente e não se sabe bem ao certo quanto cada estaca irá absorver.

Também vale ressaltar que se a ponta da estaca encontrar-se em um solo arenoso a capacidade do grupo será a soma de cada estaca, no entanto isso não acontece quando a estaca está apoiada em um solo argiloso no qual a capacidade de carga do grupo poderá ser menor que a capacidade de cada estaca.

Ainda pode ser aprofundado em futuros trabalhos um estudo e dimensionamento estrutural que considera a absorção de cargas horizontais e de momentos fletores pela estrutura, que acabará gerando uma nova distribuição de estacas. Esse dimensionamento não foi possível no presente trabalho pelo fato da empresa que forneceu os dados do projeto apenas disponibilizar algumas cargas de aplicação tais como as cargas de trações e de compressões.

REFERÊNCIAS

ABEF. Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. **Manual de Execução de Fundações Geotecnia - Práticas Recomendadas**. São Paulo: PINI, 2012.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9603: Sondagem a trado**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12131: Estacas - Prova de Carga Estática**. Rio de Janeiro. 1992.

ANJOS, G. J. M. **Estudo do comportamento de fundações escavadas em solos tropicais**. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.geotecnia.unb.br/downloads/teses/033-2006.pdf>>. Acesso em: 11 outubro 2014.

AQUINO, Hugo. **Fundações profundas**. Dissertação de Mestrado (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará). Belém. 2011.

BEGEMANN, H. K. S. P. **The Friction Jacket Cone as an Aid in Determining the Soil Profile**. Na 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (ICSMFE). Montreal: University Press, 1965.

BERBERIAN, D. **Engenharia de Fundações: passo a passo**. Brasília: Editora UnB, 2003.

CIBE PRÉ-MOLDADOS E CONCRETOS. Disponível em: <http://cibe.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=54:estacas&catid=25:web&Itemid=61>. Acesso em: 23 setembro 2014.

DAS, Braja M. **Fundamentos da engenharia geotécnica**. Trad. da 7. ed. Norte-americana. Tradução: EZ2 Translate. Revisão técnica: Leonardo Fagundes Rosembach Miranda. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

CINTRA, J. C. A. *et al.* **Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CINTRA, J. C.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Fundações Diretas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: <<http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2011/07/execucao-da-sondagem.html>>. Acesso em: 31 outubro 2014.

FILHO, J. G. **Desempenho de obras geotécnicas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2006.

FUNDAÇÕES. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/fundacoes072/visitas01>>. Acesso em: 23 setembro de 2014.

FUNDAÇÕES ESPECIAIS LTDA. Disponível em: <http://www.fundesp.com.br/port/pt_08_m2.htm>. Acesso em: 28 setembro de 2014.

GEOCITIES. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/acompanhamentoobra/informacoes.htm>>. Acesso em: 20 setembro de 2014.

GERDAU. **Coletânea do Uso do Aço – Manual de Estacas Metálicas**. São Paulo: Equipe Técnica Gerdau, 2011.

HACHICH, W. *et al.* **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1998.

INFOESCOLA. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/tecnologia/energia-eolica/>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2014.

INSTRUÇÃO NORMATIVA PARA DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHO DE SONDAGENS ROTATIVAS E PARÂMETROS GEOMECÂNICOS. **IN-02/94**. Florianópolis, 1994.

JORNAL DO COMÉRCIO. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=177719>>. Acesso em: 29 outubro 2014.

MIGUEL, M. G. *et al.* (2001). **Provas de carga horizontal em estacas escavadas a trado mecânico em solo colapsível da região de Londrina, Estado do Paraná**. Technology Acta Scientiarum, Maringá, v.23, n.6, p. 1579-1587, 2001.

NAKAMURA, J. **Estacas Pré-fabricadas de Concreto**. Infraestrutura urbana projetos, custos e construção, São Paulo, ed. 38, maio/2014.

PRESA, E. P., e POUSADA, M. C. **Retrospectiva e Técnicas modernas de fundações em estacas**. Salvador: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2004.

SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SOLO.NET ENGENHARIA DE SOLOS E FUNDAÇÕES LIMITADAS. Disponível em: <http://www.solonet.eng.br/Duvidas/estaca_prem.htm>. Acesso em 23 setembro 2014.

CAPACIDADE DE CARGA - AOKI-VELLOSO - METÁLICA HP 250 X 85

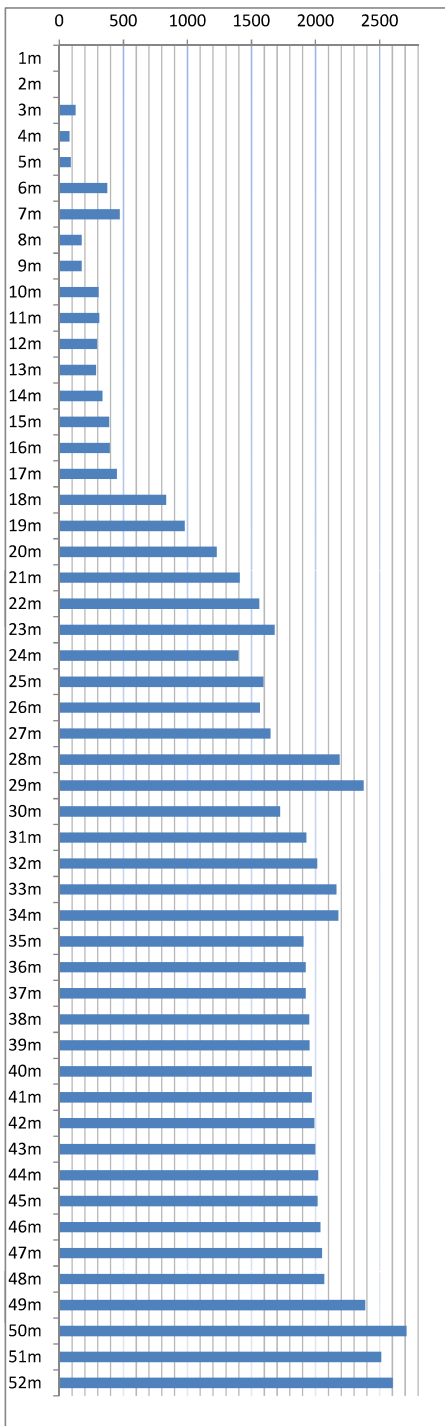
Furo: SP01 F₁: 1,75 F₂: 3,50

Tipo de Estaca: 1 Área de ponta(m²): 0,065

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,51

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,8	2	0,0	0,0	0,0
2m	6	0,8	2	0,00	0,0	0,0
3m	7	0,8	2	208,00	48,3	128,2
4m	3	0,8	2	89,14	69,0	79,1
5m	3	0,8	2	89,14	89,7	89,4
6m	18	0,8	2	534,86	214,0	374,4
7m	20	0,8	2	594,29	352,0	473,2
8m	0	0,2	6	0,00	352,0	176,0
9m	0	0,2	6	0,00	352,0	176,0
10m	7	0,84	1,8	218,40	397,7	308,1
11m	6	0,84	1,8	187,20	436,8	312,0
12m	4	0,84	1,8	124,80	462,9	293,9
13m	3	0,84	1,8	93,60	482,5	288,1
14m	5	0,84	1,8	156,00	515,1	335,6
15m	7	0,84	1,8	218,40	560,8	389,6
16m	6	0,84	1,8	187,20	599,9	393,6
17m	8	0,84	1,8	249,60	652,1	450,9
18m	27	0,84	1,8	842,40	828,2	835,3
19m	30	0,84	1,8	936,00	1023,9	980,0
20m	38	0,84	1,8	1185,60	1271,8	1228,7
21m	41	0,84	1,8	1279,20	1539,3	1409,2
22m	42	0,84	1,8	1310,40	1813,2	1561,8
23m	41	0,84	1,8	1279,20	2080,7	1679,9
24m	19	0,84	1,8	592,80	2204,6	1398,7
25m	26	0,84	1,8	811,20	2374,2	1592,7
26m	20	0,84	1,8	624,00	2504,7	1564,4
27m	21	0,84	1,8	655,20	2641,7	1648,4
28m	46	0,84	1,8	1435,20	2941,8	2188,5
29m	48	0,84	1,8	1497,60	3254,9	2376,2
30m	5	0,84	1,8	156,00	3287,5	1721,7
31m	15	0,84	1,8	468,00	3385,3	1926,7
32m	17	0,84	1,8	530,40	3496,2	2013,3
33m	22	0,84	1,8	686,40	3639,7	2163,1
34m	19	0,84	1,8	592,80	3763,7	2178,2
35m	4	0,2	6	29,71	3784,4	1907,1
36m	5	0,2	6	37,14	3810,3	1923,7
37m	3	0,2	6	22,29	3825,8	1924,0
38m	6	0,2	6	44,57	3856,9	1950,7
39m	4	0,2	6	29,71	3877,6	1953,6
40m	5	0,2	6	37,14	3903,5	1970,3
41m	3	0,2	6	22,29	3919,0	1970,6
42m	5	0,2	6	37,14	3944,9	1991,0
43m	4	0,2	6	29,71	3965,6	1997,7
44m	6	0,2	6	44,57	3996,7	2020,6
45m	3	0,2	6	22,29	4012,2	2017,2
46m	5	0,2	6	37,14	4038,1	2037,6
47m	5	0,2	6	37,14	4064,0	2050,5
48m	6	0,2	6	44,57	4095,0	2069,8
49m	18	0,84	1,8	561,60	4212,4	2387,0
50m	32	0,84	1,8	998,40	4421,2	2709,8
51m	16	0,84	1,8	499,20	4525,5	2512,4
52m	18	0,84	1,8	561,60	4643,0	2602,3



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI-VELLOSO - METÁLICA HP 250 X 85

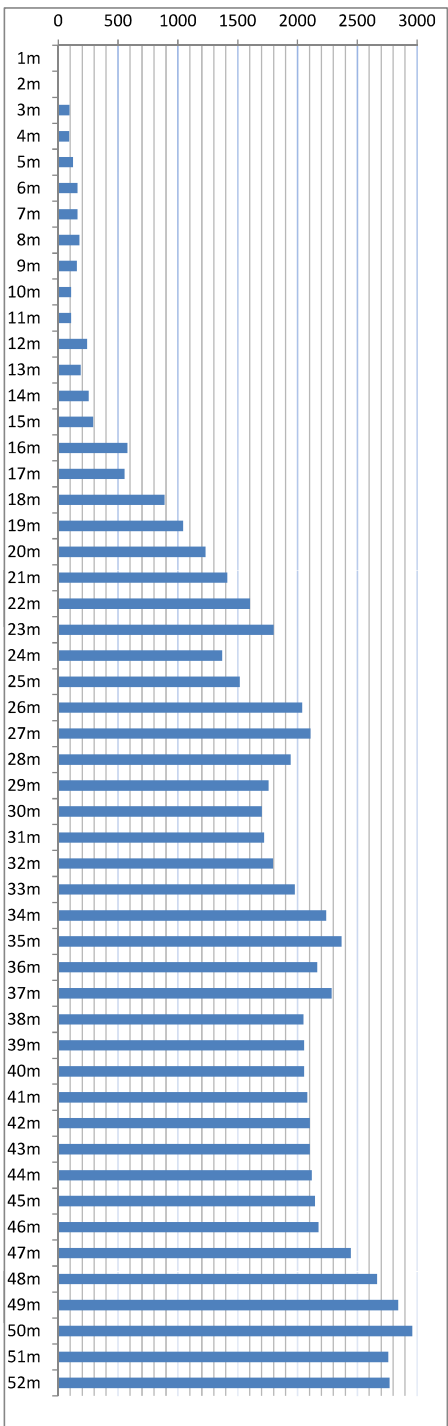
Furo: SPO2 F₁: 1,75 F₂: 3,50

Tipo de Estaca: 1 Área de ponta(m²): 0,065

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,51

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	156,00	32,6	94,3
4m	4	0,84	1,8	124,80	58,7	91,8
5m	5	0,84	1,8	156,00	91,3	123,7
6m	6	0,84	1,8	187,20	130,5	158,8
7m	5	0,84	1,8	156,00	163,1	159,5
8m	5	0,84	1,8	156,00	195,7	175,8
9m	3	0,84	1,8	93,60	215,3	154,4
10m	0	0,2	6	0,00	215,3	107,6
11m	0	0,2	6	0,00	215,3	107,6
12m	7	0,84	1,8	218,40	260,9	239,7
13m	3	0,84	1,8	93,60	280,5	187,0
14m	6	0,84	1,8	187,20	319,6	253,4
15m	7	0,84	1,8	218,40	365,3	291,8
16m	21	0,84	1,8	655,20	502,3	578,7
17m	16	0,84	1,8	499,20	606,7	552,9
18m	31	0,84	1,8	967,20	808,9	888,0
19m	34	0,84	1,8	1060,80	1030,7	1045,7
20m	38	0,84	1,8	1185,60	1278,5	1232,1
21m	41	0,84	1,8	1279,20	1546,0	1412,6
22m	44	0,84	1,8	1372,80	1833,0	1602,9
23m	47	0,84	1,8	1466,40	2139,6	1803,0
24m	16	0,84	1,8	499,20	2244,0	1371,6
25m	21	0,84	1,8	655,20	2381,0	1518,1
26m	45	0,84	1,8	1404,00	2674,5	2039,3
27m	41	0,84	1,8	1279,20	2942,0	2110,6
28m	25	0,84	1,8	780,00	3105,0	1942,5
29m	11	0,84	1,8	343,20	3176,8	1760,0
30m	6	0,84	1,8	187,20	3215,9	1701,6
31m	6	0,84	1,8	187,20	3255,1	1721,1
32m	9	0,84	1,8	280,80	3313,8	1797,3
33m	17	0,84	1,8	530,40	3424,7	1977,5
34m	28	0,84	1,8	873,60	3607,3	2240,5
35m	30	0,84	1,8	936,00	3803,0	2369,5
36m	14	0,84	1,8	436,80	3894,4	2165,6
37m	18	0,84	1,8	561,60	4011,8	2286,7
38m	7	0,2	6	52,00	4048,0	2050,0
39m	5	0,2	6	37,14	4073,9	2055,5
40m	3	0,2	6	22,29	4089,4	2055,9
41m	6	0,2	6	44,57	4120,5	2082,5
42m	7	0,2	6	52,00	4156,7	2104,4
43m	4	0,2	6	29,71	4177,4	2103,6
44m	5	0,2	6	37,14	4203,3	2120,2
45m	7	0,2	6	52,00	4239,6	2145,8
46m	9	0,2	6	66,86	4286,2	2176,5
47m	16	0,84	1,8	499,20	4390,5	2444,9
48m	25	0,84	1,8	780,00	4553,6	2666,8
49m	30	0,84	1,8	936,00	4749,3	2842,7
50m	31	0,84	1,8	967,20	4951,5	2959,4
51m	15	0,84	1,8	468,00	5049,4	2758,7
52m	13	0,84	1,8	405,60	5134,2	2769,9



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI-VELLOSO - METÁLICA HP 250 X 85

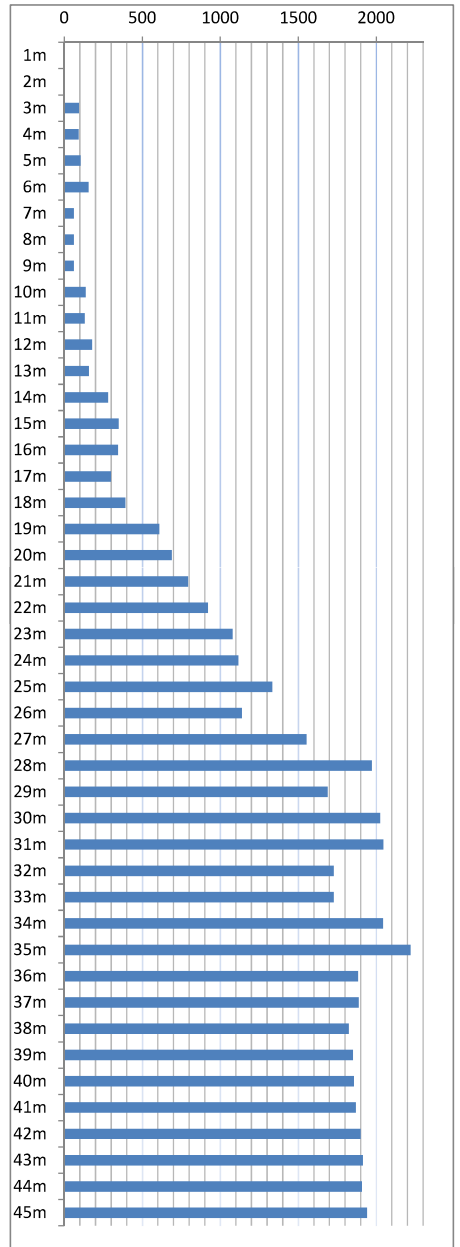
Furo: SPO3 F₁: 1,75 F₂: 3,50

Tipo de Estaca: 1 Área de ponta(m²): 0,065

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,51

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _l (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	156,00	32,6	94,3
4m	4	0,84	1,8	124,80	58,7	91,8
5m	4	0,84	1,8	124,80	84,8	104,8
6m	6	0,84	1,8	187,20	123,9	155,6
7m	0	0,2	6	0,00	123,9	62,0
8m	0	0,2	6	0,00	123,9	62,0
9m	0	0,2	6	0,00	123,9	62,0
10m	4	0,84	1,8	124,80	150,0	137,4
11m	3	0,84	1,8	93,60	169,6	131,6
12m	5	0,84	1,8	156,00	202,2	179,1
13m	3	0,84	1,8	93,60	221,8	157,7
14m	9	0,84	1,8	280,80	280,5	280,6
15m	11	0,84	1,8	343,20	352,3	347,7
16m	9	0,84	1,8	280,80	411,0	345,9
17m	5	0,84	1,8	156,00	443,6	299,8
18m	9	0,84	1,8	280,80	502,3	391,5
19m	19	0,84	1,8	592,80	626,2	609,5
20m	20	0,84	1,8	624,00	756,7	690,3
21m	22	0,84	1,8	686,40	900,2	793,3
22m	25	0,84	1,8	780,00	1063,3	921,6
23m	29	0,84	1,8	904,80	1252,5	1078,6
24m	26	0,84	1,8	811,20	1422,1	1116,6
25m	33	0,84	1,8	1029,60	1637,3	1333,5
26m	17	0,84	1,8	530,40	1748,2	1139,3
27m	36	0,84	1,8	1123,20	1983,1	1553,1
28m	52	0,84	1,8	1622,40	2322,3	1972,3
29m	28	0,84	1,8	873,60	2504,9	1689,3
30m	41	0,84	1,8	1279,20	2772,4	2025,8
31m	35	0,84	1,8	1092,00	3000,7	2046,3
32m	12	0,84	1,8	374,40	3079,0	1726,7
33m	10	0,84	1,8	312,00	3144,2	1728,1
34m	25	0,84	1,8	780,00	3307,3	2043,6
35m	30	0,84	1,8	936,00	3503,0	2219,5
36m	7	0,84	1,8	218,40	3548,6	1883,5
37m	6	0,84	1,8	187,20	3587,8	1887,5
38m	5	0,2	6	37,14	3613,6	1825,4
39m	7	0,2	6	52,00	3649,9	1850,9
40m	5	0,2	6	37,14	3675,8	1856,5
41m	5	0,2	6	37,14	3701,7	1869,4
42m	8	0,2	6	59,43	3743,1	1901,3
43m	7	0,2	6	52,00	3779,3	1915,7
44m	3	0,2	6	22,29	3794,8	1908,6
45m	7	0,2	6	52,00	3831,1	1941,5



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI-VELLOSO - METÁLICA HP 250 X 85

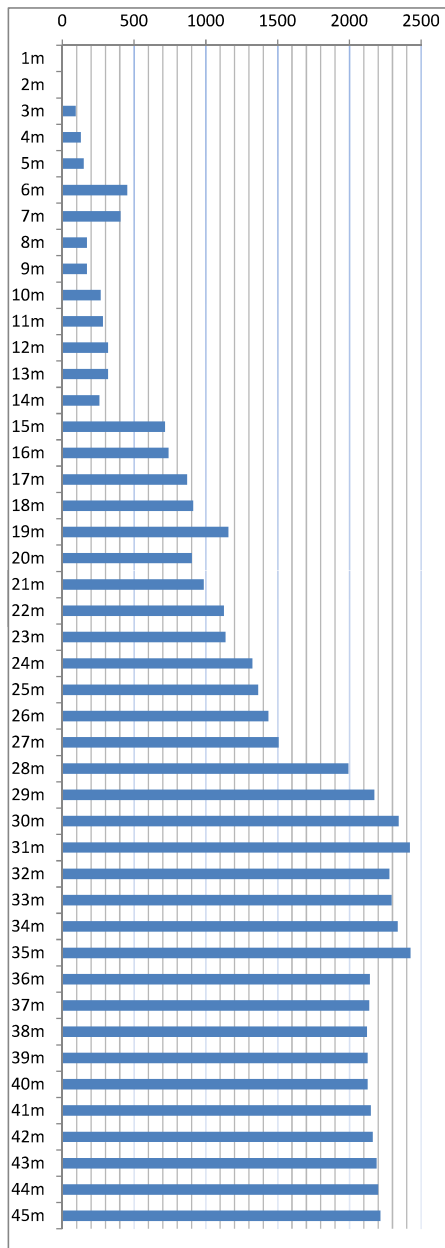
Furo: SP04 F₁: 1,75 F₂: 3,50

Tipo de Estaca: 1 Área de ponta(m²): 0,065

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,51

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _l (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	156,00	32,6	94,3
4m	6	0,84	1,8	187,20	71,8	129,5
5m	6	0,84	1,8	187,20	110,9	149,0
6m	21	0,84	1,8	655,20	247,9	451,5
7m	15	0,84	1,8	468,00	345,7	406,9
8m	0	0,2	6	0,00	345,7	172,9
9m	0	0,2	6	0,00	345,7	172,9
10m	5	0,84	1,8	156,00	378,3	267,2
11m	5	0,84	1,8	156,00	411,0	283,5
12m	6	0,84	1,8	187,20	450,1	318,7
13m	5	0,84	1,8	156,00	482,7	319,4
14m	1	0,84	1,8	31,20	489,2	260,2
15m	25	0,84	1,8	780,00	652,3	716,2
16m	22	0,84	1,8	686,40	795,8	741,1
17m	25	0,84	1,8	780,00	958,9	869,5
18m	23	0,84	1,8	717,60	1108,9	913,3
19m	32	0,84	1,8	998,40	1317,7	1158,0
20m	13	0,84	1,8	405,60	1402,5	904,0
21m	15	0,84	1,8	468,00	1500,3	984,2
22m	20	0,84	1,8	624,00	1630,8	1127,4
23m	17	0,84	1,8	530,40	1741,7	1136,0
24m	24	0,84	1,8	748,80	1898,3	1323,5
25m	22	0,84	1,8	686,40	2041,8	1364,1
26m	22	0,84	1,8	686,40	2185,3	1435,8
27m	22	0,84	1,8	686,40	2328,8	1507,6
28m	44	0,84	1,8	1372,80	2615,8	1994,3
29m	46	0,84	1,8	1435,20	2915,9	2175,5
30m	47	0,84	1,8	1466,40	3222,5	2344,4
31m	43	0,84	1,8	1341,60	3503,0	2422,3
32m	28	0,84	1,8	873,60	3685,6	2279,6
33m	24	0,84	1,8	748,80	3842,2	2295,5
34m	22	0,84	1,8	686,40	3985,7	2336,0
35m	23	0,84	1,8	717,60	4135,7	2426,7
36m	4	0,84	1,8	124,80	4161,8	2143,3
37m	3	0,84	1,8	93,60	4181,4	2137,5
38m	5	0,2	6	37,14	4207,3	2122,2
39m	4	0,2	6	29,71	4228,0	2128,8
40m	2	0,2	6	14,86	4238,3	2126,6
41m	5	0,2	6	37,14	4264,2	2150,7
42m	5	0,2	6	37,14	4290,1	2163,6
43m	7	0,2	6	52,00	4326,3	2189,2
44m	6	0,2	6	44,57	4357,4	2201,0
45m	6	0,2	6	44,57	4388,5	2216,5



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

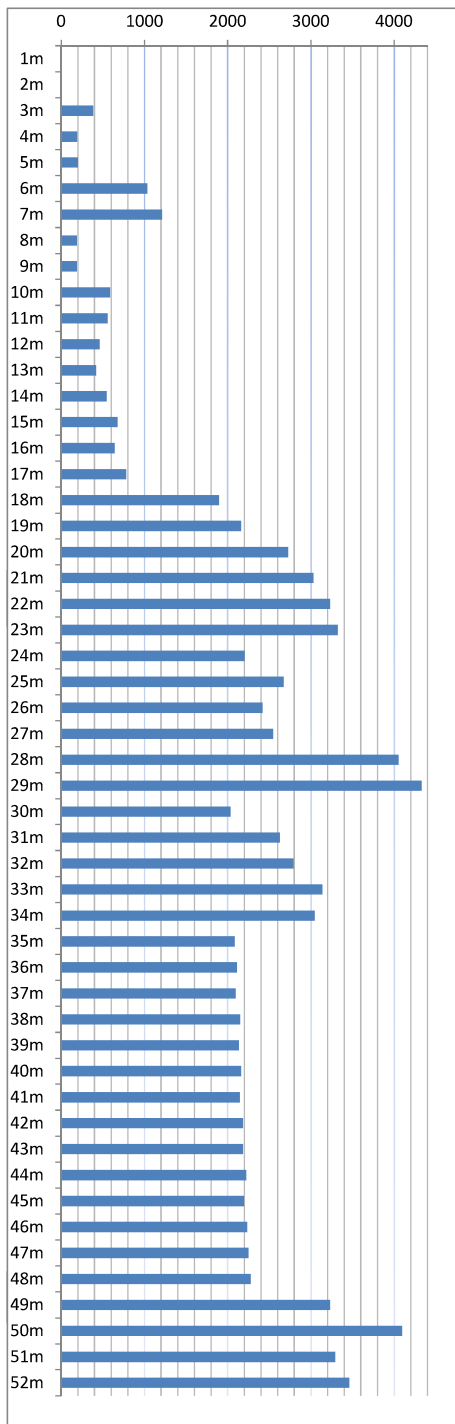
Furo: SPO1 F1: 1,25 F2: 2,5

Tipo de Estaca: 2 Área de ponta(m²): 0,160

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,16

1	Metálica	F1	F2
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _l (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,8	2	0,0	0,0	0,0
2m	6	0,8	2	0,00	0,0	0,0
3m	7	0,8	2	716,80	52,0	384,4
4m	3	0,8	2	307,20	74,2	190,7
5m	3	0,8	2	307,20	96,5	201,9
6m	18	0,8	2	1843,20	230,1	1036,7
7m	20	0,8	2	2048,00	378,6	1213,3
8m	0	0,2	6	0,00	378,6	189,3
9m	0	0,2	6	0,00	378,6	189,3
10m	7	0,84	1,8	752,64	427,7	590,2
11m	6	0,84	1,8	645,12	469,8	557,5
12m	4	0,84	1,8	430,08	497,9	464,0
13m	3	0,84	1,8	322,56	518,9	420,7
14m	5	0,84	1,8	537,60	554,0	545,8
15m	7	0,84	1,8	752,64	603,1	677,9
16m	6	0,84	1,8	645,12	645,2	645,2
17m	8	0,84	1,8	860,16	701,3	780,8
18m	27	0,84	1,8	2903,04	890,8	1896,9
19m	30	0,84	1,8	3225,60	1101,2	2163,4
20m	38	0,84	1,8	4085,76	1367,8	2726,8
21m	41	0,84	1,8	4408,32	1655,5	3031,9
22m	42	0,84	1,8	4515,84	1950,1	3233,0
23m	41	0,84	1,8	4408,32	2237,8	3323,0
24m	19	0,84	1,8	2042,88	2371,1	2207,0
25m	26	0,84	1,8	2795,52	2553,5	2674,5
26m	20	0,84	1,8	2150,40	2693,8	2422,1
27m	21	0,84	1,8	2257,92	2841,1	2549,5
28m	46	0,84	1,8	4945,92	3163,8	4054,9
29m	48	0,84	1,8	5160,96	3500,6	4330,8
30m	5	0,84	1,8	537,60	3535,7	2036,6
31m	15	0,84	1,8	1612,80	3640,9	2626,9
32m	17	0,84	1,8	1827,84	3760,2	2794,0
33m	22	0,84	1,8	2365,44	3914,5	3140,0
34m	19	0,84	1,8	2042,88	4047,8	3045,4
35m	4	0,2	6	102,40	4070,1	2086,2
36m	5	0,2	6	128,00	4097,9	2113,0
37m	3	0,2	6	76,80	4114,6	2095,7
38m	6	0,2	6	153,60	4148,0	2150,8
39m	4	0,2	6	102,40	4170,3	2136,4
40m	5	0,2	6	128,00	4198,2	2163,1
41m	3	0,2	6	76,80	4214,9	2145,8
42m	5	0,2	6	128,00	4242,7	2185,4
43m	4	0,2	6	102,40	4265,0	2183,7
44m	6	0,2	6	153,60	4298,4	2226,0
45m	3	0,2	6	76,80	4315,1	2195,9
46m	5	0,2	6	128,00	4342,9	2235,5
47m	5	0,2	6	128,00	4370,8	2249,4
48m	6	0,2	6	153,60	4404,2	2278,9
49m	18	0,84	1,8	1935,36	4530,5	3232,9
50m	32	0,84	1,8	3440,64	4755,0	4097,8
51m	16	0,84	1,8	1720,32	4867,2	3293,8
52m	18	0,84	1,8	1935,36	4993,5	3464,4



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

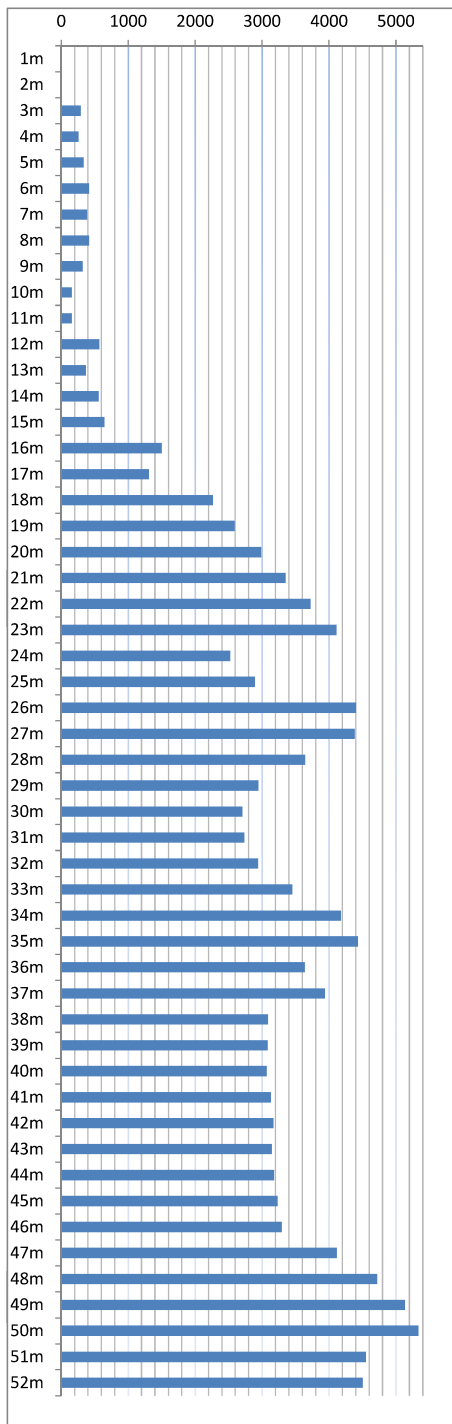
Furo: SPO2 F1: 1,25 F2: 2,5

Tipo de Estaca: 2 Área de ponta(m²): 0,160

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,60

Tipo de estaca	F1	F2
1 Metálica	1,75	2F1
2 Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3 Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	537,60	48,4	293,0
4m	4	0,84	1,8	430,08	87,1	258,6
5m	5	0,84	1,8	537,60	135,5	336,5
6m	6	0,84	1,8	645,12	193,5	419,3
7m	5	0,84	1,8	537,60	241,9	389,8
8m	5	0,84	1,8	537,60	290,3	414,0
9m	3	0,84	1,8	322,56	319,3	320,9
10m	0	0,2	6	0,00	319,3	159,7
11m	0	0,2	6	0,00	319,3	159,7
12m	7	0,84	1,8	752,64	387,1	569,9
13m	3	0,84	1,8	322,56	416,1	369,3
14m	6	0,84	1,8	645,12	474,2	559,6
15m	7	0,84	1,8	752,64	541,9	647,3
16m	21	0,84	1,8	2257,92	745,1	1501,5
17m	16	0,84	1,8	1720,32	899,9	1310,1
18m	31	0,84	1,8	3333,12	1199,9	2266,5
19m	34	0,84	1,8	3655,68	1528,9	2592,3
20m	38	0,84	1,8	4085,76	1896,7	2991,2
21m	41	0,84	1,8	4408,32	2293,4	3350,9
22m	44	0,84	1,8	4730,88	2719,2	3725,0
23m	47	0,84	1,8	5053,44	3174,0	4113,7
24m	16	0,84	1,8	1720,32	3328,8	2524,6
25m	21	0,84	1,8	2257,92	3532,0	2895,0
26m	45	0,84	1,8	4838,40	3967,5	4402,9
27m	41	0,84	1,8	4408,32	4364,2	4386,3
28m	25	0,84	1,8	2688,00	4606,2	3647,1
29m	11	0,84	1,8	1182,72	4712,6	2947,7
30m	6	0,84	1,8	645,12	4770,7	2707,9
31m	6	0,84	1,8	645,12	4828,7	2736,9
32m	9	0,84	1,8	967,68	4915,8	2941,7
33m	17	0,84	1,8	1827,84	5080,3	3454,1
34m	28	0,84	1,8	3010,56	5351,3	4180,9
35m	30	0,84	1,8	3225,60	5641,6	4433,6
36m	14	0,84	1,8	1505,28	5777,0	3641,2
37m	18	0,84	1,8	1935,36	5951,2	3943,3
38m	7	0,2	6	179,20	6005,0	3092,1
39m	5	0,2	6	128,00	6043,4	3085,7
40m	3	0,2	6	76,80	6066,4	3071,6
41m	6	0,2	6	153,60	6112,5	3133,1
42m	7	0,2	6	179,20	6166,3	3172,7
43m	4	0,2	6	102,40	6197,0	3149,7
44m	5	0,2	6	128,00	6235,4	3181,7
45m	7	0,2	6	179,20	6289,2	3234,2
46m	9	0,2	6	230,40	6358,3	3294,3
47m	16	0,84	1,8	1720,32	6513,1	4116,7
48m	25	0,84	1,8	2688,00	6755,0	4721,5
49m	30	0,84	1,8	3225,60	7045,3	5135,5
50m	31	0,84	1,8	3333,12	7345,3	5339,2
51m	15	0,84	1,8	1612,80	7490,5	4551,6
52m	13	0,84	1,8	1397,76	7616,3	4507,0

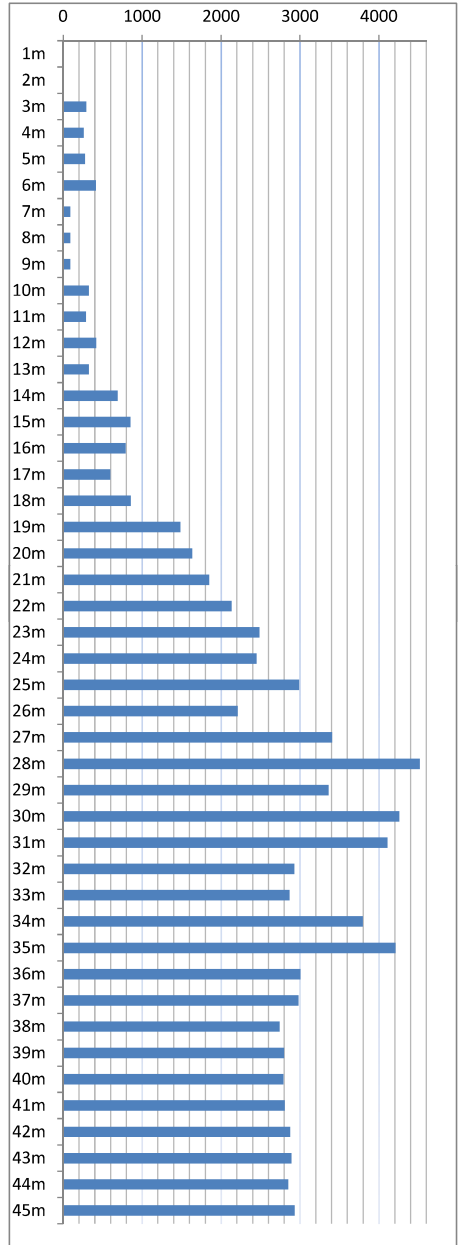


CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

Furo:	SPO3	F ₁ :	1,25	F ₂ :	2,5
Tipo de Estaca:	2	Área de ponta(m ²):	0,160		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,60		

Tipo de estaca	F1	F2
1 Metálica	1,75	2F1
2 Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3 Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _l (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	537,60	48,4	293,0
4m	4	0,84	1,8	430,08	87,1	258,6
5m	4	0,84	1,8	430,08	125,8	277,9
6m	6	0,84	1,8	645,12	183,9	414,5
7m	0	0,2	6	0,00	183,9	91,9
8m	0	0,2	6	0,00	183,9	91,9
9m	0	0,2	6	0,00	183,9	91,9
10m	4	0,84	1,8	430,08	222,6	326,3
11m	3	0,84	1,8	322,56	251,6	287,1
12m	5	0,84	1,8	537,60	300,0	418,8
13m	3	0,84	1,8	322,56	329,0	325,8
14m	9	0,84	1,8	967,68	416,1	691,9
15m	11	0,84	1,8	1182,72	522,5	852,6
16m	9	0,84	1,8	967,68	609,6	788,7
17m	5	0,84	1,8	537,60	658,0	597,8
18m	9	0,84	1,8	967,68	745,1	856,4
19m	19	0,84	1,8	2042,88	929,0	1485,9
20m	20	0,84	1,8	2150,40	1122,5	1636,5
21m	22	0,84	1,8	2365,44	1335,4	1850,4
22m	25	0,84	1,8	2688,00	1577,3	2132,7
23m	29	0,84	1,8	3118,08	1857,9	2488,0
24m	26	0,84	1,8	2795,52	2109,5	2452,5
25m	33	0,84	1,8	3548,16	2428,9	2988,5
26m	17	0,84	1,8	1827,84	2593,4	2210,6
27m	36	0,84	1,8	3870,72	2941,7	3406,2
28m	52	0,84	1,8	5591,04	3444,9	4518,0
29m	28	0,84	1,8	3010,56	3715,9	3363,2
30m	41	0,84	1,8	4408,32	4112,6	4260,5
31m	35	0,84	1,8	3763,20	4451,3	4107,3
32m	12	0,84	1,8	1290,24	4567,4	2928,8
33m	10	0,84	1,8	1075,20	4664,2	2869,7
34m	25	0,84	1,8	2688,00	4906,1	3797,1
35m	30	0,84	1,8	3225,60	5196,4	4211,0
36m	7	0,84	1,8	752,64	5264,2	3008,4
37m	6	0,84	1,8	645,12	5322,2	2983,7
38m	5	0,2	6	128,00	5360,6	2744,3
39m	7	0,2	6	179,20	5414,4	2796,8
40m	5	0,2	6	128,00	5452,8	2790,4
41m	5	0,2	6	128,00	5491,2	2809,6
42m	8	0,2	6	204,80	5552,6	2878,7
43m	7	0,2	6	179,20	5606,4	2892,8
44m	3	0,2	6	76,80	5629,4	2853,1
45m	7	0,2	6	179,20	5683,2	2931,2

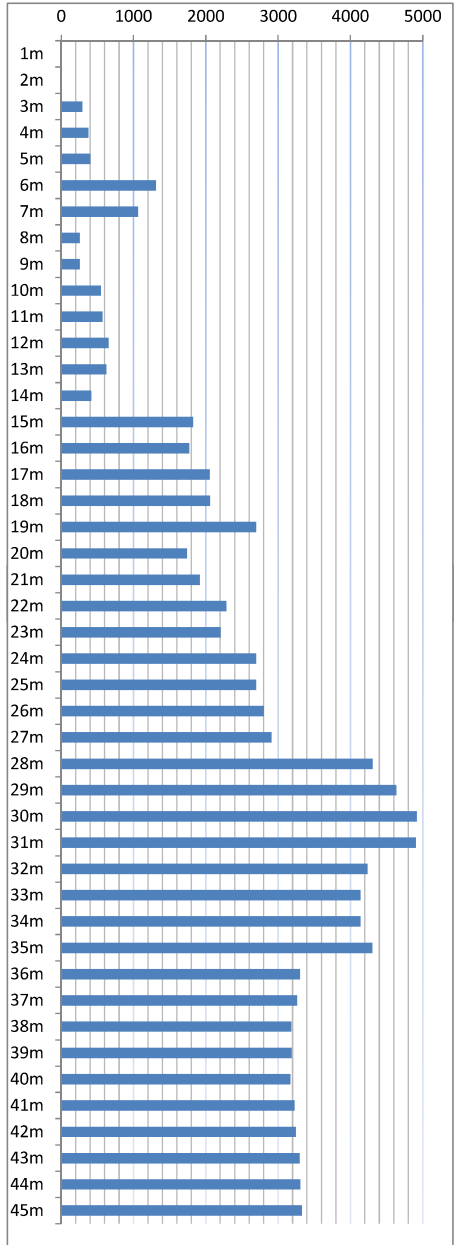


CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

Furo:	SP04	F ₁ :	1,25	F ₂ :	2,5
Tipo de Estaca:	2	Área de ponta(m ²):	0,160		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,60		

Tipo de estaca	F1	F2
1 Metálica	1,75	2F1
2 Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3 Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	537,60	48,4	293,0
4m	6	0,84	1,8	645,12	106,4	375,8
5m	6	0,84	1,8	645,12	164,5	404,8
6m	21	0,84	1,8	2257,92	367,7	1312,8
7m	15	0,84	1,8	1612,80	512,9	1062,8
8m	0	0,2	6	0,00	512,9	256,4
9m	0	0,2	6	0,00	512,9	256,4
10m	5	0,84	1,8	537,60	561,3	549,4
11m	5	0,84	1,8	537,60	609,6	573,6
12m	6	0,84	1,8	645,12	667,7	656,4
13m	5	0,84	1,8	537,60	716,1	626,8
14m	1	0,84	1,8	107,52	725,8	416,6
15m	25	0,84	1,8	2688,00	967,7	1827,8
16m	22	0,84	1,8	2365,44	1180,6	1773,0
17m	25	0,84	1,8	2688,00	1422,5	2055,2
18m	23	0,84	1,8	2472,96	1645,1	2059,0
19m	32	0,84	1,8	3440,64	1954,7	2697,7
20m	13	0,84	1,8	1397,76	2080,5	1739,1
21m	15	0,84	1,8	1612,80	2225,7	1919,2
22m	20	0,84	1,8	2150,40	2419,2	2284,8
23m	17	0,84	1,8	1827,84	2583,7	2205,8
24m	24	0,84	1,8	2580,48	2815,9	2698,2
25m	22	0,84	1,8	2365,44	3028,8	2697,1
26m	22	0,84	1,8	2365,44	3241,7	2803,6
27m	22	0,84	1,8	2365,44	3454,6	2910,0
28m	44	0,84	1,8	4730,88	3880,4	4305,6
29m	46	0,84	1,8	4945,92	4325,5	4635,7
30m	47	0,84	1,8	5053,44	4780,3	4916,9
31m	43	0,84	1,8	4623,36	5196,4	4909,9
32m	28	0,84	1,8	3010,56	5467,4	4239,0
33m	24	0,84	1,8	2580,48	5699,6	4140,1
34m	22	0,84	1,8	2365,44	5912,5	4139,0
35m	23	0,84	1,8	2472,96	6135,1	4304,0
36m	4	0,84	1,8	430,08	6173,8	3301,9
37m	3	0,84	1,8	322,56	6202,8	3262,7
38m	5	0,2	6	128,00	6241,2	3184,6
39m	4	0,2	6	102,40	6271,9	3187,2
40m	2	0,2	6	51,20	6287,3	3169,3
41m	5	0,2	6	128,00	6325,7	3226,9
42m	5	0,2	6	128,00	6364,1	3246,1
43m	7	0,2	6	179,20	6417,9	3298,5
44m	6	0,2	6	153,60	6463,9	3308,8
45m	6	0,2	6	153,60	6510,0	3331,8



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - ESTACA RAZIA DIAMETRO 500mm

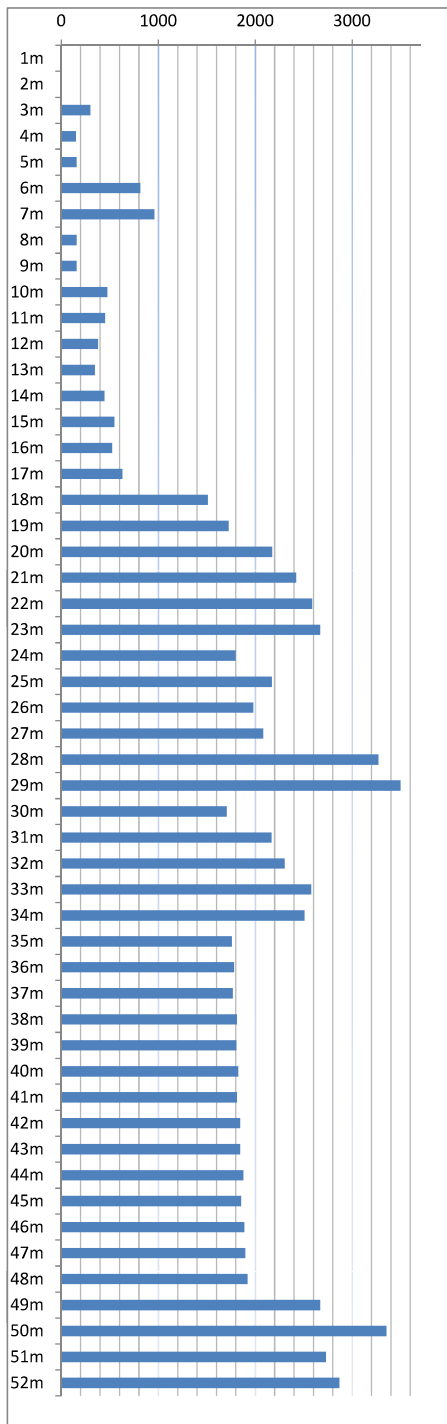
Furo: SPO1 F₁: 2,00 F₂: 4,00

Tipo de Estaca: 3 Área de ponta(m²): 0,200

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,57

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,8	2	0,0	0,0	0,0
2m	6	0,8	2	0,00	0,0	0,0
3m	7	0,8	2	560,00	44,0	302,0
4m	3	0,8	2	240,00	62,8	151,4
5m	3	0,8	2	240,00	81,6	160,8
6m	18	0,8	2	1440,00	194,7	817,3
7m	20	0,8	2	1600,00	320,3	960,1
8m	0	0,2	6	0,00	320,3	160,1
9m	0	0,2	6	0,00	320,3	160,1
10m	7	0,84	1,8	588,00	361,8	474,9
11m	6	0,84	1,8	504,00	397,4	450,7
12m	4	0,84	1,8	336,00	421,2	378,6
13m	3	0,84	1,8	252,00	439,0	345,5
14m	5	0,84	1,8	420,00	468,6	444,3
15m	7	0,84	1,8	588,00	510,2	549,1
16m	6	0,84	1,8	504,00	545,8	524,9
17m	8	0,84	1,8	672,00	593,3	632,6
18m	27	0,84	1,8	2268,00	753,5	1510,8
19m	30	0,84	1,8	2520,00	931,5	1725,8
20m	38	0,84	1,8	3192,00	1157,1	2174,5
21m	41	0,84	1,8	3444,00	1400,4	2422,2
22m	42	0,84	1,8	3528,00	1649,6	2588,8
23m	41	0,84	1,8	3444,00	1892,9	2668,5
24m	19	0,84	1,8	1596,00	2005,7	1800,9
25m	26	0,84	1,8	2184,00	2160,0	2172,0
26m	20	0,84	1,8	1680,00	2278,7	1979,3
27m	21	0,84	1,8	1764,00	2403,3	2083,7
28m	46	0,84	1,8	3864,00	2676,3	3270,2
29m	48	0,84	1,8	4032,00	2961,2	3496,6
30m	5	0,84	1,8	420,00	2990,9	1705,4
31m	15	0,84	1,8	1260,00	3079,9	2169,9
32m	17	0,84	1,8	1428,00	3180,8	2304,4
33m	22	0,84	1,8	1848,00	3311,3	2579,7
34m	19	0,84	1,8	1596,00	3424,1	2510,0
35m	4	0,2	6	80,00	3442,9	1761,5
36m	5	0,2	6	100,00	3466,5	1783,2
37m	3	0,2	6	60,00	3480,6	1770,3
38m	6	0,2	6	120,00	3508,9	1814,4
39m	4	0,2	6	80,00	3527,7	1803,8
40m	5	0,2	6	100,00	3551,2	1825,6
41m	3	0,2	6	60,00	3565,4	1812,7
42m	5	0,2	6	100,00	3588,9	1844,5
43m	4	0,2	6	80,00	3607,8	1843,9
44m	6	0,2	6	120,00	3636,0	1878,0
45m	3	0,2	6	60,00	3650,2	1855,1
46m	5	0,2	6	100,00	3673,7	1886,9
47m	5	0,2	6	100,00	3697,3	1898,6
48m	6	0,2	6	120,00	3725,5	1922,8
49m	18	0,84	1,8	1512,00	3832,3	2672,2
50m	32	0,84	1,8	2688,00	4022,2	3355,1
51m	16	0,84	1,8	1344,00	4117,2	2730,6
52m	18	0,84	1,8	1512,00	4224,0	2868,0



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - ESTACA RAZIA DIAMETRO 500mm

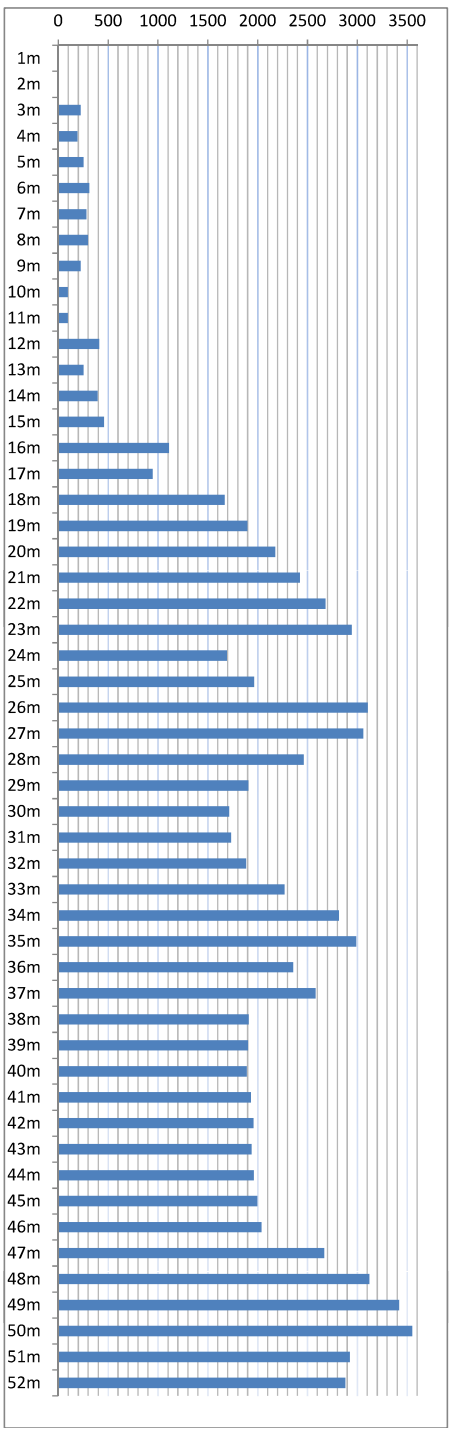
Furo: SPO2 F1: 2,00 F2: 4,00

Tipo de Estaca: 3 Área de ponta(m²): 0,200

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,57

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	420,00	29,7	224,8
4m	4	0,84	1,8	336,00	53,4	194,7
5m	5	0,84	1,8	420,00	83,1	251,5
6m	6	0,84	1,8	504,00	118,7	311,3
7m	5	0,84	1,8	420,00	148,4	284,2
8m	5	0,84	1,8	420,00	178,0	299,0
9m	3	0,84	1,8	252,00	195,8	223,9
10m	0	0,2	6	0,00	195,8	97,9
11m	0	0,2	6	0,00	195,8	97,9
12m	7	0,84	1,8	588,00	237,4	412,7
13m	3	0,84	1,8	252,00	255,2	253,6
14m	6	0,84	1,8	504,00	290,8	397,4
15m	7	0,84	1,8	588,00	332,3	460,2
16m	21	0,84	1,8	1764,00	457,0	1110,5
17m	16	0,84	1,8	1344,00	551,9	948,0
18m	31	0,84	1,8	2604,00	735,9	1669,9
19m	34	0,84	1,8	2856,00	937,7	1896,8
20m	38	0,84	1,8	3192,00	1163,2	2177,6
21m	41	0,84	1,8	3444,00	1406,5	2425,3
22m	44	0,84	1,8	3696,00	1667,6	2681,8
23m	47	0,84	1,8	3948,00	1946,5	2947,3
24m	16	0,84	1,8	1344,00	2041,5	1692,8
25m	21	0,84	1,8	1764,00	2166,1	1965,1
26m	45	0,84	1,8	3780,00	2433,2	3106,6
27m	41	0,84	1,8	3444,00	2676,5	3060,3
28m	25	0,84	1,8	2100,00	2824,9	2462,4
29m	11	0,84	1,8	924,00	2890,2	1907,1
30m	6	0,84	1,8	504,00	2925,8	1714,9
31m	6	0,84	1,8	504,00	2961,4	1732,7
32m	9	0,84	1,8	756,00	3014,8	1885,4
33m	17	0,84	1,8	1428,00	3115,7	2271,8
34m	28	0,84	1,8	2352,00	3281,8	2816,9
35m	30	0,84	1,8	2520,00	3459,9	2989,9
36m	14	0,84	1,8	1176,00	3543,0	2359,5
37m	18	0,84	1,8	1512,00	3649,8	2580,9
38m	7	0,2	6	140,00	3682,7	1911,4
39m	5	0,2	6	100,00	3706,3	1903,1
40m	3	0,2	6	60,00	3720,4	1890,2
41m	6	0,2	6	120,00	3748,7	1934,3
42m	7	0,2	6	140,00	3781,7	1960,8
43m	4	0,2	6	80,00	3800,5	1940,2
44m	5	0,2	6	100,00	3824,0	1962,0
45m	7	0,2	6	140,00	3857,0	1998,5
46m	9	0,2	6	180,00	3899,4	2039,7
47m	16	0,84	1,8	1344,00	3994,4	2669,2
48m	25	0,84	1,8	2100,00	4142,7	3121,4
49m	30	0,84	1,8	2520,00	4320,8	3420,4
50m	31	0,84	1,8	2604,00	4504,7	3554,4
51m	15	0,84	1,8	1260,00	4593,8	2926,9
52m	13	0,84	1,8	1092,00	4670,9	2881,5



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - ESTACA RAZIZ DIAMETRO 500mm

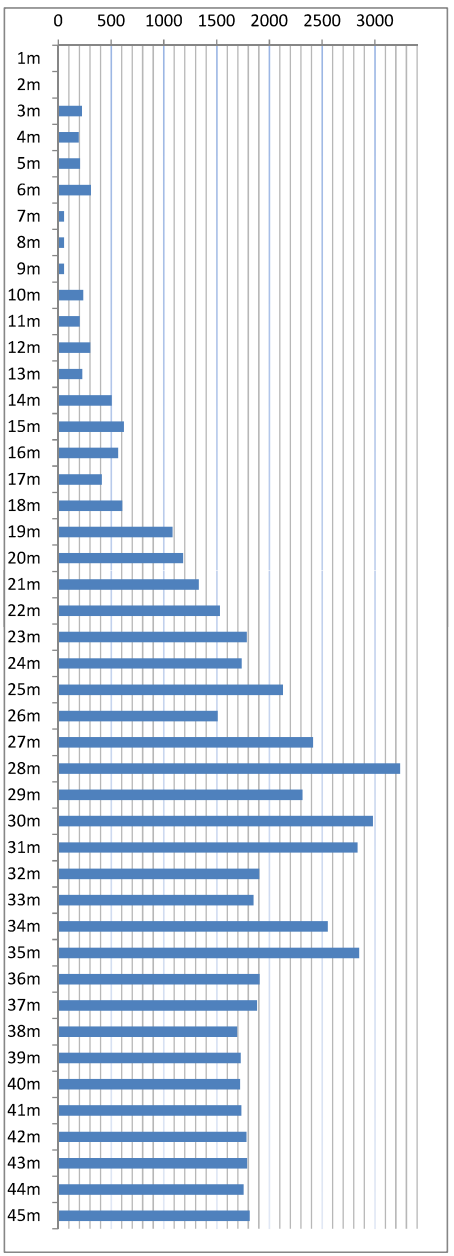
Furo: SPO3 F₁: 2,00 F₂: 4,00

Tipo de Estaca: 3 Área de ponta(m²): 0,200

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,57

Tipo de estaca	F1	F2
1 Metálica	1,75	2F1
2 Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3 Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _i (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	420,00	29,7	224,8
4m	4	0,84	1,8	336,00	53,4	194,7
5m	4	0,84	1,8	336,00	77,1	206,6
6m	6	0,84	1,8	504,00	112,8	308,4
7m	0	0,2	6	0,00	112,8	56,4
8m	0	0,2	6	0,00	112,8	56,4
9m	0	0,2	6	0,00	112,8	56,4
10m	4	0,84	1,8	336,00	136,5	236,2
11m	3	0,84	1,8	252,00	154,3	203,1
12m	5	0,84	1,8	420,00	184,0	302,0
13m	3	0,84	1,8	252,00	201,8	226,9
14m	9	0,84	1,8	756,00	255,2	505,6
15m	11	0,84	1,8	924,00	320,5	622,2
16m	9	0,84	1,8	756,00	373,9	564,9
17m	5	0,84	1,8	420,00	403,6	411,8
18m	9	0,84	1,8	756,00	457,0	606,5
19m	19	0,84	1,8	1596,00	569,7	1082,9
20m	20	0,84	1,8	1680,00	688,4	1184,2
21m	22	0,84	1,8	1848,00	819,0	1333,5
22m	25	0,84	1,8	2100,00	967,3	1533,7
23m	29	0,84	1,8	2436,00	1139,4	1787,7
24m	26	0,84	1,8	2184,00	1293,7	1738,9
25m	33	0,84	1,8	2772,00	1489,6	2130,8
26m	17	0,84	1,8	1428,00	1590,5	1509,2
27m	36	0,84	1,8	3024,00	1804,1	2414,1
28m	52	0,84	1,8	4368,00	2112,7	3240,4
29m	28	0,84	1,8	2352,00	2278,9	2315,4
30m	41	0,84	1,8	3444,00	2522,2	2983,1
31m	35	0,84	1,8	2940,00	2729,9	2835,0
32m	12	0,84	1,8	1008,00	2801,1	1904,6
33m	10	0,84	1,8	840,00	2860,5	1850,2
34m	25	0,84	1,8	2100,00	3008,8	2554,4
35m	30	0,84	1,8	2520,00	3186,9	2853,4
36m	7	0,84	1,8	588,00	3228,4	1908,2
37m	6	0,84	1,8	504,00	3264,0	1884,0
38m	5	0,2	6	100,00	3287,6	1693,8
39m	7	0,2	6	140,00	3320,6	1730,3
40m	5	0,2	6	100,00	3344,1	1722,1
41m	5	0,2	6	100,00	3367,7	1733,8
42m	8	0,2	6	160,00	3405,3	1782,7
43m	7	0,2	6	140,00	3438,3	1789,2
44m	3	0,2	6	60,00	3452,4	1756,2
45m	7	0,2	6	140,00	3485,4	1812,7



CAPACIDADE DE CARGA - AOKI - VELLOSO - ESTACA RAZIZ DIAMETRO 500mm

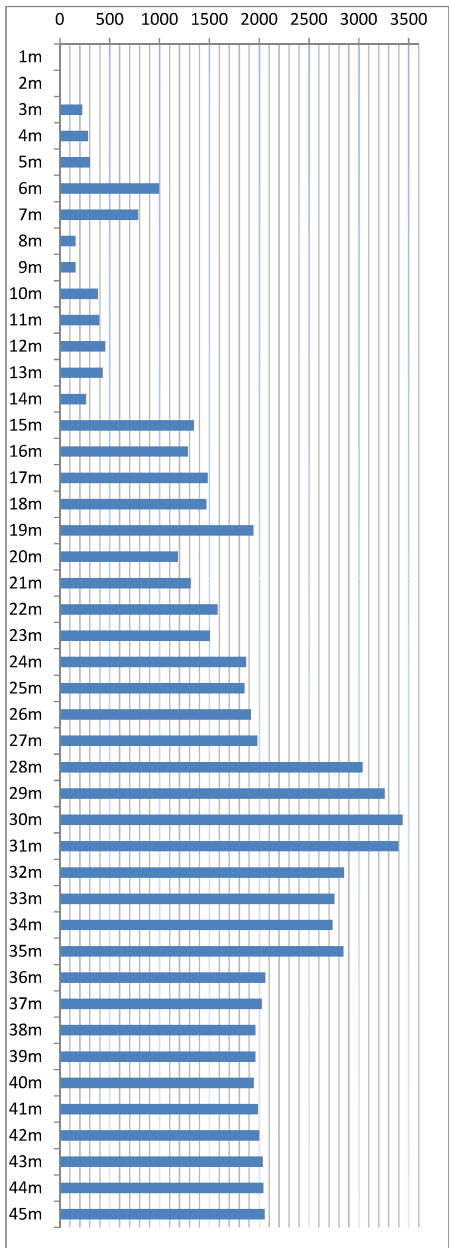
Furo: SPO4 F₁: 2,00 F₂: 4,00

Tipo de Estaca: 3 Área de ponta(m²): 0,200

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,57

	Tipo de estaca	F1	F2
1	Metálica	1,75	2F1
2	Pré-moldada	1 + D/0,80	2F1
3	Raiz	2,0	2F1

Prof.	N _{SPT}	K (MPa)	α (%)	R _p (kN)	R _l (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	0,84	1,8	0,0	0,0	0,0
2m	3	0,84	1,8	0,00	0,0	0,0
3m	5	0,84	1,8	420,00	29,7	224,8
4m	6	0,84	1,8	504,00	65,3	284,6
5m	6	0,84	1,8	504,00	100,9	302,4
6m	21	0,84	1,8	1764,00	225,5	994,8
7m	15	0,84	1,8	1260,00	314,5	787,3
8m	0	0,2	6	0,00	314,5	157,3
9m	0	0,2	6	0,00	314,5	157,3
10m	5	0,84	1,8	420,00	344,2	382,1
11m	5	0,84	1,8	420,00	373,9	396,9
12m	6	0,84	1,8	504,00	409,5	456,7
13m	5	0,84	1,8	420,00	439,2	429,6
14m	1	0,84	1,8	84,00	445,1	264,5
15m	25	0,84	1,8	2100,00	593,5	1346,7
16m	22	0,84	1,8	1848,00	724,0	1286,0
17m	25	0,84	1,8	2100,00	872,4	1486,2
18m	23	0,84	1,8	1932,00	1008,9	1470,4
19m	32	0,84	1,8	2688,00	1198,8	1943,4
20m	13	0,84	1,8	1092,00	1275,9	1184,0
21m	15	0,84	1,8	1260,00	1365,0	1312,5
22m	20	0,84	1,8	1680,00	1483,7	1581,8
23m	17	0,84	1,8	1428,00	1584,5	1506,3
24m	24	0,84	1,8	2016,00	1727,0	1871,5
25m	22	0,84	1,8	1848,00	1857,5	1852,8
26m	22	0,84	1,8	1848,00	1988,1	1918,0
27m	22	0,84	1,8	1848,00	2118,7	1983,3
28m	44	0,84	1,8	3696,00	2379,8	3037,9
29m	46	0,84	1,8	3864,00	2652,8	3258,4
30m	47	0,84	1,8	3948,00	2931,7	3439,8
31m	43	0,84	1,8	3612,00	3186,9	3399,4
32m	28	0,84	1,8	2352,00	3353,0	2852,5
33m	24	0,84	1,8	2016,00	3495,5	2755,7
34m	22	0,84	1,8	1848,00	3626,0	2737,0
35m	23	0,84	1,8	1932,00	3762,5	2847,3
36m	4	0,84	1,8	336,00	3786,3	2061,1
37m	3	0,84	1,8	252,00	3804,1	2028,0
38m	5	0,2	6	100,00	3827,6	1963,8
39m	4	0,2	6	80,00	3846,5	1963,2
40m	2	0,2	6	40,00	3855,9	1947,9
41m	5	0,2	6	100,00	3879,4	1989,7
42m	5	0,2	6	100,00	3903,0	2001,5
43m	7	0,2	6	140,00	3936,0	2038,0
44m	6	0,2	6	120,00	3964,2	2042,1
45m	6	0,2	6	120,00	3992,5	2056,2

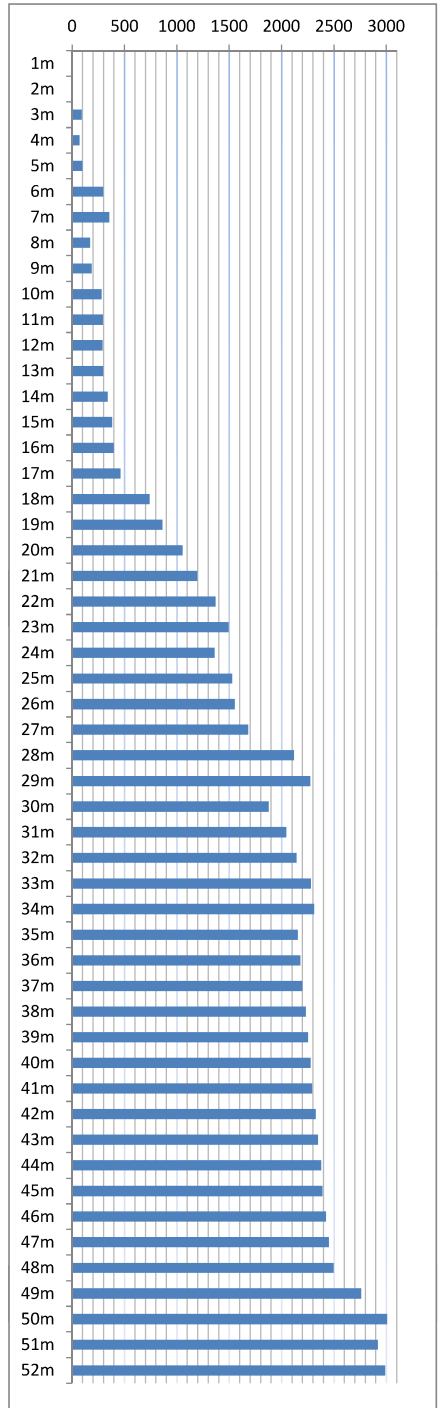


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - METÁLICA HP 250 X 85

Furo:	SP01	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:		1 Área de ponta(m ²):	0,065		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,51		

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	320	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	6	320	0,0	4,33	0,0	0,0
3m	7	320	145,6	5,33	41,9	93,8
4m	3	320	62,4	4,33	78,9	70,6
5m	3	320	62,4	8,00	134,2	98,3
6m	18	320	374,4	13,67	218,1	296,3
7m	20	320	416,0	12,67	297,0	356,5
8m	0	120	0,0	6,67	345,6	172,8
9m	0	120	0,0	2,33	372,5	186,2
10m	7	350	159,3	4,33	409,4	284,3
11m	6	350	136,5	5,67	453,0	294,8
12m	4	350	91,0	4,33	489,9	290,5
13m	3	350	68,3	4,00	525,1	296,7
14m	5	350	113,8	5,00	565,4	339,6
15m	7	350	159,3	6,00	610,7	385,0
16m	6	350	136,5	7,00	661,0	398,8
17m	8	350	182,0	13,67	744,9	463,5
18m	27	350	614,3	21,67	869,1	741,7
19m	30	350	682,5	31,67	1043,6	863,0
20m	38	350	864,5	36,33	1241,6	1053,0
21m	41	350	932,8	40,33	1459,7	1196,2
22m	42	350	955,5	62,00	1786,8	1371,2
23m	41	350	932,8	51,00	2058,6	1495,7
24m	19	350	432,3	43,00	2290,2	1361,2
25m	26	350	591,5	32,50	2468,9	1530,2
26m	20	350	455,0	33,50	2652,6	1553,8
27m	21	350	477,8	43,50	2886,6	1682,2
28m	46	350	1046,5	57,50	3191,1	2118,8
29m	48	350	1092,0	49,50	3455,4	2273,7
30m	5	350	113,8	34,00	3641,6	1877,7
31m	15	350	341,3	18,50	3749,8	2045,5
32m	17	350	386,8	27,00	3900,8	2143,8
33m	22	350	500,5	29,00	4061,9	2281,2
34m	19	350	432,3	22,50	4190,3	2311,3
35m	4	120	31,2	14,00	4275,8	2153,5
36m	5	120	39,0	6,00	4321,1	2180,1
37m	3	120	23,4	7,00	4371,5	2197,4
38m	6	120	46,8	6,50	4419,3	2233,0
39m	4	120	31,2	7,50	4472,1	2251,7
40m	5	120	39,0	6,00	4517,4	2278,2
41m	3	120	23,4	6,50	4565,2	2294,3
42m	5	120	39,0	6,00	4610,5	2324,8
43m	4	120	31,2	7,50	4663,4	2347,3
44m	6	120	46,8	6,50	4711,2	2379,0
45m	3	120	23,4	7,00	4761,5	2392,5
46m	5	120	39,0	6,50	4809,4	2424,2
47m	5	120	39,0	8,00	4864,7	2451,9
48m	6	120	46,8	14,50	4952,8	2499,8
49m	18	350	409,5	28,00	5108,8	2759,2
50m	32	350	728,0	33,00	5290,0	3009,0
51m	16	350	364,0	33,00	5471,2	2917,6
52m	18	350	409,5	17,00	5571,9	2990,7

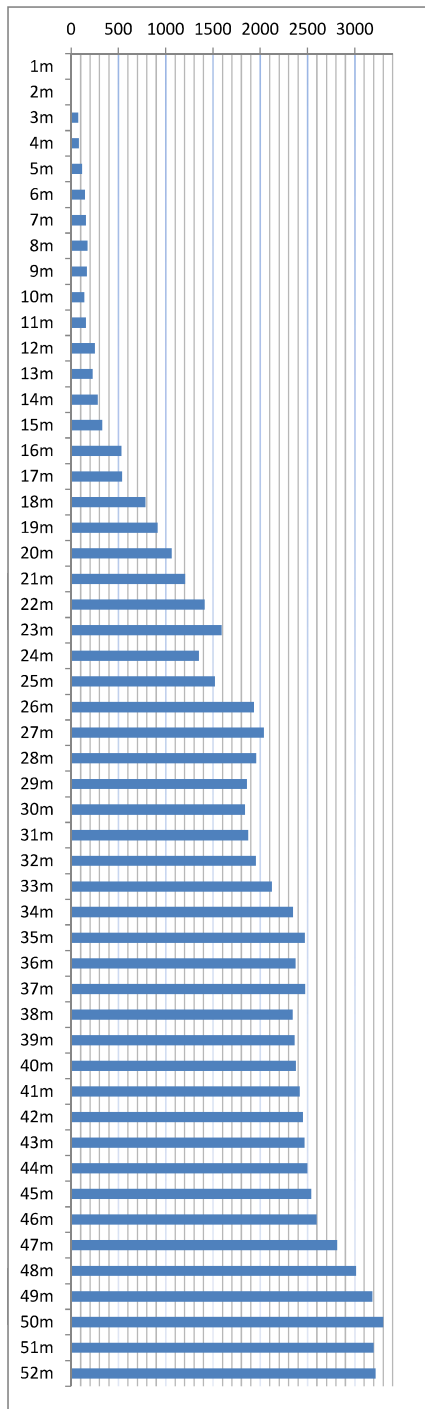


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - METÁLICA HP 250 X 85

Furo:	SPO2	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:		1 Área de ponta(m ²):	0,065		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,51		

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	113,8	4,00	35,2	74,5
4m	4	350	91,0	4,67	73,8	82,4
5m	5	350	113,8	5,00	114,1	113,9
6m	6	350	136,5	5,33	156,0	146,3
7m	5	350	113,8	5,33	198,0	155,9
8m	5	350	113,8	4,33	234,9	174,3
9m	3	350	68,3	2,67	263,4	165,8
10m	0	120	0,0	1,00	283,5	141,8
11m	0	120	0,0	2,33	310,4	155,2
12m	7	350	159,3	3,33	342,3	250,8
13m	3	350	68,3	5,33	384,2	226,2
14m	6	350	136,5	5,33	426,2	281,3
15m	7	350	159,3	11,33	498,3	328,8
16m	21	350	477,8	14,67	587,2	532,5
17m	16	350	364,0	22,67	716,4	540,2
18m	31	350	705,3	27,00	867,4	786,3
19m	34	350	773,5	34,33	1055,3	914,4
20m	38	350	864,5	37,67	1260,0	1062,3
21m	41	350	932,8	41,00	1481,5	1207,1
22m	44	350	1001,0	66,00	1828,8	1414,9
23m	47	350	1069,3	53,50	2113,2	1591,2
24m	16	350	364,0	42,00	2339,7	1351,8
25m	21	350	477,8	41,00	2561,1	1519,4
26m	45	350	1023,8	53,50	2845,5	1934,6
27m	41	350	932,8	55,50	3140,0	2036,4
28m	25	350	568,8	38,50	3348,8	1958,8
29m	11	350	250,3	21,00	3469,6	1859,9
30m	6	350	136,5	11,50	3542,6	1839,6
31m	6	350	136,5	10,50	3610,6	1873,5
32m	9	350	204,8	16,00	3706,2	1955,5
33m	17	350	386,8	27,00	3857,2	2122,0
34m	28	350	637,0	37,50	4061,1	2349,0
35m	30	350	682,5	36,00	4257,4	2469,9
36m	14	350	318,5	31,00	4428,5	2373,5
37m	18	350	409,5	19,50	4541,7	2475,6
38m	7	120	54,6	15,00	4632,3	2343,5
39m	5	120	39,0	7,50	4685,2	2362,1
40m	3	120	23,4	7,00	4735,5	2379,5
41m	6	120	46,8	8,00	4790,9	2418,8
42m	7	120	54,6	8,50	4848,8	2451,7
43m	4	120	31,2	8,00	4904,1	2467,7
44m	5	120	39,0	8,00	4959,5	2499,3
45m	7	120	54,6	10,50	5027,5	2541,0
46m	9	120	70,2	16,00	5123,1	2596,6
47m	16	350	364,0	25,00	5264,0	2814,0
48m	25	350	568,8	35,50	5457,8	3013,3
49m	30	350	682,5	43,00	5689,3	3185,9
50m	31	350	705,3	38,00	5895,7	3300,5
51m	15	350	341,3	29,50	6059,3	3200,3
52m	13	350	295,8	14,00	6144,9	3220,3

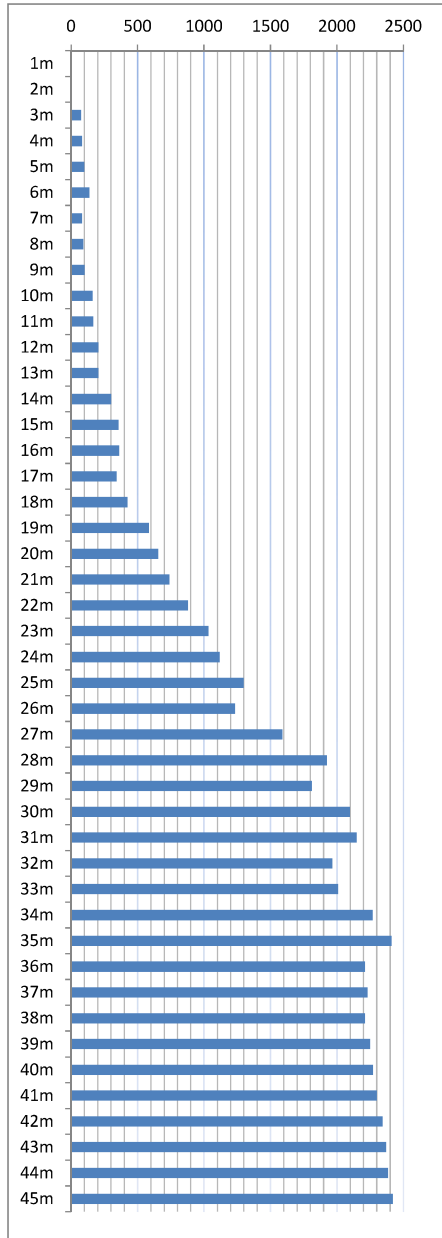


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - METÁLICA HP 250 X 85

Furo:	SPO3	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:		1 Área de ponta(m ²):	0,065		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,51		

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	113,8	4,00	35,2	74,5
4m	4	350	91,0	4,33	72,1	81,6
5m	4	350	91,0	4,67	110,7	100,9
6m	6	350	136,5	3,33	142,6	139,6
7m	0	120	0,0	2,00	167,8	83,9
8m	0	120	0,0	0,00	182,9	91,4
9m	0	120	0,0	1,33	204,7	102,3
10m	4	350	91,0	2,33	231,5	161,3
11m	3	350	68,3	4,00	266,8	167,5
12m	5	350	113,8	3,67	300,3	207,0
13m	3	350	68,3	5,67	343,9	206,1
14m	9	350	204,8	7,67	397,6	301,2
15m	11	350	250,3	9,67	461,4	355,8
16m	9	350	204,8	8,33	518,4	361,6
17m	5	350	113,8	7,67	572,1	342,9
18m	9	350	204,8	11,00	642,6	423,7
19m	19	350	432,3	16,00	738,2	585,2
20m	20	350	455,0	20,33	855,7	655,3
21m	22	350	500,5	22,33	983,2	741,8
22m	25	350	568,8	38,00	1189,5	879,1
23m	29	350	659,8	40,00	1406,0	1032,9
24m	26	350	591,5	44,00	1642,5	1117,0
25m	33	350	750,8	38,00	1848,9	1299,8
26m	17	350	386,8	43,00	2080,4	1233,6
27m	36	350	819,0	52,50	2359,8	1589,4
28m	52	350	1183,0	58,00	2666,8	1924,9
29m	28	350	637,0	60,50	2986,4	1811,7
30m	41	350	932,8	52,00	3263,3	2098,0
31m	35	350	796,3	44,00	3499,8	2148,0
32m	12	350	273,0	28,50	3658,4	1965,7
33m	10	350	227,5	23,50	3791,8	2009,6
34m	25	350	568,8	32,50	3970,5	2269,6
35m	30	350	682,5	31,00	4141,6	2412,0
36m	7	350	159,3	21,50	4264,9	2212,1
37m	6	350	136,5	9,00	4325,3	2230,9
38m	5	120	39,0	9,00	4385,7	2212,4
39m	7	120	54,6	8,50	4443,6	2249,1
40m	5	120	39,0	8,50	4501,5	2270,2
41m	5	120	39,0	9,00	4561,9	2300,4
42m	8	120	62,4	10,00	4627,3	2344,9
43m	7	120	54,6	9,00	4687,7	2371,2
44m	3	120	23,4	8,50	4745,6	2384,5
45m	7	120	54,6	5,00	4785,9	2420,2



CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - METÁLICA HP 250 X 85

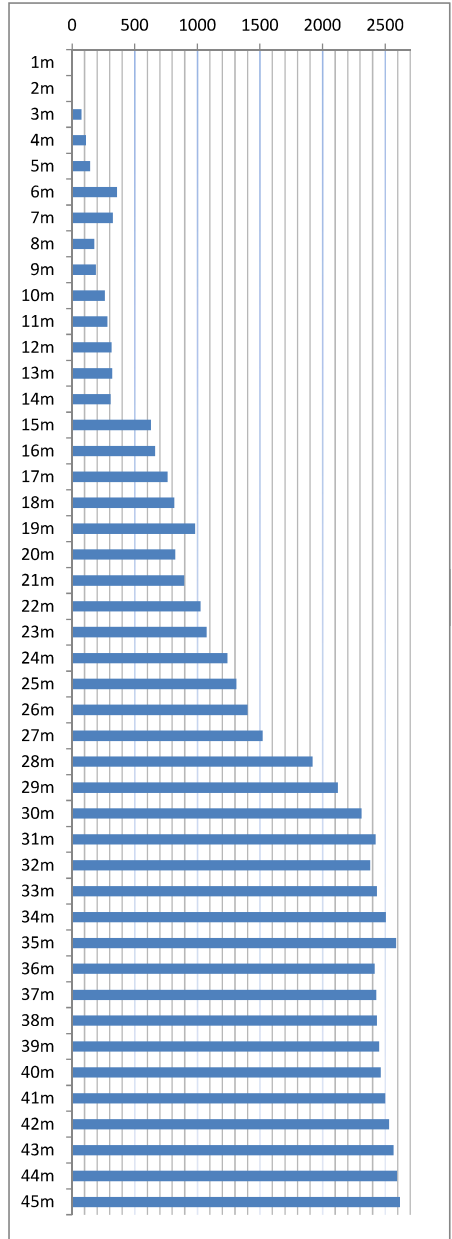
Furo: SP04 α : 1 β : 1

Tipo de Estaca: 1 Área de ponta(m²): 0,065

F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,51

Tipo de estaca	α	β
1 Metálica	1	1
2 Pré-moldada	1	1
3 Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	113,8	4,67	38,6	76,2
4m	6	350	136,5	5,67	82,2	109,4
5m	6	350	136,5	11,00	152,7	144,6
6m	21	350	477,8	14,00	238,2	358,0
7m	15	350	341,3	12,00	313,7	327,5
8m	0	120	0,0	5,00	354,0	177,0
9m	0	120	0,0	1,67	377,5	188,8
10m	5	350	113,8	3,33	409,4	261,6
11m	5	350	113,8	5,33	451,3	282,5
12m	6	350	136,5	5,33	493,3	314,9
13m	5	350	113,8	4,00	528,5	321,1
14m	1	350	22,8	10,33	595,6	309,2
15m	25	350	568,8	16,00	691,2	630,0
16m	22	350	500,5	24,00	827,1	663,8
17m	25	350	568,8	23,33	959,7	764,2
18m	23	350	523,3	26,67	1109,0	816,1
19m	32	350	728,0	22,67	1238,2	983,1
20m	13	350	295,8	20,00	1354,0	824,9
21m	15	350	341,3	16,00	1449,6	895,4
22m	20	350	455,0	26,00	1595,6	1025,3
23m	17	350	386,8	30,50	1764,2	1075,5
24m	24	350	546,0	31,50	1937,8	1241,9
25m	22	350	500,5	34,00	2124,1	1312,3
26m	22	350	500,5	33,00	2305,3	1402,9
27m	22	350	500,5	44,00	2541,8	1521,2
28m	44	350	1001,0	56,00	2838,8	1919,9
29m	46	350	1046,5	68,50	3198,7	2122,6
30m	47	350	1069,3	68,00	3556,1	2312,7
31m	43	350	978,3	59,00	3868,1	2423,2
32m	28	350	637,0	47,50	4122,3	2379,7
33m	24	350	546,0	37,00	4323,6	2434,8
34m	22	350	500,5	34,50	4512,4	2506,4
35m	23	350	523,3	24,50	4650,8	2587,0
36m	4	350	91,0	15,00	4741,4	2416,2
37m	3	350	68,3	6,00	4786,7	2427,5
38m	5	120	39,0	6,00	4832,0	2435,5
39m	4	120	31,2	5,50	4874,8	2453,0
40m	2	120	15,6	5,50	4917,6	2466,6
41m	5	120	39,0	6,00	4962,9	2500,9
42m	5	120	39,0	8,50	5020,8	2529,9
43m	7	120	54,6	9,00	5081,2	2567,9
44m	6	120	46,8	9,50	5144,1	2595,4
45m	6	120	46,8	6,00	5189,4	2618,1

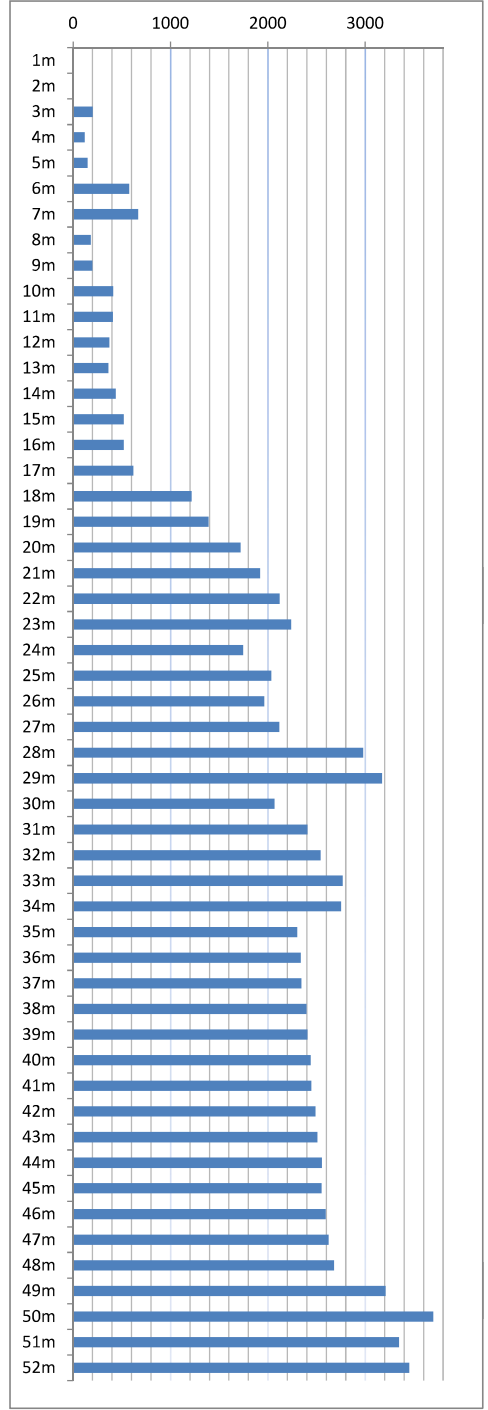


CAPACIDADE DE CARGA-DÉCOURT-QUARESM -CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

Furo:	SP01	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:		2 Área de ponta(m²):		0,160	
F.S.:	2,0	Área Lateral(m²):		1,60	

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	320	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	6	320	0,0	4,33	0,0	0,0
3m	7	320	358,4	5,33	44,4	201,4
4m	3	320	153,6	4,33	83,6	118,6
5m	3	320	153,6	8,00	142,2	147,9
6m	18	320	921,6	13,67	231,1	576,4
7m	20	320	1024,0	12,67	314,7	669,3
8m	0	120	0,0	6,67	366,2	183,1
9m	0	120	0,0	2,33	394,7	197,3
10m	7	350	392,0	4,33	433,8	412,9
11m	6	350	336,0	5,67	480,0	408,0
12m	4	350	224,0	4,33	519,1	371,6
13m	3	350	168,0	4,00	556,4	362,2
14m	5	350	280,0	5,00	599,1	439,6
15m	7	350	392,0	6,00	647,1	519,6
16m	6	350	336,0	7,00	700,4	518,2
17m	8	350	448,0	13,67	789,3	618,7
18m	27	350	1512,0	21,67	920,9	1216,4
19m	30	350	1680,0	31,67	1105,8	1392,9
20m	38	350	2128,0	36,33	1315,6	1721,8
21m	41	350	2296,0	40,33	1546,7	1921,3
22m	42	350	2352,0	62,00	1893,3	2122,7
23m	41	350	2296,0	51,00	2181,3	2238,7
24m	19	350	1064,0	43,00	2426,7	1745,3
25m	26	350	1456,0	32,50	2616,0	2036,0
26m	20	350	1120,0	33,50	2810,7	1965,3
27m	21	350	1176,0	43,50	3058,7	2117,3
28m	46	350	2576,0	57,50	3381,3	2978,7
29m	48	350	2688,0	49,50	3661,3	3174,7
30m	5	350	280,0	34,00	3858,7	2069,3
31m	15	350	840,0	18,50	3973,3	2406,7
32m	17	350	952,0	27,00	4133,3	2542,7
33m	22	350	1232,0	29,00	4304,0	2768,0
34m	19	350	1064,0	22,50	4440,0	2752,0
35m	4	120	76,8	14,00	4530,7	2303,7
36m	5	120	96,0	6,00	4578,7	2337,3
37m	3	120	57,6	7,00	4632,0	2344,8
38m	6	120	115,2	6,50	4682,7	2398,9
39m	4	120	76,8	7,50	4738,7	2407,7
40m	5	120	96,0	6,00	4786,7	2441,3
41m	3	120	57,6	6,50	4837,3	2447,5
42m	5	120	96,0	6,00	4885,3	2490,7
43m	4	120	76,8	7,50	4941,3	2509,1
44m	6	120	115,2	6,50	4992,0	2553,6
45m	3	120	57,6	7,00	5045,3	2551,5
46m	5	120	96,0	6,50	5096,0	2596,0
47m	5	120	96,0	8,00	5154,7	2625,3
48m	6	120	115,2	14,50	5248,0	2681,6
49m	18	350	1008,0	28,00	5413,3	3210,7
50m	32	350	1792,0	33,00	5605,3	3698,7
51m	16	350	896,0	33,00	5797,3	3346,7
52m	18	350	1008,0	17,00	5904,0	3456,0

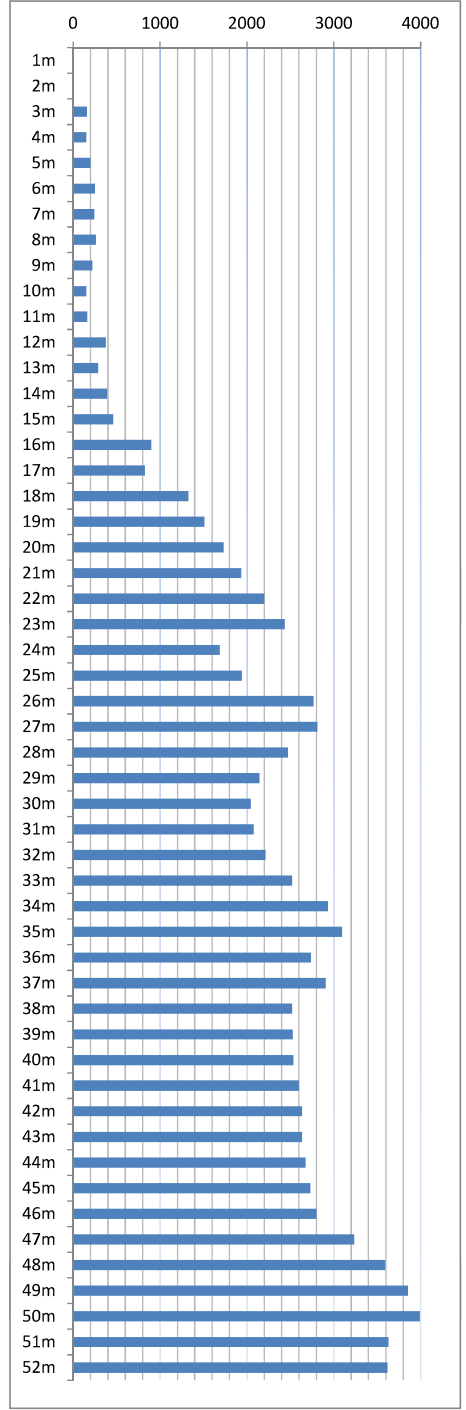


CAPACIDADE DE CARGA-DÉCOURT-QUARESMA-CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

Furo:	SPO2	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:		2 Área de ponta(m²):	0,160		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m²):	1,60		

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	280,0	4,00	37,3	158,7
4m	4	350	224,0	4,67	78,2	151,1
5m	5	350	280,0	5,00	120,9	200,4
6m	6	350	336,0	5,33	165,3	250,7
7m	5	350	280,0	5,33	209,8	244,9
8m	5	350	280,0	4,33	248,9	264,4
9m	3	350	168,0	2,67	279,1	223,6
10m	0	120	0,0	1,00	300,4	150,2
11m	0	120	0,0	2,33	328,9	164,4
12m	7	350	392,0	3,33	362,7	377,3
13m	3	350	168,0	5,33	407,1	287,6
14m	6	350	336,0	5,33	451,6	393,8
15m	7	350	392,0	11,33	528,0	460,0
16m	21	350	1176,0	14,67	622,2	899,1
17m	16	350	896,0	22,67	759,1	827,6
18m	31	350	1736,0	27,00	919,1	1327,6
19m	34	350	1904,0	34,33	1118,2	1511,1
20m	38	350	2128,0	37,67	1335,1	1731,6
21m	41	350	2296,0	41,00	1569,8	1932,9
22m	44	350	2464,0	66,00	1937,8	2200,9
23m	47	350	2632,0	53,50	2239,1	2435,6
24m	16	350	896,0	42,00	2479,1	1687,6
25m	21	350	1176,0	41,00	2713,8	1944,9
26m	45	350	2520,0	53,50	3015,1	2767,6
27m	41	350	2296,0	55,50	3327,1	2811,6
28m	25	350	1400,0	38,50	3548,4	2474,2
29m	11	350	616,0	21,00	3676,4	2146,2
30m	6	350	336,0	11,50	3753,8	2044,9
31m	6	350	336,0	10,50	3825,8	2080,9
32m	9	350	504,0	16,00	3927,1	2215,6
33m	17	350	952,0	27,00	4087,1	2519,6
34m	28	350	1568,0	37,50	4303,1	2935,6
35m	30	350	1680,0	36,00	4511,1	3095,6
36m	14	350	784,0	31,00	4692,4	2738,2
37m	18	350	1008,0	19,50	4812,4	2910,2
38m	7	120	134,4	15,00	4908,4	2521,4
39m	5	120	96,0	7,50	4964,4	2530,2
40m	3	120	57,6	7,00	5017,8	2537,7
41m	6	120	115,2	8,00	5076,4	2595,8
42m	7	120	134,4	8,50	5137,8	2636,1
43m	4	120	76,8	8,00	5196,4	2636,6
44m	5	120	96,0	8,00	5255,1	2675,6
45m	7	120	134,4	10,50	5327,1	2730,8
46m	9	120	172,8	16,00	5428,4	2800,6
47m	16	350	896,0	25,00	5577,8	3236,9
48m	25	350	1400,0	35,50	5783,1	3591,6
49m	30	350	1680,0	43,00	6028,4	3854,2
50m	31	350	1736,0	38,00	6247,1	3991,6
51m	15	350	840,0	29,50	6420,4	3630,2
52m	13	350	728,0	14,00	6511,1	3619,6

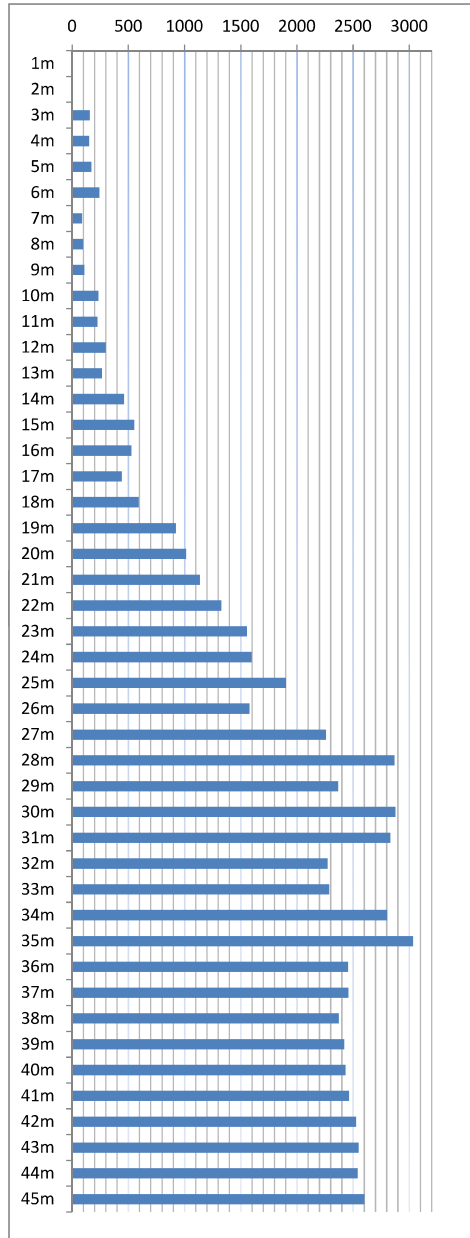


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - CONCRETO PRONTENDIDO 400 X 400

Furo: SPO3	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:	2 Área de ponta(m ²):	0,160		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,60	

Tipo de estaca	α	β
1 Metálica	1	1
2 Pré-moldada	1	1
3 Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	280,0	4,00	37,3	158,7
4m	4	350	224,0	4,33	76,4	150,2
5m	4	350	224,0	4,67	117,3	170,7
6m	6	350	336,0	3,33	151,1	243,6
7m	0	120	0,0	2,00	177,8	88,9
8m	0	120	0,0	0,00	193,8	96,9
9m	0	120	0,0	1,33	216,9	108,4
10m	4	350	224,0	2,33	245,3	234,7
11m	3	350	168,0	4,00	282,7	225,3
12m	5	350	280,0	3,67	318,2	299,1
13m	3	350	168,0	5,67	364,4	266,2
14m	9	350	504,0	7,67	421,3	462,7
15m	11	350	616,0	9,67	488,9	552,4
16m	9	350	504,0	8,33	549,3	526,7
17m	5	350	280,0	7,67	606,2	443,1
18m	9	350	504,0	11,00	680,9	592,4
19m	19	350	1064,0	16,00	782,2	923,1
20m	20	350	1120,0	20,33	906,7	1013,3
21m	22	350	1232,0	22,33	1041,8	1136,9
22m	25	350	1400,0	38,00	1260,4	1330,2
23m	29	350	1624,0	40,00	1489,8	1556,9
24m	26	350	1456,0	44,00	1740,4	1598,2
25m	33	350	1848,0	38,00	1959,1	1903,6
26m	17	350	952,0	43,00	2204,4	1578,2
27m	36	350	2016,0	52,50	2500,4	2258,2
28m	52	350	2912,0	58,00	2825,8	2868,9
29m	28	350	1568,0	60,50	3164,4	2366,2
30m	41	350	2296,0	52,00	3457,8	2876,9
31m	35	350	1960,0	44,00	3708,4	2834,2
32m	12	350	672,0	28,50	3876,4	2274,2
33m	10	350	560,0	23,50	4017,8	2288,9
34m	25	350	1400,0	32,50	4207,1	2803,6
35m	30	350	1680,0	31,00	4388,4	3034,2
36m	7	350	392,0	21,50	4519,1	2455,6
37m	6	350	336,0	9,00	4583,1	2459,6
38m	5	120	96,0	9,00	4647,1	2371,6
39m	7	120	134,4	8,50	4708,4	2421,4
40m	5	120	96,0	8,50	4769,8	2432,9
41m	5	120	96,0	9,00	4833,8	2464,9
42m	8	120	153,6	10,00	4903,1	2528,4
43m	7	120	134,4	9,00	4967,1	2550,8
44m	3	120	57,6	8,50	5028,4	2543,0
45m	7	120	134,4	5,00	5071,1	2602,8

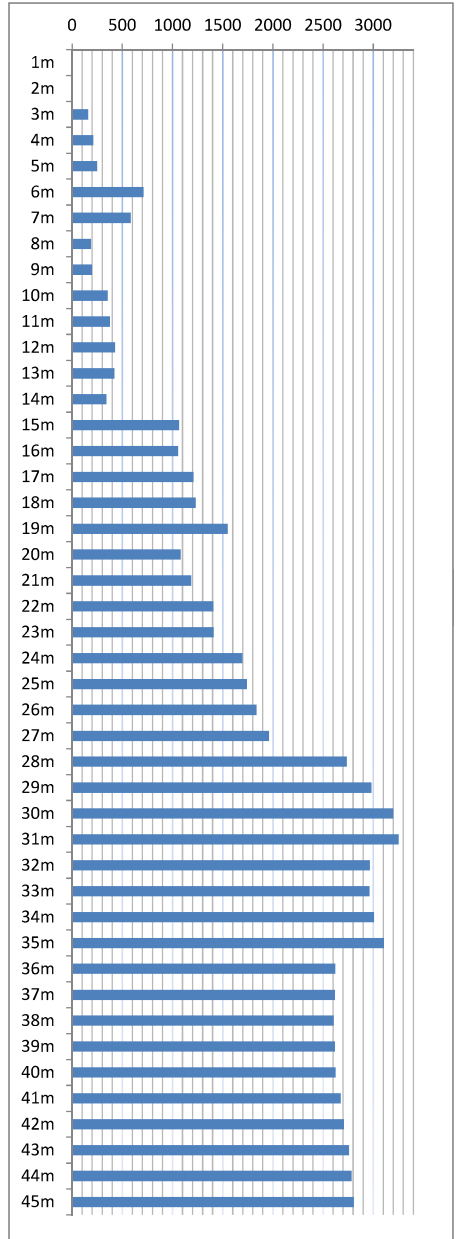


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - CONCRETO PROTENDIDO 400 X 400

Furo:	SP04	α :	1	β :	1
Tipo de Estaca:	2	Área de ponta(m ²):	0,160		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,60		

Tipo de estaca	α	β
1 Metálica	1	1
2 Pré-moldada	1	1
3 Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	280,0	4,67	40,9	160,4
4m	6	350	336,0	5,67	87,1	211,6
5m	6	350	336,0	11,00	161,8	248,9
6m	21	350	1176,0	14,00	252,4	714,2
7m	15	350	840,0	12,00	332,4	586,2
8m	0	120	0,0	5,00	375,1	187,6
9m	0	120	0,0	1,67	400,0	200,0
10m	5	350	280,0	3,33	433,8	356,9
11m	5	350	280,0	5,33	478,2	379,1
12m	6	350	336,0	5,33	522,7	429,3
13m	5	350	280,0	4,00	560,0	420,0
14m	1	350	56,0	10,33	631,1	343,6
15m	25	350	1400,0	16,00	732,4	1066,2
16m	22	350	1232,0	24,00	876,4	1054,2
17m	25	350	1400,0	23,33	1016,9	1208,4
18m	23	350	1288,0	26,67	1175,1	1231,6
19m	32	350	1792,0	22,67	1312,0	1552,0
20m	13	350	728,0	20,00	1434,7	1081,3
21m	15	350	840,0	16,00	1536,0	1188,0
22m	20	350	1120,0	26,00	1690,7	1405,3
23m	17	350	952,0	30,50	1869,3	1410,7
24m	24	350	1344,0	31,50	2053,3	1698,7
25m	22	350	1232,0	34,00	2250,7	1741,3
26m	22	350	1232,0	33,00	2442,7	1837,3
27m	22	350	1232,0	44,00	2693,3	1962,7
28m	44	350	2464,0	56,00	3008,0	2736,0
29m	46	350	2576,0	68,50	3389,3	2982,7
30m	47	350	2632,0	68,00	3768,0	3200,0
31m	43	350	2408,0	59,00	4098,7	3253,3
32m	28	350	1568,0	47,50	4368,0	2968,0
33m	24	350	1344,0	37,00	4581,3	2962,7
34m	22	350	1232,0	34,50	4781,3	3006,7
35m	23	350	1288,0	24,50	4928,0	3108,0
36m	4	350	224,0	15,00	5024,0	2624,0
37m	3	350	168,0	6,00	5072,0	2620,0
38m	5	120	96,0	6,00	5120,0	2608,0
39m	4	120	76,8	5,50	5165,3	2621,1
40m	2	120	38,4	5,50	5210,7	2624,5
41m	5	120	96,0	6,00	5258,7	2677,3
42m	5	120	96,0	8,50	5320,0	2708,0
43m	7	120	134,4	9,00	5384,0	2759,2
44m	6	120	115,2	9,50	5450,7	2782,9
45m	6	120	115,2	6,00	5498,7	2806,9

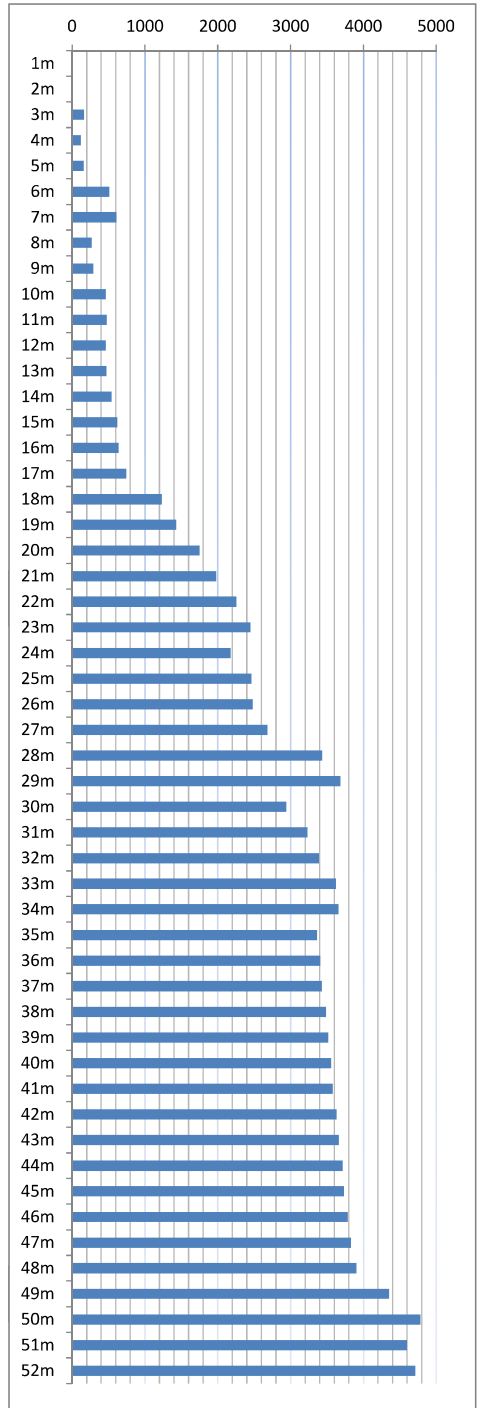


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - ESTACA RAZI DIAMETRO 500mm

Furo:	SP01	α :	0,6	β :	1,5
Tipo de Estaca:	3		Área de ponta(m ²):	0,196	
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):		1,57	

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	320	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	6	320	0,0	4,33	0,0	0,0
3m	7	320	263,4	5,33	65,4	164,4
4m	3	320	112,9	4,33	123,0	117,9
5m	3	320	112,9	8,00	209,3	161,1
6m	18	320	677,4	13,67	340,2	508,8
7m	20	320	752,6	12,67	463,2	607,9
8m	0	120	0,0	6,67	539,0	269,5
9m	0	120	0,0	2,33	580,9	290,5
10m	7	350	288,1	4,33	638,5	463,3
11m	6	350	247,0	5,67	706,5	476,7
12m	4	350	164,6	4,33	764,1	464,4
13m	3	350	123,5	4,00	819,0	471,2
14m	5	350	205,8	5,00	881,8	543,8
15m	7	350	288,1	6,00	952,5	620,3
16m	6	350	247,0	7,00	1031,0	639,0
17m	8	350	329,3	13,67	1161,8	745,5
18m	27	350	1111,3	21,67	1355,4	1233,4
19m	30	350	1234,8	31,67	1627,6	1431,2
20m	38	350	1564,1	36,33	1936,3	1750,2
21m	41	350	1687,6	40,33	2276,5	1982,0
22m	42	350	1728,7	62,00	2786,8	2257,7
23m	41	350	1687,6	51,00	3210,7	2449,1
24m	19	350	782,0	43,00	3571,8	2176,9
25m	26	350	1070,2	32,50	3850,4	2460,3
26m	20	350	823,2	33,50	4137,0	2480,1
27m	21	350	864,4	43,50	4502,0	2683,2
28m	46	350	1893,4	57,50	4976,9	3435,1
29m	48	350	1975,7	49,50	5389,0	3682,4
30m	5	350	205,8	34,00	5679,5	2942,6
31m	15	350	617,4	18,50	5848,3	3232,8
32m	17	350	699,7	27,00	6083,8	3391,7
33m	22	350	905,5	29,00	6335,0	3620,2
34m	19	350	782,0	22,50	6535,1	3658,6
35m	4	120	56,4	14,00	6668,6	3362,5
36m	5	120	70,6	6,00	6739,2	3404,9
37m	3	120	42,3	7,00	6817,7	3430,0
38m	6	120	84,7	6,50	6892,3	3488,5
39m	4	120	56,4	7,50	6974,7	3515,6
40m	5	120	70,6	6,00	7045,4	3558,0
41m	3	120	42,3	6,50	7120,0	3581,1
42m	5	120	70,6	6,00	7190,6	3630,6
43m	4	120	56,4	7,50	7273,0	3664,7
44m	6	120	84,7	6,50	7347,6	3716,1
45m	3	120	42,3	7,00	7426,1	3734,2
46m	5	120	70,6	6,50	7500,7	3785,6
47m	5	120	70,6	8,00	7587,0	3828,8
48m	6	120	84,7	14,50	7724,4	3904,5
49m	18	350	740,9	28,00	7967,8	4354,3
50m	32	350	1317,1	33,00	8250,4	4783,7
51m	16	350	658,6	33,00	8533,0	4595,8
52m	18	350	740,9	17,00	8690,0	4715,4

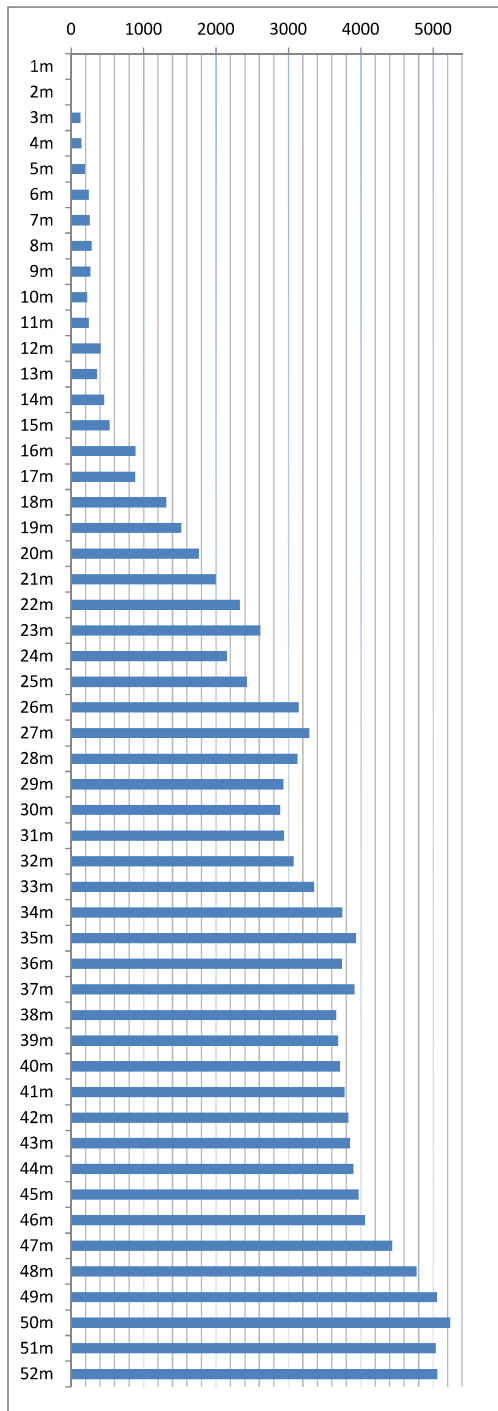


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - ESTACA RAIZ DIAMETRO 500mm

Furo:	SPO2	α :	0,6	β :	1,5
Tipo de Estaca:	3	Área de ponta(m ²):	0,196		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,57		

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	205,8	4,00	55,0	130,4
4m	4	350	164,6	4,67	115,1	139,9
5m	5	350	205,8	5,00	177,9	191,9
6m	6	350	247,0	5,33	243,4	245,2
7m	5	350	205,8	5,33	308,8	257,3
8m	5	350	205,8	4,33	366,3	286,1
9m	3	350	123,5	2,67	410,8	267,1
10m	0	120	0,0	1,00	442,2	221,1
11m	0	120	0,0	2,33	484,1	242,0
12m	7	350	288,1	3,33	533,8	411,0
13m	3	350	123,5	5,33	599,2	361,3
14m	6	350	247,0	5,33	664,6	455,8
15m	7	350	288,1	11,33	777,2	532,6
16m	21	350	864,4	14,67	915,8	890,1
17m	16	350	658,6	22,67	1117,3	887,9
18m	31	350	1276,0	27,00	1352,8	1314,4
19m	34	350	1399,4	34,33	1645,9	1522,7
20m	38	350	1564,1	37,67	1965,1	1764,6
21m	41	350	1687,6	41,00	2310,5	1999,0
22m	44	350	1811,0	66,00	2852,2	2331,6
23m	47	350	1934,5	53,50	3295,7	2615,1
24m	16	350	658,6	42,00	3648,9	2153,8
25m	21	350	864,4	41,00	3994,3	2429,4
26m	45	350	1852,2	53,50	4437,9	3145,0
27m	41	350	1687,6	55,50	4897,1	3292,3
28m	25	350	1029,0	38,50	5222,9	3125,9
29m	11	350	452,8	21,00	5411,3	2932,0
30m	6	350	247,0	11,50	5525,1	2886,0
31m	6	350	247,0	10,50	5631,1	2939,0
32m	9	350	370,4	16,00	5780,2	3075,3
33m	17	350	699,7	27,00	6015,7	3357,7
34m	28	350	1152,5	37,50	6333,6	3743,1
35m	30	350	1234,8	36,00	6639,8	3937,3
36m	14	350	576,2	31,00	6906,7	3741,5
37m	18	350	740,9	19,50	7083,3	3912,1
38m	7	120	98,8	15,00	7224,6	3661,7
39m	5	120	70,6	7,50	7307,0	3688,8
40m	3	120	42,3	7,00	7385,5	3713,9
41m	6	120	84,7	8,00	7471,9	3778,3
42m	7	120	98,8	8,50	7562,2	3830,5
43m	4	120	56,4	8,00	7648,5	3852,5
44m	5	120	70,6	8,00	7734,9	3902,7
45m	7	120	98,8	10,50	7840,8	3969,8
46m	9	120	127,0	16,00	7990,0	4058,5
47m	16	350	658,6	25,00	8209,8	4434,2
48m	25	350	1029,0	35,50	8512,0	4770,5
49m	30	350	1234,8	43,00	8873,1	5054,0
50m	31	350	1276,0	38,00	9195,0	5235,5
51m	15	350	617,4	29,50	9450,1	5033,7
52m	13	350	535,1	14,00	9583,5	5059,3

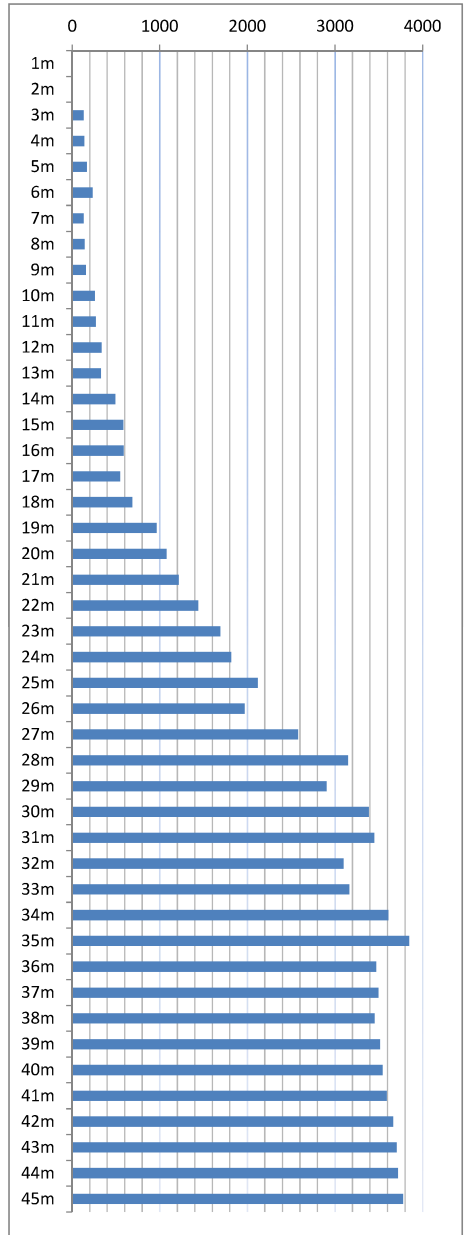


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - ESTACA RAZI DIAMETRO 500mm

Furo: SPO3 2,0 α : 0,6 β : 1,5
 Tipo de Estaca: 3 Área de ponta(m²): 0,196
 F.S.: 2,0 Área Lateral(m²): 1,57

	Tipo de estaca	α	β
1	Metálica	1	1
2	Pré-moldada	1	1
3	Raiz	0,6	2

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	205,8	4,00	55,0	130,4
4m	4	350	164,6	4,33	112,5	138,6
5m	4	350	164,6	4,67	172,7	168,7
6m	6	350	247,0	3,33	222,4	234,7
7m	0	120	0,0	2,00	261,7	130,8
8m	0	120	0,0	0,00	285,2	142,6
9m	0	120	0,0	1,33	319,2	159,6
10m	4	350	164,6	2,33	361,1	262,9
11m	3	350	123,5	4,00	416,1	269,8
12m	5	350	205,8	3,67	468,4	337,1
13m	3	350	123,5	5,67	536,4	329,9
14m	9	350	370,4	7,67	620,2	495,3
15m	11	350	452,8	9,67	719,6	586,2
16m	9	350	370,4	8,33	808,6	589,5
17m	5	350	205,8	7,67	892,3	549,0
18m	9	350	370,4	11,00	1002,2	686,3
19m	19	350	782,0	16,00	1151,3	966,7
20m	20	350	823,2	20,33	1334,5	1078,9
21m	22	350	905,5	22,33	1533,4	1219,4
22m	25	350	1029,0	38,00	1855,2	1442,1
23m	29	350	1193,6	40,00	2192,8	1693,2
24m	26	350	1070,2	44,00	2561,7	1815,9
25m	33	350	1358,3	38,00	2883,6	2120,9
26m	17	350	699,7	43,00	3244,7	1972,2
27m	36	350	1481,8	52,50	3680,3	2581,1
28m	52	350	2140,3	58,00	4159,2	3149,8
29m	28	350	1152,5	60,50	4657,7	2905,1
30m	41	350	1687,6	52,00	5089,4	3388,5
31m	35	350	1440,6	44,00	5458,4	3449,5
32m	12	350	493,9	28,50	5705,6	3099,8
33m	10	350	411,6	23,50	5913,7	3162,6
34m	25	350	1029,0	32,50	6192,3	3610,7
35m	30	350	1234,8	31,00	6459,2	3847,0
36m	7	350	288,1	21,50	6651,6	3469,8
37m	6	350	247,0	9,00	6745,8	3496,4
38m	5	120	70,6	9,00	6840,0	3455,3
39m	7	120	98,8	8,50	6930,2	3514,5
40m	5	120	70,6	8,50	7020,5	3545,5
41m	5	120	70,6	9,00	7114,7	3592,6
42m	8	120	112,9	10,00	7216,8	3664,8
43m	7	120	98,8	9,00	7311,0	3704,9
44m	3	120	42,3	8,50	7401,2	3721,8
45m	7	120	98,8	5,00	7464,0	3781,4

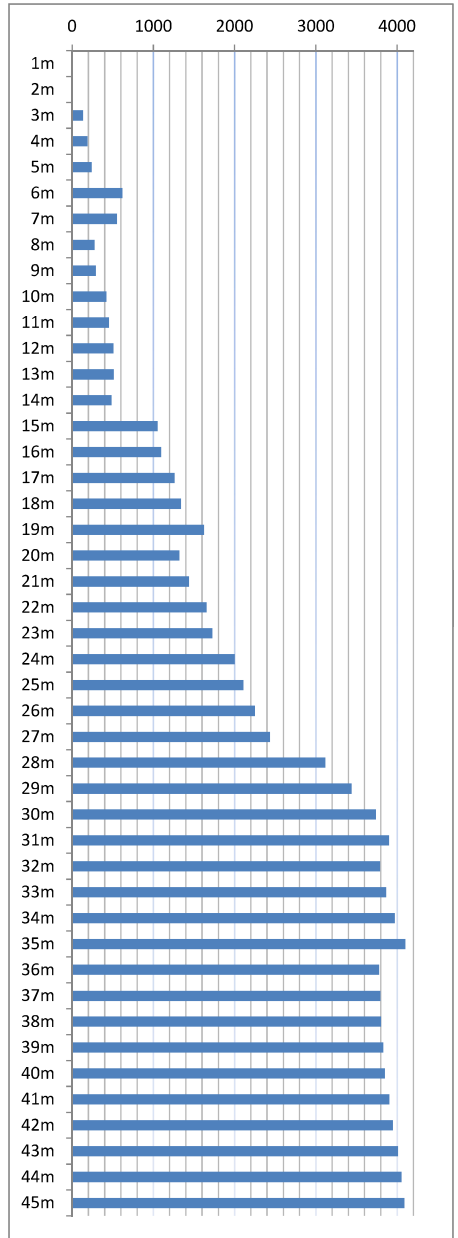


CAPACIDADE DE CARGA - DÉCOURT-QUARESMA - ESTACA RAIZ DIAMETRO 500mm

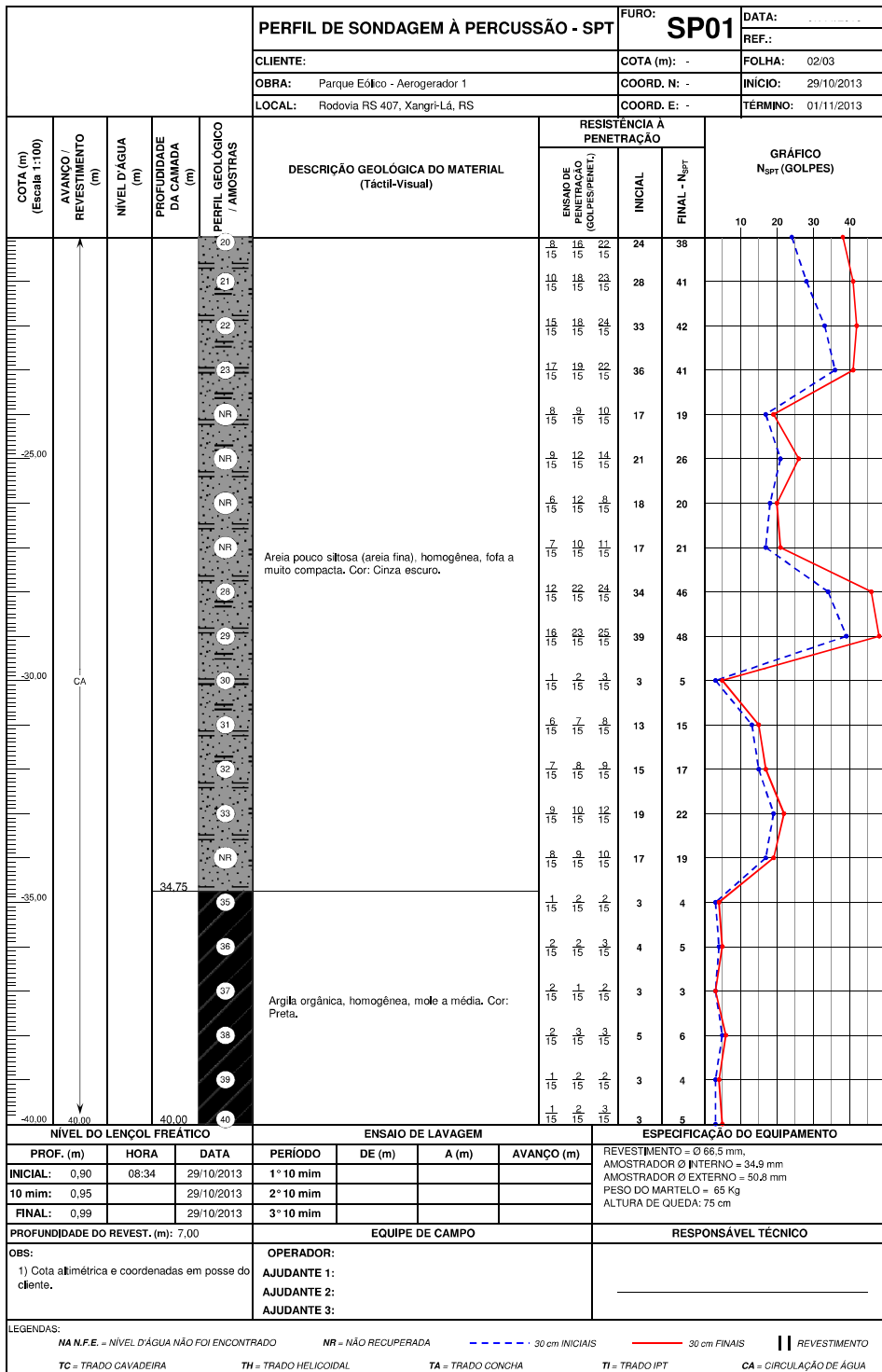
Furo:	SP04	α :	0,6	β :	1,5
Tipo de Estaca:	3	Área de ponta(m ²):	0,196		
F.S.:	2,0	Área Lateral(m ²):	1,57		

Tipo de estaca	α	β
1 Metálica	1	1
2 Pré-moldada	1	1
3 Raiz	0,6	1,5

Prof.	N _{SPT}	C (kPa)	R _p (kN)	N _L	R _L (kN)	R _{ADM} (kN)
1m	0	350	0,0	0,0	0,0	0,0
2m	3	350	0,0	2,67	0,0	0,0
3m	5	350	205,8	4,67	60,2	133,0
4m	6	350	247,0	5,67	128,2	187,6
5m	6	350	247,0	11,00	238,1	242,5
6m	21	350	864,4	14,00	371,6	618,0
7m	15	350	617,4	12,00	489,3	553,4
8m	0	120	0,0	5,00	552,1	276,1
9m	0	120	0,0	1,67	588,8	294,4
10m	5	350	205,8	3,33	638,5	422,1
11m	5	350	205,8	5,33	703,9	454,8
12m	6	350	247,0	5,33	769,3	508,1
13m	5	350	205,8	4,00	824,3	515,0
14m	1	350	41,2	10,33	928,9	485,0
15m	25	350	1029,0	16,00	1078,1	1053,5
16m	22	350	905,5	24,00	1290,0	1097,8
17m	25	350	1029,0	23,33	1496,7	1262,9
18m	23	350	946,7	26,67	1729,6	1338,1
19m	32	350	1317,1	22,67	1931,1	1624,1
20m	13	350	535,1	20,00	2111,7	1323,4
21m	15	350	617,4	16,00	2260,8	1439,1
22m	20	350	823,2	26,00	2488,5	1655,8
23m	17	350	699,7	30,50	2751,4	1725,6
24m	24	350	987,8	31,50	3022,3	2005,0
25m	22	350	905,5	34,00	3312,7	2109,1
26m	22	350	905,5	33,00	3595,3	2250,4
27m	22	350	905,5	44,00	3964,3	2434,9
28m	44	350	1811,0	56,00	4427,4	3119,2
29m	46	350	1893,4	68,50	4988,7	3441,0
30m	47	350	1934,5	68,00	5546,0	3740,3
31m	43	350	1769,9	59,00	6032,7	3901,3
32m	28	350	1152,5	47,50	6429,2	3790,8
33m	24	350	987,8	37,00	6743,2	3865,5
34m	22	350	905,5	34,50	7037,5	3971,5
35m	23	350	946,7	24,50	7253,4	4100,0
36m	4	350	164,6	15,00	7394,7	3779,7
37m	3	350	123,5	6,00	7465,4	3794,4
38m	5	120	70,6	6,00	7536,0	3803,3
39m	4	120	56,4	5,50	7602,7	3829,6
40m	2	120	28,2	5,50	7669,5	3848,8
41m	5	120	70,6	6,00	7740,1	3905,3
42m	5	120	70,6	8,50	7830,4	3950,5
43m	7	120	98,8	9,00	7924,6	4011,7
44m	6	120	84,7	9,50	8022,7	4053,7
45m	6	120	84,7	6,00	8093,4	4089,0



					PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP01	DATA:										
					CLIENTE:	COTA (m): -		REF.:	FOLHA: 01/03										
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO: 29/10/2013											
					LOCAL: Rodovia RS 407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TÉRMINO: 01/11/2013											
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)										
						ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PEL)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40							
	0,85	0,90		00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				01		1 15	2 15	2 15	3	4									
				02		2 15	2 15	3 15	5	6									
				03		2 15	2 15	4 15	5	7									
				04	Areia siltosa (areia fina), homogênea, fofa a compacta. Cor: Cinza escuro.	2 15	2 15	1 15	4	3									
				05		1 15	2 15	1 15	3	3									
				06		7 15	8 15	10 15	15	18									
				07		8 15	8 15	11 15	17	20									
			7,80	08		P 65	-	-	-	-									
				09	Argila orgânica, homogênea, muito mole. Cor: Preta.	P 80	-	-	-	-									
			9,65	10		2 15	2 15	4 15	5	7									
				11		2 15	2 15	3 15	5	6									
				12		1 15	2 15	2 15	3	4									
				13		2 15	1 15	2 15	3	3									
				NR		1 15	2 15	3 15	3	5									
				15	Areia pouco siltosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta. Cor: Cinza escuro.	2 15	2 15	4 15	5	7									
				16		2 15	3 15	3 15	5	6									
				17		3 15	4 15	4 15	7	8									
				18		10 15	12 15	15 15	22	27									
				19		11 15	13 15	17 15	24	30									
				20		8 15	16 15	15 15	24	38									
				20															
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO					ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO											
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm												
INICIAL: 0,90	08:34	29/10/2013	1° 10 mmm																
10 mm: 0,95		29/10/2013	2° 10 mmm																
FINAL: 0,99		29/10/2013	3° 10 mmm																
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 7,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO												
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR:																
			AJUDANTE 1:																
			AJUDANTE 2:																
			AJUDANTE 3:																
LEGENDAS:																			
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			NR = NÃO RECUPERADA		--- 30 cm INICIAIS		— 30 cm FINAIS		REVESTIMENTO										
TC = TRADO CAVADEIRA		TH = TRADO HELICOIDAL		TA = TRADO CONCHA		TI = TRADO IPT		CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA											



			PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP01	DATA:					
			CLIENTE:	COTA (m): -			REF.:					
			OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -			INÍCIO: 29/10/2013					
			LOCAL: Rodovia RS 407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -			TÉRMINO: 01/11/2013					
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)				
						ENSAAO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40
				40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52	Argila orgânica, homogênea, mole a média, Cor: Preta. Areia pouco siltyosa (areia fina), homogênea, medianamente compacta a compacta. Cor: Cinza escuro. POR ORDEM DO(A) CONTRATANTE, A PERFURAÇÃO FOI PARALISADA NA PROFUNDIDADE DE 52.45m.	$\frac{1}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{3}{15}$	3	5				
						$\frac{1}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{1}{15}$	3	3				
						$\frac{2}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{3}{15}$	4	5				
						$\frac{3}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{2}{15}$	5	4				
						$\frac{3}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{4}{15}$	5	6				
						$\frac{2}{15}$ $\frac{1}{15}$ $\frac{2}{15}$	3	3				
						$\frac{1}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{3}{15}$	3	5				
						$\frac{2}{15}$ $\frac{2}{15}$ $\frac{3}{15}$	4	5				
						$\frac{2}{15}$ $\frac{4}{15}$ $\frac{2}{15}$	6	6				
			48,65			$\frac{4}{15}$ $\frac{8}{15}$ $\frac{10}{15}$	12	18				
						$\frac{10}{15}$ $\frac{15}{15}$ $\frac{17}{15}$	25	32				
						$\frac{4}{15}$ $\frac{7}{15}$ $\frac{9}{15}$	11	16				
			52,45			$\frac{6}{15}$ $\frac{8}{15}$ $\frac{10}{15}$	14	18				
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO			ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO						
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm					
INICIAL:	0,90	08:34	29/10/2013	1° 10 mím								
10 mím:	0,95		29/10/2013	2° 10 mím								
FINAL:	0,99		29/10/2013	3° 10 mím								
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 7,00			EQUIPE DE CAMPO			RESPONSÁVEL TÉCNICO						
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR:									
			AJUDANTE 1:									
			AJUDANTE 2:									
			AJUDANTE 3:									
LEGENDAS: NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO NR = NÃO RECUPERADA - - - - - 30 cm INICIAIS ——— 30 cm FINAIS REVESTIMENTO TC = TRADO CAVADEIRA TH = TRADO HELICOIDAL TA = TRADO CONCHA TI = TRADO IPT CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA												

					PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP02	DATA:										
					CLIENTE:	COTA (m): -		REF.:	FOLHA: 01/03										
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO: 01/11/2013											
					LOCAL: Rodovia RS 407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TÉRMINO: 04/11/2013											
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)										
						ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENE.)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40							
	1,00	1,09		00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				01		1/15	2/15	3/15	3	5									
				02		1/15	2/15	1/15	3	3									
				03		2/15	2/15	3/15	4	5									
				04		2/15	1/15	3/15	3	4									
				05	Areia pouco siltilosa (areia fina), homogênea, fofa a pouco compacta. Cor: Cinza escuro.	2/15	2/15	2/15	5	5									
				06		3/15	2/15	4/15	5	6									
				07		1/15	2/15	3/15	3	5									
				08		2/15	2/15	3/15	4	5									
				09		2/15	1/15	2/15	3	3									
			9,60	10	Argila orgânica, homogênea, muito mole. Cor: Preta.	P 65	-	-	-	-									
				11		P 80	-	-	-	-									
			11,75	12		2/15	3/15	4/15	5	7									
				13		2/15	1/15	2/15	3	3									
				14		2/15	3/15	3/15	5	6									
				15		2/15	3/15	4/15	5	7									
				16	Areia pouco siltilosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta. Cor: Cinza escuro.	4/15	8/15	13/15	12	21									
				17		4/15	7/15	9/15	11	16									
				18		12/15	14/15	17/15	26	31									
				19		10/15	15/15	19/15	25	34									
			20,00	20		11/15	18/15	20/15	29	38									
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO					ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO											
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm												
INICIAL: 1,00	14:10	01/11/2013	1° 10 mim																
10 mim: 1,07		01/11/2013	2° 10 mim																
FINAL: 1,09		01/11/2013	3° 10 mim																
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO												
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR: AJUDANTE 1: AJUDANTE 2: AJUDANTE 3:																
LEGENDAS:			NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO				NR = NÃO RECUPERADA												
TC = TRADO CAVADEIRA			TH = TRADO HELICOIDAL				TA = TRADO CONCHA												
			TI = TRADO IPT				CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA												

					PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP02	DATA:						
					CLIENTE:	COTA (m): -		REF.:	FOLHA: 02/03						
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO: 01/11/2013							
					LOCAL: Rodovia RS 407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TERMINO: 04/11/2013							
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)						
						ENSÃO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENE.)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40			
				20	Areia pouco silteosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta, Cor: Cinza escuro,	11 15	18 15	20 15	29	36					
				21		15 15	18 15	23 15	33	41					
				22		18 15	20 15	24 15	38	44					
				23		17 15	21 15	26 15	38	47					
				24		6 15	7 15	9 15	13	16					
				25		8 15	8 15	12 15	17	21					
				26		15 15	18 15	26 15	34	45					
				27		16 15	20 15	21 15	36	41					
				28		6 15	10 15	15 15	16	25					
				29		9 15	8 15	5 15	15	11					
				30		2 15	2 15	4 15	4	6					
				31		2 15	3 15	3 15	5	6					
				32		2 15	4 15	5 15	6	9					
				33		6 15	7 15	10 15	13	17					
				34		19 15	15 15	13 15	34	28					
				35		15 15	16 15	14 15	31	30					
				36		4 15	6 15	8 15	10	14					
				37		6 15	8 15	10 15	14	18					
				38		3 15	3 15	4 15	6	7					
				39	2 15	2 15	3 15	4	5						
				40	2 15	1 15	2 15	3	3						
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO					ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO							
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,8 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm								
INICIAL: 1,00	14:10	01/11/2013	1° 10 mim												
10 mim: 1,07		01/11/2013	2° 10 mim												
FINAL: 1,09		01/11/2013	3° 10 mim												
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO								
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR: AJUDANTE 1: AJUDANTE 2: AJUDANTE 3:												
LEGENDAS:															
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			NR = NÃO RECUPERADA		--- 30 cm INICIAIS		— 30 cm FINAIS		REVESTIMENTO						
TC = TRADO CAVADEIRA			TH = TRADO HELICOIDAL		TA = TRADO CONCHA		TI = TRADO IPT		CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA						

PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT						FURO: SP02	DATA:							
CLIENTE:						COTA (m): -	REF.:							
OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1						COORD. N: -	FOLHA: 03/03							
LOCAL: Rodovia RS 407, Xangri-Lá, RS						COORD. E: -	INÍCIO: 01/11/2013							
							TÉRMINO: 04/11/2013							
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)					
						ENSAAO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENE.)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40		
				<p>Argila orgânica, homogênea, mole a média, Cor: Preta.</p>	2 15	1 15	2 15	3	3					
					3 15	2 15	4 15	5	6					
					2 15	3 15	4 15	5	7					
					2 15	1 15	3 15	3	4					
					2 15	2 15	3 15	5	5					
					2 15	2 15	4 15	6	7					
					2 15	4 15	5 15	7	9					
					6 15	7 15	9 15	13	16					
					9 15	10 15	15 15	19	25					
					10 15	12 15	16 15	22	30					
					13 15	14 15	17 15	27	31					
					5 15	7 15	8 15	12	15					
					4 15	6 15	7 15	10	13					
POR ORDEM DO(A) CONTRATANTE, A PERFURAÇÃO FOI PARALISADA NA PROFUNDIDADE DE 52.45m.														
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO			ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO								
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm							
INICIAL: 1,00	14:10	01/11/2013	1° 10 mim											
10 mim: 1,07		01/11/2013	2° 10 mim											
FINAL: 1,09		01/11/2013	3° 10 mim											
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO			RESPONSÁVEL TÉCNICO								
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR:											
			AJUDANTE 1:											
			AJUDANTE 2:											
			AJUDANTE 3:											
LEGENDAS:														
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI CONTRADO			NR = NÃO RECUPERADA			- - - - - 30 cm INICIAIS			— 30 cm FINAIS			REVESTIMENTO		
TC = TRADO CAVADEIRA			TH = TRADO HELICOIDAL			TA = TRADO CONCHA			TI = TRADO IPT			CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA		

PERFIL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO - SPT						FURO: SP03	DATA:													
CLIENTE:						COTA (m): -	FOLHA: 01/03													
OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1						COORD. N: -	INÍCIO: 04/11/2013													
LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS						COORD. E: -	TÉRMINO: 06/11/2013													
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)												
						ENSÃO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PENE.)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40								
				00	Areia pouco siltsosa (areia fina), homogênea, fofa a pouco compacta, Cor: Cinza escuro.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
				01		1/15	2/15	2/15	3	4	-	-	-	-	-	-	-			
				02		2/15	1/15	2/15	3	3	-	-	-	-	-	-	-			
				03		2/15	2/15	3/15	4	5	-	-	-	-	-	-	-			
				04		3/15	2/15	2/15	5	4	-	-	-	-	-	-	-			
				05		2/15	1/15	3/15	3	4	-	-	-	-	-	-	-			
				06	3/15	2/15	4/15	5	6	-	-	-	-	-	-	-				
				07	6/75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				08	6/80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				09	6/65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				NR	1/15	2/15	2/15	3	4	-	-	-	-	-	-	-				
				NR	2/15	1/15	2/15	3	3	-	-	-	-	-	-	-				
				NR	2/15	2/15	3/15	4	5	-	-	-	-	-	-	-				
				NR	3/15	1/15	2/15	4	3	-	-	-	-	-	-	-				
				14	2/15	4/15	5/15	6	9	-	-	-	-	-	-	-				
				15	4/15	5/15	6/15	9	11	-	-	-	-	-	-	-				
				16	6/15	5/15	4/15	11	9	-	-	-	-	-	-	-				
				17	4/15	2/15	3/15	6	5	-	-	-	-	-	-	-				
				18	3/15	4/15	5/15	7	9	-	-	-	-	-	-	-				
				19	6/15	9/15	10/15	15	19	-	-	-	-	-	-	-				
20	10/15	11/15	9/15	21	20	-	-	-	-	-	-	-								
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO						ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO											
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm													
INICIAL: 0,92	15:15	04/11/2013	1° 10 mim																	
10 mim: 0,96		04/11/2013	2° 10 mim																	
FINAL: 0,99		04/11/2013	3° 10 mim																	
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO													
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR: AJUDANTE 1: AJUDANTE 2: AJUDANTE 3:																	
LEGENDAS:																				
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO						NR = NÃO RECUPERADA														
TC = TRADO CAVADEIRA						TH = TRADO HELICOIDAL														
						TA = TRADO CONCHA														
						TI = TRADO IPT														
						CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA														

					PERFIL DE SONDAEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP03	DATA:												
					CLIENTE:	COTA (m): -		REF.:	02/03												
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO:	04/11/2013												
					LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TÉRMINO:	06/11/2013												
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Táctil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)												
						ENSÃO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40									
				20	Areia pouco siltsosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta. Cor: Cinza escuro.	10 15	11 15	8 15	21	20											
				21		7 15	8 15	13 15	16	22											
				22		8 15	10 15	15 15	18	25											
				23		10 15	13 15	16 15	23	29											
				24		11 15	12 15	14 15	23	26											
				25		13 15	15 15	18 15	28	33											
				26		7 15	8 15	8 15	16	17											
				27		8 15	16 15	20 15	24	36											
				28		16 15	20 15	32 15	36	52											
				29		6 15	10 15	18 15	16	28											
				30	9 15	18 15	23 15	27	41												
				31	8 15	15 15	20 15	23	35												
				32	2 15	4 15	8 15	6	12												
				33	2 15	3 15	7 15	5	10												
				34	10 15	11 15	16 15	21	26												
				35	11 15	13 15	17 15	24	30												
				36	2 15	3 15	4 15	5	7												
				37	2 15	3 15	3 15	5	6												
			37,80	38	2 15	3 15	2 15	5	5												
				39	2 15	3 15	4 15	5	7												
				40	3 15	3 15	2 15	6	5												
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO					ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO													
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm														
INICIAL: 0,92	15:15	04/11/2013	1° 10 mim																		
10 mim: 0,96		04/11/2013	2° 10 mim																		
FINAL: 0,99		04/11/2013	3° 10 mim																		
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO														
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR:																		
			AJUDANTE 1:																		
			AJUDANTE 2:																		
			AJUDANTE 3:																		
LEGENDAS:																					
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			NR = NÃO RECUPERADA		--- 30 cm INICIAIS		— 30 cm FINAIS		REVESTIMENTO												
TC = TRADO CAVADEIRA			TH = TRADO HELICOIDAL		TA = TRADO CONCHA		TI = TRADO IPT		CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA												

					PERFIL DE SONDAAGEM À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP03	DATA: _____				
					CLIENTE:	COTA (m): -		REF.: _____	FOLHA: 03/03				
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO: 04/11/2013					
					LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TÉRMINO: 06/11/2013					
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)				
						ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40	
			45.45	40	Argila orgânica, homogênea, mole a média. Cor: Preta.	3 15	6	5					
				41		3 15	4	5					
				42		3 15	7	8					
				43		2 15	5	7					
				44		2 15	3	3					
			45.45	45	POR ORDEM DO(A) CONTRATANTE, A PERFURAÇÃO FOI PARALISADA NA PROFUNDIDADE DE 45,45m.	2 15	5	7					
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO			ENSAIO DE LAVAGEM				ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO						
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm						
INICIAL: 0,92	15:15	04/11/2013	1° 10 mim										
10 mim: 0,96		04/11/2013	2° 10 mim										
FINAL: 0,99		04/11/2013	3° 10 mim										
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO						
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR: AJUDANTE 1: AJUDANTE 2: AJUDANTE 3:				_____						
LEGENDAS:													
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI CONTRADO NR = NÃO RECUPERADA - - - - - 30 cm INICIAIS ——— 30 cm FINAIS REVESTIMENTO TC = TRADO CAVADEIRA TH = TRADO HELICOIDAL TA = TRADO CONCHA TI = TRADO IPT CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA													

					PERFIL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP04	DATA:										
					CLIENTE	COTA (m): -		REF.:	FOLHA: 01/03										
					OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1	COORD. N: -		INÍCIO: 06/11/2013											
					LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS	COORD. E: -		TÉRMINO: 07/11/2013											
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)										
						ENSÃO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/PEL.)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40							
	1,00	1,28		00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				01		1 15	2 15	3 15	3	5									
				02		2 15	1 15	2 15	3	3									
				03		2 15	2 15	3 15	4	5									
				04	Areia pouco siltosa (areia fina), homogênea, fofa a compacta. Cor: Cinza escuro.	2 15	2 15	4 15	5	6									
				05		2 15	2 15	3 15	5	6									
				06		6 15	10 15	11 15	16	21									
				07		6 15	7 15	8 15	13	15									
			7,80	08		P 75	-	-	-	-									
				09	Argila orgânica, homogênea, muito mole. Cor: Preta.	P 85	-	-	-	-									
			9,75	10		2 15	2 15	3 15	4	5									
				11		2 15	2 15	2 15	5	5									
				12		3 15	2 15	4 15	5	6									
				13		2 15	2 15	3 15	4	5									
				NR		1 15	1 35	-	2 50	1 35									
				15	Areia pouco siltosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta. Cor: Cinza escuro.	6 15	10 15	15 15	16	25									
				16		7 15	8 15	13 15	16	22									
				17		8 15	11 15	14 15	19	25									
				18		9 15	10 15	13 15	19	23									
				19		10 15	14 15	18 15	24	32									
				20		5 15	6 15	7 15	11	13									
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO					ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO											
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm												
INICIAL: 1,10	14:00	06/11/2013	1° 10 mmm																
10 mmm:	1,25	06/11/2013	2° 10 mmm																
FINAL: 1,28		06/11/2013	3° 10 mmm																
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO												
OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR:																
			AJUDANTE 1:																
			AJUDANTE 2:																
			AJUDANTE 3:																
LEGENDAS:																			
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			NR = NÃO RECUPERADA		--- 30 cm INICIAIS		— 30 cm FINAIS		REVESTIMENTO										
TC = TRADO CAVADEIRA			TH = TRADO HELICOIDAL		TA = TRADO CONCHA		TI = TRADO IPT		CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA										

PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO - SPT						FURO: SP04	DATA:										
CLIENTE:						COTA (m): -	REF.:										
OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1						COORD. N: -	INÍCIO: 06/11/2013										
LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS						COORD. E: -	TÉRMINO: 07/11/2013										
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)									
						ENSÃO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40					
				20	<p>Areia pouco siltilosa (areia fina), homogênea, fofa a muito compacta, Cor: Cinza escuro,</p>	5/15	6/15	7/15	11	13							
				21		4/15	6/15	9/15	10	15							
				22		5/15	8/15	12/15	13	20							
				23		6/15	7/15	10/15	13	17							
				24		8/15	10/15	14/15	18	24							
				25		4/15	8/15	13/15	13	22							
				26		6/15	8/15	13/15	15	22							
				27		7/15	8/15	14/15	15	22							
				28		12/15	20/15	24/15	32	44							
				29		13/15	21/15	25/15	34	46							
				30		10/15	23/15	24/15	33	47							
				31		12/15	20/15	23/15	32	43							
				32		9/15	13/15	15/15	22	28							
				33		8/15	11/15	13/15	19	24							
				34		7/15	10/15	12/15	17	22							
				35		8/15	12/15	11/15	20	23							
				36		1/15	2/15	2/15	3	4							
				37		2/15	1/15	2/15	3	3							
				38		3/15	3/15	2/15	6	5							
				39		1/15	2/15	2/15	3	4							
				40		2/15	1/15	1/15	3	2							
				NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO						ENSAIO DE LAVAGEM		ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO					
				PROF. (m)		HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)		AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm				
				INICIAL: 1,10		14:00	06/11/2013	1° 10 mím									
				10 mím: 1,25			06/11/2013	2° 10 mím									
				FINAL: 1,28			06/11/2013	3° 10 mím									
				PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO					RESPONSÁVEL TÉCNICO					
				OBS: 1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			OPERADOR: AJUDANTE 1: AJUDANTE 2: AJUDANTE 3:										
				LEGENDAS:													
				NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO						NR = NÃO RECUPERADA							
				TC = TRADO CAVADEIRA						TH = TRADO HELICOIDAL							
										TA = TRADO CONCHA							
										TI = TRADO IPT							
										CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA							

PERFIL DE SONDAAGEM À PERCUSSÃO - SPT						FURO: SP04	DATA:						
CLIENTE:						COTA (m): -	REF.:						
OBRA: Parque Eólico - Aerogerador 1						COORD. N: -	FOLHA: 03/03						
LOCAL: Rodovia RS-407, Xangri-Lá, RS						COORD. E: -	INÍCIO: 06/11/2013						
							TÉRMINO: 07/11/2013						
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLOGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)				
						ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40	
			45,45	40	Argila orgânica, homogênea, mole a média. Cor: Preta.	2 15	3	2					
				41		3 15	5	5					
				42		3 15	6	5					
				43		3 15	7	5					
				44		3 15	6	5					
45	3 15	7	6										
POR ORDEM DO(A) CONTRATANTE, A PERFURAÇÃO FOI PARALISADA NA PROFUNDIDADE DE 45,45m.													
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO			ENSAIO DE LAVAGEM				ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO						
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO = Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO = 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO = 50,8 mm PESO DO MARTELO = 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm						
INICIAL: 1,10	14:00	06/11/2013	1° 10 mim										
10 mim: 1,25		06/11/2013	2° 10 mim										
FINAL: 1,28		06/11/2013	3° 10 mim										
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 8,00			EQUIPE DE CAMPO				RESPONSÁVEL TÉCNICO						
OBS:			OPERADOR:										
1) Cota altimétrica e coordenadas em posse do cliente.			AJUDANTE 1:										
			AJUDANTE 2:										
			AJUDANTE 3:										
LEGENDAS: NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO NR = NÃO RECUPERADA - - - - - 30 cm INICIAIS ——— 30 cm FINAIS REVESTIMENTO TC = TRADO CAVADEIRA TH = TRADO HELICOIDAL TA = TRADO CONCHA TI = TRADO IPT CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA													



GERDAU

TABELA DE BITOLAS

Table with columns: BITOLA (mm/kg/m), Massa Linear, d, b, ESPESSURA (L, T, h), h, d', Area, ERO X - X (L, W, r, r), Z, ERO X - Y (L, W, r, r), Z, EBSELZT (MESAS, ALMAS), Cc, u, BITOLA (in x lb/ft). Rows include various bitola sizes like W150 x 13.0, W150 x 22.5, etc.

Características Dimensionais e Propriedades Geométricas de Acordo com a Norma ASTM A563M.