

## **Programa de Estudante Voluntário em Pesquisa e Inovação**

**Vigência da Bolsa 2018**

**PEVPI-FC**

### **TÍTULO**

---

**ESTUDO DE MÉTODO DE CONTROLE DE EXECUÇÃO DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA CONSIDERANDO DADOS DE MONITORAMENTO PARA O SUBSOLO DE FORTALEZA-CE**

### **RESUMO**

---

A pesquisa visa desenvolver método que permita verificar o atendimento da capacidade de carga de carga prevista no projeto de estacas escavadas tipo hélice contínua, a partir de análise de dados de monitoramento das fundações, assim como verificação da eficiência dos métodos semi-empíricos: Aoki-Velloso (1975), Decourt-Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996) na determinação da capacidade de carga em estacas tipo hélice contínua monitorada. Para isso, será implementado um estudo com base em dados de 5 obras, contendo 11 estacas na cidade de Fortaleza-CE, onde serão pesquisados relatórios de sondagens, de monitoramento de execução das estacas e de provas de carga estáticas. A partir do relatório de monitoramento da execução das estacas tipo hélice, serão verificadas as correlações das pressões hidráulica com os índices de resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ) de sondagens próximas, metro a metro, assim como a relação da ordem de grandeza das pressões hidráulicas finais (últimos 3 metros) com a capacidade de carga da estaca, considerando os resultados da prova de carga. Para verificação das capacidades de carga das estacas serão utilizados três métodos semi-empíricos: Aoki-Velloso (1975), Decourt-Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996). Além disso, prever-se a utilização do método de Van der Veen (1953) e de Chin (1970), para extrapolação da curva carga x recalque, obtidos das provas de carga estáticas. Com base nesses dados pretende-se verificar qual método semi-empírico de determinação de capacidade de carga melhor se adapta as condições estudadas e se é possível estabelecer-se uma relação entre os valores de pressão hidráulica e o índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ), para confirmação da profundidade necessária da estaca que comprove a capacidade de carga do projeto.

### **PALAVRAS-CHAVE**

---

Fundações Profundas. Estacas Tipo Hélice Contínua Monitorada. Provas de Carga Estática. Capacidade de Carga de Estacas.

### **INTRODUÇÃO**

---

Estacas tipo Hélice Contínua vem sendo utilizadas nos Estados Unidos e Europa desde a década de 1970 e foram introduzidas no Brasil na década de 1980. Ganham bastante espaço e utilização em nossas obras, essencialmente pelas suas principais vantagens: baixo nível de vibração e elevada produtividade.

Paralelamente com a crescente demanda em sua utilização surgiram vários estudos e pesquisas acerca do seu comportamento através principalmente de ensaios de prova de carga, na tentativa de se estabelecer parâmetros e métodos que possam ser utilizados para previsões e controle da carga de ruptura e recalque provenientes dos carregamentos.

Na prática verifica-se, por vezes, a necessidade de procedimento fundamentado que permita o controle da execução de estacas escavadas, no sentido de confirmar a qualidade da fundação e compatibilidade da capacidade de carga com a determinada no projeto. Especificamente para o caso de estacas tipo hélice contínua monitorada observa-se, frequentemente, divergências entre os comprimentos executados e previstos em projeto, devido a inexistência de metodologia comprovada que ateste o comprimento suficiente da fundação.

Metodologias que possam ser empregadas no controle de qualidade da execução de estacas escavadas são de grande relevância para a construção civil, considerando a evolução das edificações em Fortaleza-CE, que atualmente apresentam elevadas cargas com alturas, frequentemente, superiores a 60m.

## **OBJETIVOS**

---

### *Geral*

Estabelecer método eficiente de previsão de capacidade de carga e relação de parâmetro de monitoramento que comprove a qualidade da execução de estaca tipo hélice contínua.

### *Específicos*

- Comparar resultados dos métodos semi-empíricos de determinação de capacidade de carga com os resultados dos ensaios de prova de carga;
- Verificar a aplicação de técnicas de extrapolação de curva carga-recalque de provas de carga estática;
- Analisar parâmetros de relatório de monitoramento de estacas tipo hélice contínua em Fortaleza-CE.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

### **Estaca Hélice Contínua Monitorada**

Neste tipo de estaca, o solo escavado é removido simultaneamente ao bombeamento do concreto através do tubo central vazado no trado, sob pressão, como forma de evitar o desconfinamento do solo durante a execução e evitar a ocorrência de vazios na concretagem. O processo consiste de três etapas: perfuração, concretagem simultânea à extração do trado helicoidal do terreno e colocação da armadura.

Na figura 1, pode-se observar um esquema do processo executivo das estacas hélice contínua monitoradas.

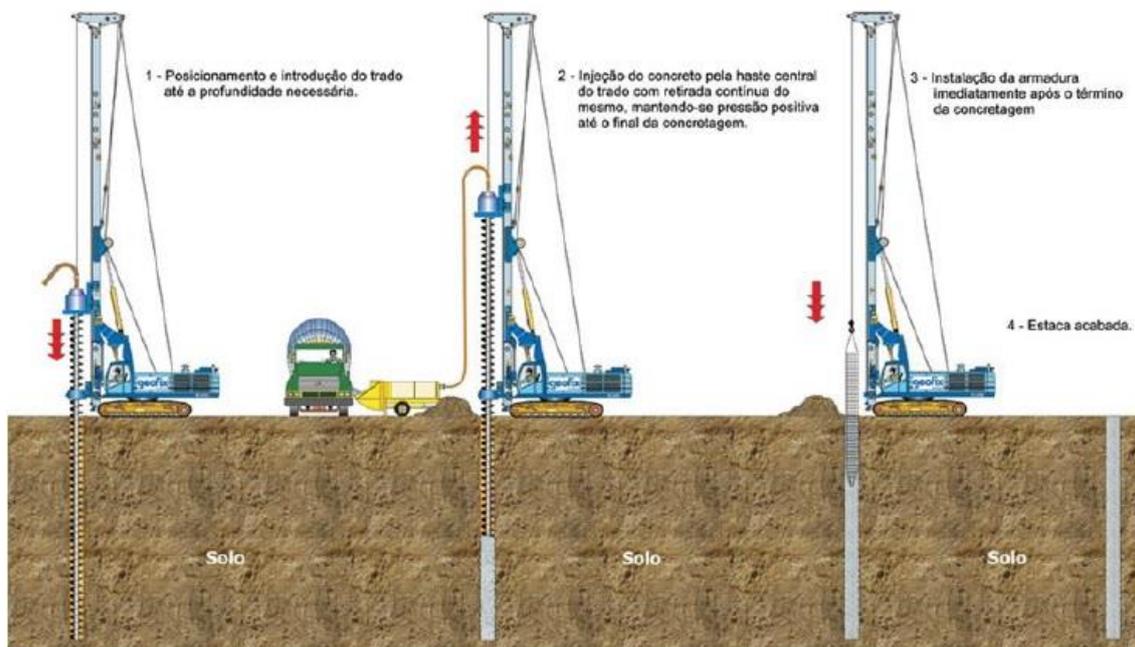


Figura 1 – Processo executivo estaca hélice contínua

Fonte: GEOFIX (2016).

### Perfuração

Consiste na introdução do trado helicoidal no terreno por meio de movimentos rotacionais, transmitidos através de motor acoplado ao sistema, que aplica um torque apropriado para vencer a resistência do terreno, até a cota de projeto, sem que o trado seja retirado em nenhum momento (VELLOSO E LOPES, 2010).

A haste de perfuração é composta de uma hélice espiral ao redor de um tubo central oco (Figura 2) e por dentes na extremidade inferior (Figura 3), que possibilitam a entrada no terreno. Em casos especiais, onde há terreno resistente, esses dentes podem ser substituídos por pontas de vídia. Também na extremidade inferior do tubo central, há uma tampa de proteção, normalmente recuperável, que impede eventuais entradas de solo dentro do trado, que é expulsa pelo concreto no início da concretagem.



Figura 2 – Hastes de perfuração com tubo central oco

Fonte: NEVES (2016).



Figura 3 – Ferramenta de corte na ponta do trado

Fonte: NEVES (2016).

A etapa de perfuração deve ser contínua, sem a retirada da hélice do terreno em nenhum momento, garantindo a principal característica desta estaca que é não permitir alívio ao terreno, possibilitando sua execução em solos coesivos e arenosos e com a presença ou não de lençol freático.

A velocidade de perfuração gera uma produtividade de 200 a 400 metros por dia dependendo do diâmetro, da profundidade de da resistência do terreno (Hortegal, 2011 apud Heiss e Muchetti,2008).

### **Concretagem**

Depois de atingida a cota de projeto, inicia-se a etapa de concretagem. O concreto é bombeado pelo tubo central da haste, simultaneamente a retirada do trado, sem rotação ou girando lentamente, sempre mantendo a pressão do concreto positiva, a fim de evitar vazios e interrupções no fuste da estaca. A tampa contida na extremidade do tubo central é aberta com o peso do concreto (ABNT, 2010).

Hachich (1998), explica que a velocidade de extração da hélice está diretamente relacionada com a pressão e o sobreconsumo de concreto de forma que não haja vazios entre a retirada da hélice e o preenchimento de concreto, para garantir a continuidade e integridade da estaca. O concreto utilizado normalmente apresenta algumas características particulares. Resistência característica de 20 Mpa, composto por cimento, areia e pedrisco ou brita 1, consumo de cimento de 350 a 450 kg/m<sup>3</sup> e abatimento “slump test” entre 200 e 240mm.

A concretagem normalmente é executada até a superfície do terreno. Quando a cota de arrasamento está muito abaixo da superfície do terreno, a concretagem pode ser interrompida antes de atingir a superfície, porém deve ser cuidado com a estabilização do furo no trecho não concretado.

### **Instalação da Armação**

Devido ao processo executivo desse tipo de estaca, a colocação da armadura acontece após a concretagem. Segundo a ABNT (2010), a colocação da armadura deve ser executada imediatamente após a concretagem, com auxílio de um peso ou de vibração e deve-se cuidar que a armadura esteja enrijecida o suficiente para não se deformar durante sua colocação no furo.

A armadura utilizada em formato de “gaiola” é composta de barras longitudinais e estribo helicoidal soldado às barras longitudinais. Na extremidade inferior das gaiolas, as barras longitudinais devem ser ligeiramente curvadas em forma de cone (Figura 4), para facilitar sua introdução no concreto. As “gaiolas” devem ser centralizadas no furo através da utilização de espaçadores do tipo pastilha ou roletes para garantir o cobrimento estabelecido em projeto.

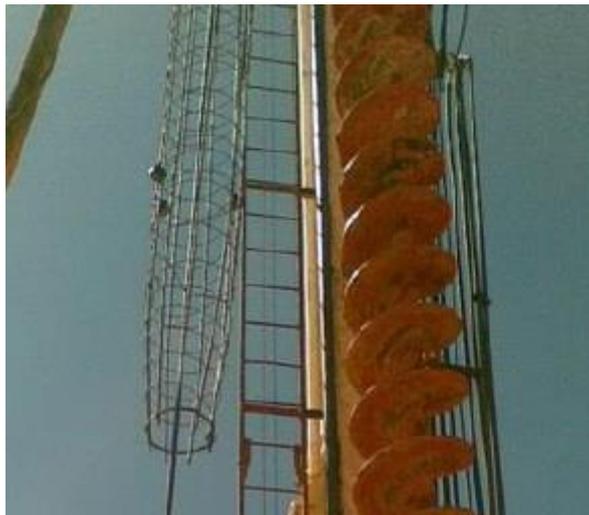


Figura 4 – Extremidade da armadura em forma de cone

Fonte: NEVES (2016).

### **Monitoramento e Controle**

O monitoramento do processo executivo ocorre de forma automatizada através de um computador de bordo equipado na cabine de controle da perfuratriz a frente do operador, alimentado pela bateria da mesma e interligado aos sensores através de cabos.

O equipamento mais utilizado para este fim, no Brasil e no mundo, é o Taracord CE (Figura 5). Equipamento de origem francesa fabricado pela Jean Lutz S.A. Este equipamento é capaz de informar todos os dados de execução das estacas, como: profundidade de perfuração com relação ao nível do terreno, velocidade de rotação, pressão hidráulica, inclinação da torre, pressão de concreto, volume de concreto acumulado desde o início da concretagem e sobreconsumo parcial (CP) nos últimos 50 cm concretados e sobreconsumo total (CT) (HACHICH, 1998).



Figura 5 – Equipamento Taracord CE

Fonte: NEVES (2016).

Os dados registrados pelo equipamento são apresentados na forma de relatório, como o da Figura 6 a seguir:

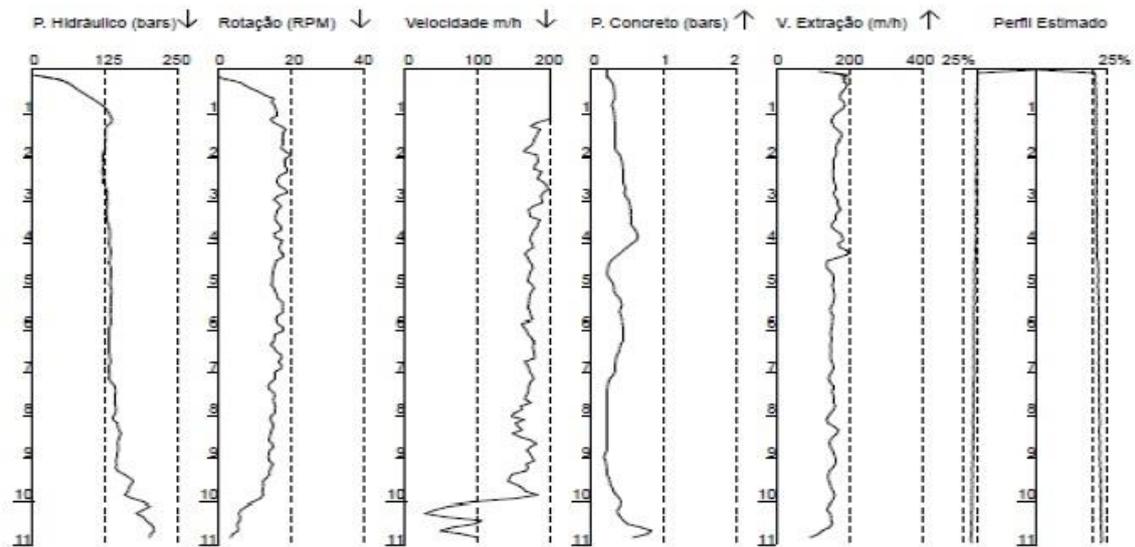


Figura 6 – Relatório de execução HCM

Fonte: GEOBRASIL (2016).

### Principais Dados obtidos no Monitoramento

#### a) Profundidade

Através de um sensor instalado na cabeça de perfuração, constituído por um sensor de rotação e um conjunto de roldanas girando em contato com um cabo de aço instalado ao longo da torre, onde ao girar sobre o cabo informam o deslocamento da cabeça e conseqüentemente do trado, possibilitando conhecer a posição da ponta do trado com relação à superfície do terreno.

A profundidade da escavação com relação ao nível do terreno é uma das principais características, pois deve ser observada e respeitada as profundidades das estacas estabelecidas em projeto. (GEOFIX, 2012).

#### b) Inclinação da Torre

Este sensor é posicionado diretamente na torre da máquina, fornecendo a inclinação em todos os sentidos (X e Y). A inclinação deve ser verificada antes do início da perfuração e monitorada durante todo o processo executivo, a fim de manter a verticalidade da estaca. (GEOFIX, 2012).

#### c) Velocidade de Rotação

Este sensor também é instalado na cabeça de perfuração, e trata-se de um sensor de proximidade que conta o número de vezes que passam por ele pinos colocados em um anel que gira solidário ao trado. Sabendo quantos pinos existem em cada volta, o computador processa a medida de velocidade de rotação. (GEOFIX, 2012).

A velocidade de penetração está diretamente ligada à velocidade de rotação. À medida que as características de resistência do terreno aumentam, a relação entre o avanço e a rotação decresce, e o avanço é sempre inferior a um passo por volta. (HACHICH, 1998).

#### d) Pressão Hidráulica (Torque)

Este dado é obtido através de um transdutor de pressão colocado diretamente na linha de óleo hidráulico do motor que faz girar a cabeça de rotação. (GEOFIX, 2012).

Portanto trata-se da medida da pressão do sistema hidráulico da mesa rotativa, e não especificamente do torque aplicado na ponta da hélice.

#### e) Pressão de Concreto

É um dos principais sensores do equipamento, pois o bom processo executivo da estaca está diretamente associado a uma concretagem bem executada. O sensor está inserido na linha de bombeamento do concreto, próximo ao topo. É um transdutor de pressão que mede a pressão do concreto de forma indireta, através da compressão de um tubo de borracha pelo concreto que por sua vez comprime um líquido (água ou óleo) e a partir daí a pressão deste líquido é medida pelo transdutor. (GEOFIX, 2012).

Na prática esta medida serve para que a pressão do concreto seja mantida positiva, controlando-se a velocidade de extração da hélice, de forma que não fiquem vazios ou estrangulamentos na seção da estaca.

#### f) Volume de Concreto

É o mesmo sensor utilizado para medir a pressão do concreto. O volume é obtido em função dos números dos picos de pressão e das características da bomba de concreto. O sobreconsumo de concreto é o valor percentual a mais ou a menos de concreto que o volume teórico calculado em função do diâmetro da estaca. (GEOFIX, 2012).

Com o valor instantâneo de sobreconsumo do concreto, o equipamento desenha o perfil esquemático estimado da estaca.

### **Capacidade de Carga e Métodos Semi-Empíricos**

Cintra e Aoki (2010) explicam que com a aplicação gradativa de carga em uma estaca, são mobilizadas tensões resistentes por adesão ou atrito lateral, entre o solo e o fuste da estaca, como também tensões resistentes normais à ponta ou base da estaca. Com o objetivo de simplificar este

processo, Cintra e Aoki consideram que primeiro haja mobilização exclusivamente do atrito lateral ( $P = P_1$ ) até o máximo possível, para depois iniciar-se a mobilização da resistência de ponta ( $P = P_2$ ). Após mobilizadas a resistência lateral e de ponta, a estaca encontra-se na iminência de deslocar-se incessantemente para baixo. Com a evolução do carregamento, também aumentam os recalques, conforme mostra o esquema sem escala da Figura 7.

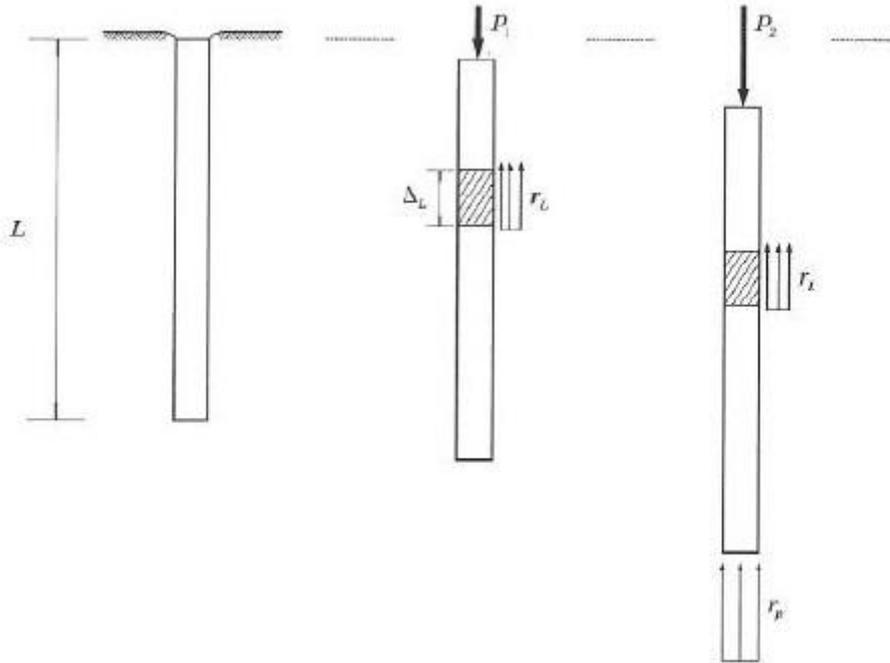


Figura 7 – Mobilização progressiva da resistência do elemento de fundação por estaca.

Fonte: CINTRA E AOKI (2010).

Os métodos semi-empíricos são baseados em correlações empíricas com resultados de ensaios in situ de penetração (CPT e SPT) e são ajustados com provas de carga. Neste artigo foram utilizados os seguintes métodos: Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1986). No entanto, não serão abordados neste artigo as formulações e o desenvolvimento de cada método devido à extensão dos mesmos.

### Prova de Carga e Extrapolação da Curva Carga-Recalque

A prova de carga estática em estacas é regulamentada pela ABNT (2006) e consiste no carregamento com incrementos progressivos de carga no topo da estaca, medindo simultaneamente os respectivos recalques.

Velloso e Lopes (2012) afirmam que a prova de carga estática tem como finalidade verificar o comportamento previsto em projeto quanto a capacidade de carga e recalques, como também definir a carga de serviço em situações onde não se consegue realizar uma previsão de comportamento.

A ABNT (2006) propões quatro tipos de carregamento, são eles: carregamento lento, rápido, misto e cíclico. Porém, no Brasil, o carregamento lento é o mais tradicional. O resultado é uma curva carga x recalque, conforme Figura 8.



Figura 8 – Curva Carga x Recalque

Fonte: TECNORD (2016).

Quando uma prova de carga não é levada até a ruptura ou a um nível de recalque que caracterize ruptura, pode-se realizar uma extrapolação da curva carga-recalque, com objetivo de estipular a carga de ruptura da estaca. Neste trabalho foram utilizados os métodos de Van der Veen (1953) e Chin-Kondner (1970;1971) para extrapolação da curva carga x recalque.

O método de Van der Veen (1953) propõe que a relação entre a carga e o deslocamento no topo apresente um aspecto exponencial, dado pela equação abaixo (FRANÇA, 2011).

$$Q = Q_{ul} \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot \rho}) \quad (1)$$

Onde:

Q: carga aplicada no topo da estaca;

Q<sub>ul</sub>: carga de ruptura;

α: coeficiente que define a forma da curva;

ρ: recalque correspondente à carga aplicada.

Reescrevendo esta expressão obtemos a equação de uma reta:

$$\alpha \cdot \rho + \ln(1 - Q / Q_{ul}) = 0 \quad (2)$$

Em que α e Q<sub>ul</sub> são duas constantes determinadas em um processo por tentativas, adotando-se valores para Q<sub>ul</sub> e desenhando-se os respectivos gráficos de contra ρ. O gráfico que mais se aproximar de uma reta indicará o valor procurado de Q<sub>ul</sub>, bem como o valor de α, dado pelo coeficiente angular da reta (CINTRA E AOKI, 2009).

Foi proposta uma alteração ao método de Van Der Veen (1953) deixando de impor que a curva ajustada passe pela origem do sistema de coordenadas (AOKI em 1976, apud CINTRA e AOKI, 2009). Ficando a equação expressa por:

$$Q = Q_{ul} \cdot (1 - e^{-(a \cdot p + b)}) \quad (3)$$

O método proposto por Chin-Kondner (1970; 1971), possibilita a extrapolação da carga de ruptura em ambos os ensaios estáticos de prova de carga, ou seja, ensaios do tipo lento e rápido. O método consiste em dividir cada recalque pela respectiva carga aplicada e colocá-lo no eixo das ordenadas. Por sua vez, no eixo das abscissas, colocam-se os recalques obtidos durante a prova de carga estática. A carga limite última é dada como o inverso da inclinação da linha formada pelos pontos plotados no gráfico, de acordo com a equação (FRANÇA, 2011).

$$Q_u = \frac{1}{C_1} \quad (4)$$

$$Q = \frac{\delta}{C_1 \cdot \delta + C_2} \quad (5)$$

Onde:

Q: carga aplicada;

Qu: carga limite última;

C1: inclinação da linha reta;

C2: intersecção com o eixo Y;

δ: recalque correspondente à carga aplicada.

### **Trabalhos Anteriores Abordando a mesma Temática**

Neste item iremos analisar o artigo desenvolvido por Lázaro e Wolle (2004) onde os autores apresentam os resultados de experimentos realizados em 10 obras localizadas no estado de São Paulo utilizando dados do monitoramento de 105 estacas hélice contínua e 31 sondagens com o objetivo de estabelecer relações entre dados de monitoramento e características do solo para utilizar como respaldo para previsões de capacidades de cargas.

Segundo Lázaro e Wolle (2004, apud VELLOSO E ALONSO, 2000) quando analisados as curvas de pressão obtidas na monitoração de estacas HCM e comparados com dados de sondagem, notou-se que quando a resistência do terreno é menor, a velocidade de avanço é maior e a pressão hidráulica é menor, e vice-versa.

De acordo com Lázaro e Wolle (2004, apud ALONSO, 2001) a grande diversidade de equipamentos existentes no mercado e o fato de o valor de pressão durante a perfuração referir-se a pressão hidráulica e não ao torque aplicado, representam fatores que diminuem a confiabilidade desse processo.

Durante a pesquisa, Lázaro e Wolle (2004) desenvolveram índices que relacionam os dados de monitoração e dados obtidos nas sondagens. Deste modo foi desenvolvido o índice M com base em resultados médios de pressão, velocidade de avanço e velocidade de rotação, e o índice S, que é resultado da multiplicação de valores do N<sub>spt</sub> por um fator que varia em função do tipo de solo. Além destes, foi desenvolvido também o índice FM que varia de acordo com o tipo de máquina utilizada na perfuração. Para cálculo foram utilizados valores médios de pressão hidráulica, de velocidade de rotação, de velocidade de avanço e de N<sub>spt</sub>.

Para desenvolvimento das fórmulas dos índices, foram utilizados valores médios correspondentes a cada índice e calculadas as dispersões. Ao encontrar dispersões elevadas nas primeiras versões das fórmulas, foram adicionados coeficientes, expoentes e fatores aditivos de forma a diminuir

gradativamente as dispersões. Por fim foram apresentados os valores das dispersões obtidas com a utilização de cada fórmula desenvolvida, foram apresentados os fatores que interferem em cada índice, as conclusões acerca de cada índice, as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas.

A seguir apresenta-se de forma sucinta os principais fatores apresentados por Lázaro e Wolle (2004) que interferem na correlação de dados de monitoramento com as sondagens, divididos em 3 grupos, quanto aos solos e sondagens, quanto aos aspectos mecânicos e quanto aos aspectos executivos:

Quanto aos solos e sondagens:

- A grande heterogeneidade dos tipos de solo representa dificuldade para estabelecer correlações;
- Estacas realizadas em cotas diferentes das sondagens, em casos onde há escavações, pode representar alívio do solo, alterando os dados obtidos na monitoração;
- Os valores de  $N_{spt}$  podem variar bastante de acordo com a empresa executora.

Quanto aos aspectos mecânicos:

- A precisão e calibragem dos sensores dos equipamentos podem influenciar nas correlações;
- O desgaste do equipamento pode alterar valores de monitoração.

Quanto aos aspectos executivos:

- Dados de monitoração podem variar de acordo com a experiência e processo executivo do operador;
- A utilização do prolongador pode aumentar o tempo de execução da perfuração;
- A execução de estacas em solos muito resistentes e coesivos pode alterar o tempo de execução devido a necessidade de alívio na perfuração.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

---

Inicialmente será complementada a revisão bibliográfica com o objetivo de abordar e aprofundar os assuntos mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho. serão priorizados assuntos abordando métodos de investigação de subsolo, tipos de fundações, ensaios de prova de carga e monitoramento de estacas hélice contínua.

Posteriormente serão obtidos dados junto a empresas e construtoras, de monitoramento de estacas HCM, sondagens e ensaios de prova de carga. Com estes dados serão estudadas possíveis correlações entre pressão hidráulica (torque) do equipamento e o  $N_{SPT}$  obtidos nas sondagens e comparado com os ensaios de prova de carga.

Serão analisados também, resultados de capacidade de carga através de métodos semi-empíricos, sendo estes: Aoki-Velloso (1975), Decourt-Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996), e comparados com resultados de provas de carga, a fim de verificar qual método se mostra mais adequado ao estudo.

A profundidade da estaca será verificada, partindo eventuais correlações entre pressão hidráulica e  $N_{SPT}$  observadas aplicadas ao método semi-empírico de melhor desempenho e de análises das pressões hidráulicas finais, considerando a média dos últimos três metros.

## **CRONOGRAMA DE ATIVIDADE DOS BOLSISTAS**

---

## Bolsista 1

<b>Atividades</b>	<b>Data Início 06/02/2018</b>	<b>Data Fim 06/02/2019</b>
Revisão Bibliográfica - Fundações; Fundação Tipo Hélice Contínua Monitorada; Parâmetros de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua.	07/02/2018	28/02/2018
Revisão Bibliográfica - Métodos Semi-Empíricos de Determinação de Capacidade de Carga de Estacas.	01/03/2018	31/03/2018
Pesquisa de Relatórios de Investigação Geotécnica para Edifícios em Fortaleza.	01/04/2018	30/04/2018
Pesquisa de Relatórios de Investigação Geotécnica para Edifícios em Fortaleza.	01/05/2018	31/05/2018
Aplicação de Métodos Semi-Empíricos para Cálculo de Capacidade de Carga em Estacas em Fortaleza-CE	01/06/2018	30/06/2018
Aplicação de Métodos Semi-Empíricos para Cálculo de Capacidade de Carga em Estacas em Fortaleza-CE	01/07/2018	31/07/2018
Análise de Correlação entre $N_{SPT}$ e Pressão Hidráulica.	01/08/2018	31/08/2018
Análise de Correlação entre $N_{SPT}$ e Pressão Hidráulica.	01/09/2018	30/09/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/10/2018	31/10/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/11/2018	30/11/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/12/2018	31/12/2018
Discussões Finais	01/01/2019	06/02/2019

## Bolsista 2

<b>Atividades</b>	<b>Data Início 06/02/2018</b>	<b>Data Fim 06/02/2019</b>
Revisão Bibliográfica - Fundações; Fundação Tipo Hélice Contínua Monitorada; Parâmetros de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua.	07/02/2018	28/02/2018
Revisão Bibliográfica - Métodos Semi-Empíricos de Determinação de Capacidade de Carga de Estacas.	01/03/2018	31/03/2018
Pesquisa de Relatórios de Investigação Geotécnica para Edifícios em Fortaleza.	01/04/2018	30/04/2018
Pesquisa de Relatórios de Investigação Geotécnica para Edifícios em Fortaleza.	01/05/2018	31/05/2018
Aplicação de Métodos Semi-Empíricos para Cálculo de Capacidade de Carga em Estacas em Fortaleza-CE	01/06/2018	30/06/2018
Aplicação de Métodos Semi-Empíricos para Cálculo de Capacidade de Carga em Estacas em Fortaleza-CE	01/07/2018	31/07/2018
Análise de Correlação entre $N_{SPT}$ e Pressão Hidráulica.	01/08/2018	31/08/2018
Análise de Correlação entre $N_{SPT}$ e Pressão Hidráulica.	01/09/2018	30/09/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/10/2018	31/10/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/11/2018	30/11/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/12/2018	31/12/2018
Discussões Finais	01/01/2019	06/02/2019

## Bolsista 3

<b>Atividades</b>	<b>Data Início 06/02/2018</b>	<b>Data Fim 06/02/2019</b>
Revisão Bibliográfica - Estudos Realizados sobre Aplicação de Parâmetros de Controle de Estacas Hélice Contínua.	07/02/2018	28/02/2018
Revisão Bibliográfica - Provas de Carga Estacas em Estacas e Métodos de Extrapolação da Curva Carga Recalque.	01/03/2018	31/03/2018
Pesquisa de Relatórios de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua em Fortaleza-CE.	01/04/2018	30/04/2018
Pesquisa de Relatórios de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua em Fortaleza-CE.	01/05/2018	31/05/2018
Pesquisa de Relatórios de Provas de Carga Estática em Estacas em Fortaleza-CE.	01/06/2018	30/06/2018
Pesquisa de Relatórios de Provas de Carga Estática em Estacas em Fortaleza-CE.	01/07/2018	31/07/2018
Análise Resultados de Provas de Carga Estáticas em Estacas em Prédios em Fortaleza-CE.	01/08/2018	31/08/2018
Análise Resultados de Provas de Carga Estáticas em Estacas em Prédios em Fortaleza-CE.	01/09/2018	30/09/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/10/2018	31/10/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/11/2018	30/11/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/12/2018	31/12/2018
Discussões Finais	01/01/2019	06/02/2019

## Bolsista 4

<b>Atividades</b>	<b>Data Início 06/02/2018</b>	<b>Data Fim 06/02/2019</b>
Revisão Bibliográfica - Estudos Realizados sobre Aplicação de Parâmetros de Controle de Estacas Hélice Contínua.	07/02/2018	28/02/2018
Revisão Bibliográfica - Provas de Carga Estacas em Estacas e Métodos de Extrapolação da Curva Carga Recalque.	01/03/2018	31/03/2018
Pesquisa de Relatórios de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua em Fortaleza-CE.	01/04/2018	30/04/2018
Pesquisa de Relatórios de Monitoramento de Estacas Tipo Hélice Contínua em Fortaleza-CE.	01/05/2018	31/05/2018
Pesquisa de Relatórios de Provas de Carga Estática em Estacas em Fortaleza-CE.	01/06/2018	30/06/2018
Pesquisa de Relatórios de Provas de Carga Estática em Estacas em Fortaleza-CE.	01/07/2018	31/07/2018
Análise Resultados de Provas de Carga Estáticas em Estacas em Prédios em Fortaleza-CE.	01/08/2018	31/08/2018
Análise Resultados de Provas de Carga Estáticas em Estacas em Prédios em Fortaleza-CE.	01/09/2018	30/09/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/10/2018	31/10/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/11/2018	30/11/2018
Estudos da Identificação de Pressão Hidráulica Final a partir de Métodos Semi-Empíricos, Provas de Carga e Comprimento Executado.	01/12/2018	31/12/2018
Discussões Finais	01/01/2019	06/02/2019

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AOKI, N.; VELLOSO, D., A., An Approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, 5. 1975, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires, 1975. v. 1. p. 367-376.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR-6122: Projeto e Execução de Fundações, 2010;

ANTUNES, W.R. & CABRAL, D.A. (1996). Capacidade de Carga de Estacas Hélice Contínua. 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 105 – 109.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BERATER. Tecnologia de Solos e Fundações Ltda. Relatório de provas de carga estática no Condomínio Reserva Arboreto, Joaquim Távora, Fortaleza/CE. 2016a.

BERATER. Tecnologia de Solos e Fundações Ltda. Relatório de provas de carga estática na Rua Ricardo Castro Macedo, Luciano Cavalcante, Fortaleza/CE. 2016b.

CHIN, F., K., Discussion of Pile Test. Arkansas River Project. Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, 1971, vol. 97.

Cintra, J., C., A.; Aoki, N.; Tsuha, C., H.; Giacheti, H., L. (2009). Fundações: Ensaio estáticos e dinâmicos. 1. ed. São Paulo, SP.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. Fundações por estacas: Projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. R. Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 6., 1978, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1978. V. 1. P. 45-54.

França, D. C. (2011). Provas de Carga Estáticas Instrumentadas em Profundidade em Estacas de Grande Diâmetro (Estações), Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 162 p.

HACHICH, W. FALCONI, F. F., SAES, J. L., FROTA, R. G. O., CARVALHO, C. S. e NIYAMA, S., Fundações - Teoria e Prática 2ª ed. , São Paulo-SP, editora Pini, 1998.

GEOBRASIL. Projetos e Engenharia Ltda. Relatório de execução de estacas hélice contínua monitoradas no Ed. Reservatto, Luciano Cavalcante, Fortaleza/CE. 2014.

GEOBRASIL. Projetos e Engenharia Ltda. Relatório de execução de estacas hélice contínua monitoradas no Condomínio Villa Roma, Messejana, Fortaleza/CE. 2016a.

GEOBRASIL. Projetos e Engenharia Ltda. Relatório de execução de estacas hélice contínua monitoradas na Rua Carneiro da Cunha. 180 – Jacarecanga, Fortaleza/CE. 2016b.

GEOBRASIL. Projetos e Engenharia Ltda. Relatório de execução de estacas hélice contínua monitoradas no Condomínio Reserva Arboreto, Joaquim Távora, Fortaleza/CE. 2016c.

GEOBRASIL. Projetos e Engenharia Ltda. Relatório de execução de estacas hélice contínua monitoradas na Rua Ricardo Castro Macedo, Luciano Cavalcante, Fortaleza/CE. 2016d.

GEOFIX. Engenharia, Fundações e Estaqueamento S/C Ltda. Estacas Hélice Contínua. Disponível em: [http://www.geofix.com.br/biblioteca/catalogo\\_geofix.pdf](http://www.geofix.com.br/biblioteca/catalogo_geofix.pdf) Acesso em 30/set/2016.

GEO SOLO. Geotecnia e Perfurações Ltda. Relatório de Sondagem à Percussão no Condomínio Reserva Arboreto, Joaquim Távora, Fortaleza/CE. 2015.

HORTEGAL, M. V. Avaliação do Comportamento de Estacas Hélice Contínua a partir de Resultados de Laboratório e de Campo. 2011. 195 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

LÁZARO, A. A.; WOLLE, C.M., Estacas Hélice Contínua: Correlações entre monitoração e características dos solos. SEFE V – Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia. Volume I, p. 57, 2004.

NEVES, L. F. S. Dicionário de Engenharia Geotécnica e Fundações. Disponível em [www.dicionariogeotecnico.com.br](http://www.dicionariogeotecnico.com.br). Acesso em 10 de Outubro de 2016.

ROCHABRASIL, Engenharia Ltda. Relatório de Sondagem à Percussão na Rua Carneiro da Cunha, Jacarecanga, Fortaleza/CE. 2015.

ROCHABRASIL, Engenharia Ltda. Relatório de provas de carga estática na Rua Carneiro da Cunha, 180 – Jacarecanga, Fortaleza/CE. 2016.

SONDA. Poços e Sondagens Ltda. Relatório de Sondagem à Percussão na Rua Ricardo Castro Macedo, Luciano Cavalcante, Fortaleza/CE. 2014.

SONDA. Poços e Sondagens Ltda. Relatório de Sondagem à Percussão no Condomínio Villa Roma, Messejana, Fortaleza/CE. 2016.

TECNORD. Tecnologia Nordeste de Solos e Fundações Ltda. Relatório de provas de carga estática na Rua Luiza Miranda Coelho, Luciano Cavalcante, Fortaleza/CE. Relatório REF. 003.251/14. Ano 2015.

TECNORD. Tecnologia Nordeste de Solos e Fundações Ltda. Relatório de provas de carga estática no Condomínio Villa Roma, Messejana, Fortaleza/CE. Relatório REF. 502.192.16. Ano 2016.

VAN DER VEEN, C. The Bearing Capacity of a Pile. Proc. Third International Conference Soil Mechanics Foundation Engineering, Zurich, 1953, vol. II.

VELLOSO, D.A. e LOPES, F. R., Fundações: Critérios de projeto, Investigação de Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas, São Paulo, : Oficina de Textos, 2010.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.