

ANÁLISE DAS VANTAGENS DA EXECUÇÃO DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

[\[ver artigo online\]](#)

Tiago Gustavo Gonçalves¹
José Eduardo Quaresma²

RESUMO

O presente trabalho possui o objetivo de apresentar a análise e estudo sobre o método de execução do elemento de fundação profunda, sendo a metodologia estaca hélice contínua e quais os aspectos e propriedades que estão relacionadas a sua realização. O trabalho neste apresentado pode ser visto como uma pesquisa bibliográfica no qual apresenta por meio de várias referências e citações que ilustram os fatores e aspectos que abordam a escolha do procedimento construtivo da estaca hélice contínua, utilizando a revisão na literatura para qualificação e fundamentação do estudo proposto. A partir dos resultados obtidos foi possível realiza de diversos parâmetros que relacionam as fundações ao estudo geotécnico como a profundidade alcançada, torque do equipamento, velocidade do trado, sobreconsumo e pressão do concreto e assim avaliar a perspectiva sobre o solo do local onde a fundação foi realizada, sendo assim, através dos dados apresentados e dos resultados obtidos que o monitoramento se apresentou como uma ferramenta muito eficiente para o controle executivo do método de estacas hélice contínua.

Palavras-chave: Fundação profunda. Estaca hélice contínua. Monitoramento de estaca.

ANALYSIS OF THE ADVANTAGES OF IMPLEMENTING CONTINUOUS PROPELLER PILES

ABSTRACT

The present work has the objective of presenting the analysis and study on the method of execution of the element of deep foundation, being the continuous propeller stake methodology and which aspects and properties are related to its realization. The work presented here can be seen as a bibliographic research in which it presents, through various references and citations, that illustrate the factors and aspects that address the choice of the continuous propeller pile construction procedure, using the literature review to qualify and substantiate the study. proposed. Based on the results obtained, it was possible to carry out several parameters that relate the foundations to the geotechnical study, such as the depth reached, the equipment's torque, auger speed, overconsumption and concrete pressure and thus evaluate the perspective on the soil of the place where the foundation was built. performed, thus, through the data presented and the results obtained that the monitoring presented itself as a very efficient tool for the executive control of the continuous propeller pile method.

Keywords: Deep foundation. Continuous prop pile. Stake monitoring.

1 Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: tiago.acad@hotmail.com.

2 Orientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: quaresma@gmail.com.



INTRODUÇÃO

Fundações são elementos estruturais que tem por resultado a transmissão de cargas ao solo pela construção de uma estrutura, sem provocar a ruptura do mesmo, a escolha do tipo de fundação a ser utilizado será em função de diversos fatores relacionadas a carga da estrutura e capacidade resistente do solo, com base nisso se determina o tipo mais viável a ser projetado e executado em obra (VELLOSO; LOPES, 2011).

O custo de uma fundação varia, de acordo com as cargas e condições do solo e terreno, estando usualmente no custo de 3 a 6% do custo total de uma obra. Em condições especiais, analisando a estrutura a ser suportada, as cargas da estrutura e propriedades adversas do solo, essa porcentagem pode chegar a valores superiores, chegando em determinadas situações de 10 a 15% do total da obra (CARVALHO, 2014).

Dessa forma, que a utilização adequada de um elemento de fundação é um dos fatores mais considerados em uma estrutura, portanto a presente pesquisa, tem como objetivo demonstrar as vantagens e considerações com relação a execução da estaca hélice contínua como elemento de fundação profunda, demonstrando a importância do uso desse método e os benefícios que o mesmo apresenta em comparação com outros tipos de fundações.

A relevância determinada como escolha para a realização e desenvolvimento da presente pesquisa, leva em consideração que as fundações são as responsáveis por portar toda a carga da estrutura e possibilitar, assim, a transferência dessa para o solo. Os elementos do solo devem suportar todas as cargas de uma edificação e a manter estável. A importância das fundações é tanta que a partir de qualquer problema neste tipo de estrutura, a edificação fica comprometida e pode vir a colapsar, usualmente, por ocorrência dos famosos recalques. Os casos de patologias em fundações são processos comuns devido à falta da importância dada ao estudo ou a completa ausência de análise desta área em particular (MILITITSKY et. al., 2015).

Além de que a ocorrência de manifestações patológicas em fundações e sua necessidade corretiva, implicam em custos que podem ser superiores na maioria das vezes ao custo inicial para a obra, além de que o abalo a imagem dos engenheiros e profissionais envolvidos; caros e longos processos para análise e determinação da responsabilidade; realização da evacuação das edificações; necessidade de interditar as obras entre outras complexidades. São conhecidos os casos em que os problemas de manifestações patológicas e conseqüentemente a ruína da edificação e estrutura, determinaram a falência das construtoras e em muitos casos prisão dos profissionais responsáveis (MILITITSKY et. Al., 2015).

O problema verificado na literatura e determinado pela presente pesquisa, é que poucas informações são contextualizadas no que se refere a escolha do sistema construtivo de um tipo de fundação, na maioria das vezes os métodos de dimensionamento ou desenvolvimento de um projeto de fundações, apenas determina a sua definição com relação a sua classificação, sendo direta ou indireta, e não estabelece ou considera suas subdivisões dentro da classificação para escolha do seu procedimento construtivo, sendo esse fator fundamental e essencial para um projeto de fundações.

Portanto, é fundamental demonstrar as vantagens e parâmetros que viabilizam a escolha de um elemento de fundação e a sua perspectiva com relação a sua metodologia construtiva.

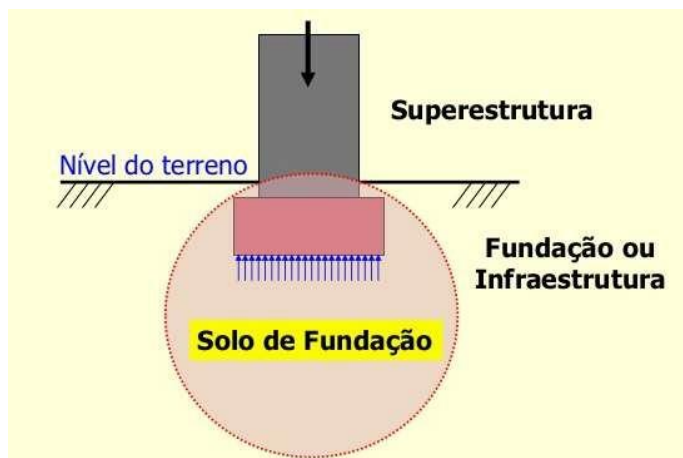
Com base no objetivo e proposta de pesquisa introduzida que a metodologia apontada para o presente artigo se demonstra como uma revisão da literatura, tendo como base as referências e citações apresentadas, de forma a contextualizar as vantagens e benefícios da utilização da estaca hélice contínua como procedimento construtivo referente as fundações profundas.

1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Estruturas de Fundação

Para fins de análise, é geralmente assumido que as estruturas têm sua separação teórica em super e infraestrutura (Figura 1), através de intervenções como ações nas reações de superestrutura. Esta separação é desejável, tendo em conta as ferramentas disponíveis para simplificação e cálculo (SPERNAU, 2012).

Figura 1 - Separação da estrutura de uma edificação.



Fonte: Azevedo (2014).

Sendo assim, a infraestrutura, ou como é denominada usualmente fundações, distribui a carga e os esforços de toda a estrutura ao solo, realizando a estabilização da estrutura.

Segundo Cintra, Aoki e Albiero (2011), em função do modo de transmissão dos esforços ao solo, as fundações classificam-se em:

a) Fundação direta: Componente da fundação onde a ação é transmitida majoritariamente pelas cargas distribuídas sobre a base do elemento de fundação, e em que, normalmente, a profundidade de fixação associado ao nível do terreno confinante é menor a duas vezes a dimensão com menor comprimento da fundação em planta. Deve-se atentar que qualquer resistência promovida pela pelo atrito lateral deve ser desconsiderado no cálculo da tensão admissível. Faz parte desse grupo as sapatas, radiers e tubulões.

b) Fundação Indireta: Componente da fundação onde a ação é transmitida ao solo tanto pela sua parte lateral como, também, pelo fundo da fundação. Em sua grande maioria apresenta uma resistência de corpo superior à resistência da ponta. Geralmente está assentada em profundidade superior ao dobro da menor dimensão fixada em planta e com profundidade de mínimo 3m.

1.2 Parâmetros para a Escolha da Fundação

Para a escolha correta de um tipo de fundação, diversos fatores, propriedades, aspectos e características devem ser definidos, para que não exista a ocorrência de problemas patológicos futuros, ou até mesmo rompimento da estrutura, da mesma forma que acontece a execução de uma obra em etapas, ou o desenvolvimento de um projeto, também é assim na determinação do tipo, geometria e parâmetros da escolha de uma fundação. Em uma primeira etapa, é preciso analisar os critérios técnicos que condicionam a escolha por um tipo ou outro de fundação. Os principais itens a serem considerados são (BARROS, 2011):

- a) Topografia da área
 - Informações sobre as encostas do terreno, ou que taludes que possam prejudicar o terreno;
 - Realização da ocorrência de corte e aterros do local;
 - Informações das erosões e solos instáveis do local;
 - Localização de dificuldades no local, como rochas ou aterros com lixos.

- b) Parâmetros do solo
 - Variação do solo de acordo com a sua profundidade;
 - Determinação das camadas resistentes;
 - Compressibilidade e resistência do solo;
 - Nível da água.

- c) Informações da estrutura
 - Arquitetura do projeto e tipo de estrutura a ser executada.

A partir da análise dessas informações e avaliação das informações, é determinado um pré-projeto e se descarta as fundações que são limitadas com base nos dados analisados. Mesmo assim, ainda a gama de opções e realizações no projeto de fundações é grande e para que seja possível filtrar as soluções a serem utilizadas no projeto final, é necessário escolher o método que melhor se adequa em custo, disponibilidade e prazo (BARROS, 2011).

Com base neste contexto, que a segunda fase do projeto, é necessário considerar os seguintes parâmetros (BARROS, 2011):

d) Dados sobre as construções vizinhas

- O tipo de estrutura e das fundações vizinhas;
- Existência de subsolo;
- Possíveis consequências de escavações e vibrações provocadas pela nova obra;
- Danos já existentes.

e) Aspectos econômicos

- Além do custo direto para a execução do serviço, deve –se considerar o prazo de execução.

É possível notar que para determinar a fundação que melhor atenda às necessidades do projeto, o responsável pelo mesmo, deve ter conhecimento dos tipos de fundações que estão disponíveis no mercado e as suas características. Apenas dessa forma, que se torna possível determinar a solução que consiga se viabilizar tecnicamente e economicamente ao projeto elaborado e desenvolvido (NEVES, 2010).

1.3 Projeto de Fundação

Para a escolha correta de um tipo de fundação, diversos fatores, propriedades, aspectos e características devem ser definidos, para que não exista a ocorrência de problemas patológicos futuros, ou até mesmo rompimento da estrutura, da mesma forma que acontece a execução de uma obra em etapas, ou o desenvolvimento de um projeto, também é assim na determinação do tipo, geometria e parâmetros da escolha de uma fundação.

Um projeto de fundações é determinado a partir da análise das cargas solicitantes e da realização de um perfil do solo, obtido após a execução dos ensaios da investigação geotécnica.

As solicitações levadas em consideração são associadas ao comportamento do solo, cargas permanentes e variáveis aplicadas a estrutura (MILITITSKY et al., 2015).

É no projeto de fundações que se determina o método executivo, de acordo com os parâmetros geotécnicos do local, grandezas das cargas, e dos equipamentos disponibilizados para serem utilizados no local da obra. É nesta fase, que se torna necessário uma intensa relação entre teoria e execução,

associadas aos conhecimentos referentes aos equipamentos a serem utilizados, limites da construção, logística, entre outros fatores relacionados ao método construtivo (VELLOSO; LOPES, 2011).

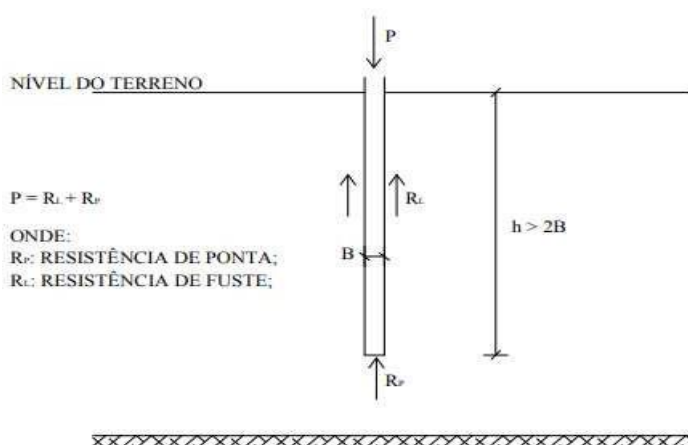
O principal item em um projeto de fundações é o material que não é produzido pelo homem, o solo, o autor confirma que o projeto de fundações é concluído apenas ao término de sua execução, já que diversos fatores são determinados pela natureza e afetados pelo método de execução (VELLOSO; LOPES, 2011).

Ainda é possível observar, que o projeto e a execução das fundações determinam o conhecimento de várias ciências, como Estruturas e a Geotecnia. Dentro dessas ciências, torna-se necessário o conhecimento sobre a Geologia, Mecânica das Rochas, Mecânica dos Solos, Interação Solo-Estrutura e assim os profissionais responsáveis pelo projeto conseguem analisar a situação de modo a determinar um projeto de acordo com as condições e estruturas propostas devido ao solo existente no local (VELLOSO; LOPES, 2011).

1.4 Estacas como Fundação Profunda

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), a estaca é definida como uma fundação profunda que transfere a carga da superestrutura através da base para o solo, através da superfície lateral ou uma combinação de ambas. Além disso, de acordo com esta regra para fundações profundas, a profundidade do cálculo deve ser mais de duas vezes menor do que a menor dimensão do elemento de fundação, como mostrado esquematicamente na Figura 2.

Figura 2 - Esquema da estaca sobre solo.



Fonte: Adaptação da NBR 6122 ABNT (2010).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), os seguintes elementos estão incluídos na definição anterior:

- Estacas: elemento de fundação profunda, realizado usando ferramentas ou equipamentos, fabricados sem os trabalhadores descendo em cada estágio da execução (percussão, cravação, vibração ou movimento da terra, etc.), e podem ser feitos de madeira, aço, cimento, etc.
- Tubulões: um elemento cilíndrico de fundação profunda, pelo menos nos estágios finais, ocorre a descida do responsável técnica, sendo realizado ao ar livre ou comprimido, e possui ou não a base alargada;
- Caixões: A forma prismática da fundação, cimentada à superfície do solo e instalada por aterros internos, pode sempre ser instalada com ou sem ar comprimido e com ou sem sua base larga.

Fundações profundas são geralmente usadas em casos onde os solos superficiais não estão sujeitos a altas cargas ou processos de erosão e onde futuras escavações podem estar perto do local (MONTEIRO, 2012). A variedade de estacas usadas como elementos de fundação em estruturas existentes é significativa e difere consideravelmente no método de implementação e nos materiais que as compõem.

1.4.1 Estacas de Concreto Moldada in loco

As estacas de concreto que são moldadas in loco, são aquelas realizadas através da perfuração do solo (Figura 3) por meio de diversos processos, com ou sem um revestimento, com ou sem estabilizante e posterior injeção de concreto sobre o solo perfurado (HACHICH et. al., 2019).

Figura 3 - Execução da estaca de concreto in loco.



Fonte: Saves (2011).

Atualmente, é considerado um dos métodos de execução mais utilizados, pois seus elementos estruturais possuem alta capacidade de carga, dependendo da geometria e material utilizado, bem como dos baixos níveis de vibração e ruído, que é um fator importante na escolha do método em áreas densamente povoadas (ALMEIDA NETO, 2011).

O método de projeto mais comum é a perfuração por meio de um trado espiral, que é feita por hélice contínua ou broca. Quando realizado através da broca, sua determinação segue que as estacas que são limitadas, com cargas reduzidas devido à restrição de procedimentos de aplicação existentes que permitem escavar a uma profundidade máxima de 10,0 m. A Estaca Hélice Contínua, são escavadas como um espiral e levanta o solo como um "saca-rolhas", as estacas são efetivadas então, injetando concreto com pressão controlada através da haste central do solo ao mesmo tempo em que são retiradas do solo (ALMEIDA NETO, 2011).

Os principais benefícios desse método de execução incluem a facilidade de uso, redução de custos com pessoal, disponibilidade de equipamentos no local devido ao peso e tamanho pequeno, falta de vibração e capacidade de conferência pela remoção de amostras de solo através do trado. Por outro lado, é caracterizada por processos de extração lenta e grandes lamas, bem como pela sua incapacidade de trabalhar abaixo do nível da água (areia saturada e argilas moles) (ALMEIDA NETO, 2011).

1.4.2 Estacas de Concreto Pré – Moldadas Cravadas

As estacas pré-fabricadas consistem de concreto pré-fabricado ou pré-moldado (Figura 4) inseridas no solo por cravação através impactos gravitacionais, martelo vibratório, hidráulico ou

explosão de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010). Apenas para fins geotécnicos, não há distinção entre as pré-moldadas e pré-fabricadas. Mesmo as peças pré-moldadas podendo ser fabricadas no local da obra, essa categoria não realizada in situ.

Figura 4 - Estacas de concreto pré-moldada.



Fonte: Filho (2017).

Para estacas pré-moldadas de concreto, a estrutura deve ser projetada nas diretrizes da NBR 6118 e determinado o limite a 40 MPa. Em ambas as extremidades da estaca, o reforço transversal deve ser aplicado para suportar as forças da cravação (ABNT, 2014).

Características como seção transversal, forma, peso, capacidade de carga, resistência à tração e comprimento variam dependendo do fabricante selecionado. A intervenção e o provedor devem ser escolhidos para se adaptar melhor à carga da estrutura.

A forma mais comum de execução é realizar a cravação através da percussão com impactos em queda livre (Figura 5). O equipamento consiste em uma torre montada em uma plataforma na qual cabos de aço são acionados por um guincho mecânico levantam um martelo usado para o impacto. Este guincho está equipado com dois tambores e o segundo é responsável por movimentar e carregar as estacas. Há também guindastes especiais com torres de martelos livres, automáticas ou vibratórias. A torre guia é compatível com a altura dos elementos da estaca a serem montados. O mesmo vale para os guinchos que têm que suportar o peso do martelo e o peso dos elementos de apoio a serem criados (FILHO, 2017).

Figura 5 - Execução da estaca de concreto pré-moldada por cravação.



Fonte: Filho (2017).

O uso de elementos pré-moldados ou pré-fabricados na construção civil demonstra uma alta facilidade na organização das etapas da obra, e desta forma conseqüentemente gera uma rapidez na execução, o método ainda como visto necessita de um número menor de operários e assim de material e insumos, o que corresponde na diminuição nas perdas dos materiais gerados no canteiro de obra, essas são vantagens são nítidas no método construtivo (AMORIM, 2016).

Além dos pontos positivos apresentados, o sistema construtivo demonstra algumas desvantagens na sua execução, a necessidade de adaptar o canteiro de obras devido a exigência de mobilidade e quantidade de equipamentos necessários, existe ainda uma necessidade muito grande atribuída a mão de obra especializada para execução da fundação (AMORIM, 2016).

2 – DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica, tentando a partir das referências documentadas qualificar e quantificar as informações obtidas. A revisão bibliográfica, ou revisão da literatura, é uma análise crítica, meticulosa e ampla das publicações correntes em uma determinada área do conhecimento (TRENTINI; PAIM, 1999).

A pesquisa bibliográfica procura explicar e discutir um tema com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos e outros. Busca também conhecer e analisar conteúdos científicos sobre determinado tema (MARTINS; PINTO, 2001).

Pode-se agregar ao acervo consultas realizadas a base de dados, periódicos e artigos referenciados com a finalidade de desenvolver a pesquisa. O procedimento documental, conforme Gil (2002), tem o objetivo de descrever e comparar dados, características da realidade presente e do passado.

A abordagem da pesquisa foi qualitativa, por se basear na realidade para fins de compreender uma situação única (RAUEN, 2002) e quantitativa, por buscar conhecimento por meio de raciocínio de causa e efeito, redução de variáveis específicas, hipóteses e questões, mensuração de variáveis, observação e teste de teorias. (CRESSWELL, 2007).

Marconi e Lakatos (2002) confirmam que a revisão bibliográfica engloba toda o conteúdo baseada na literatura com relação ao tema analisado. Entende-se por esse conteúdo como:

- a) Publicações;
- b) Artigos;
- c) Livros;
- d) Monografias;
- e) Revistas;
- f) Dissertações.

O levantamento bibliográfico teve como finalidade sobre o presente trabalho realizar a sua fundamentação em determinar os conceitos e a introdução do assunto com base nos mais renomados autores e fontes do qual a pesquisa aborda.

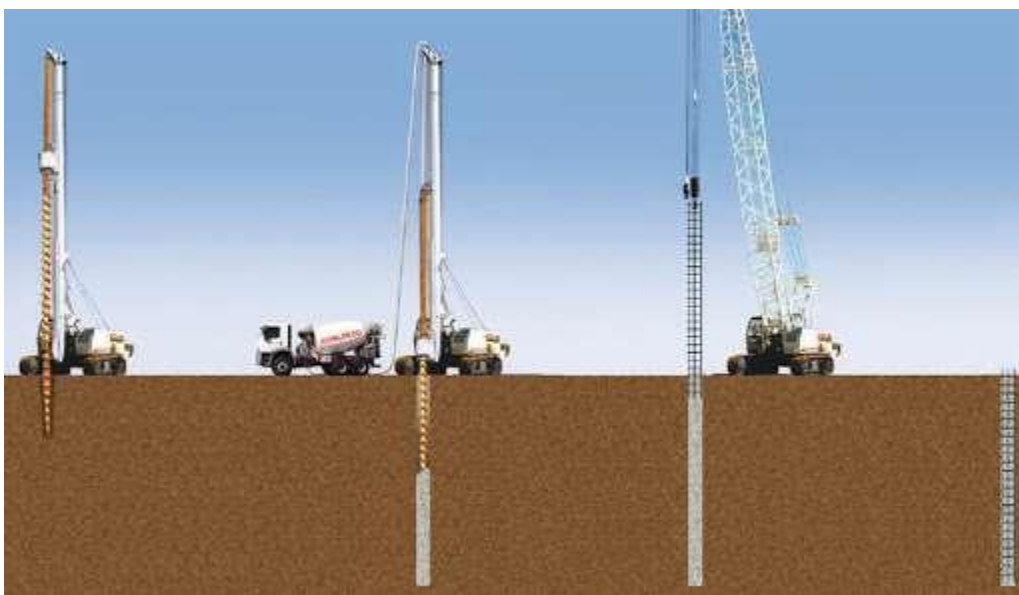
A base de dados para estudo: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, Biblioteca Digital da Unicamp, Portal de Periódicos CAPES/MEC, esses serviram como instrumento para a coleta de dados, a partir dos seguintes termos e assuntos: Segurança do trabalho; comportamento humano; riscos no comportamento sobre acidentes de trabalho; prevenção de acidentes através do comportamento; cultura de segurança; desenvolvimento comportamental.

Após o levantamento dos dados foi realizado a avaliação do material obtido e separado aqueles para referencial e uso na aplicação do trabalho, compilando as principais informações. Em seguida foi feita uma análise minuciosa, das mesmas de forma a estabelecer uma conexão e compreensão com o tema a ser estudado e desenvolvimento deste, para que então seu uso seja demonstrado na presente pesquisa.

2.1 Resultados

De acordo com Albuquerque et al. (2002), as estacas tipo hélice contínua são caracterizadas como um tipo de estaca moldada in loco, sua execução se dá através da escavação do solo por um trado contínuo com hélices em volta de um tubo central vazado. A não ocorrência de introdução de materiais no tubo pela execução do trado, se dá através de uma tampa metálica que por meio da pressão do concreto se desloca e inicia o processo de concretagem, e então após o trado chegar a cota desejada, o mesmo é extraído concomitantemente à injeção de concreto por meio do tubo vazado. A partir da retirada do tubo, o solo sob as pás da hélice também é retirado, a Figura 6 demonstra o método de execução da estaca hélice contínua.

Figura 6 - Execução da estaca hélice contínua.



Fonte: TopMix (2020).

Segundo Antunes e Tarozzo (1998), as estacas do tipo hélice contínua são uma solução melhor viabilizada tecnicamente na ocorrência de:

- a) Centros Urbanos e não se pode ter vibração ou ruídos;
- b) Obras industriais ou de grande porte;
- c) Onde se exige alta produtividade;
- d) Estruturas de contenção próximas a outras estruturas;
- e) Viabilização do material utilizado pelo método.

Segundo Albuquerque et al. (2002), as vantagens da execução da estaca hélice contínua, demonstram a tendência da utilização deste método de execução:

- a) Melhor controle no processo de execução por meio do monitoramento eletrônico contínuo;
- b) Possibilidade de construção em vários tipos de solo se comparado com outros métodos;
- c) Rapidez de execução viabilizando a velocidade do cronograma da obra;
- d) Ausência da vibração e ruídos no local da obra;
- e) Ausência de descompressão no solo do terreno;
- f) Não necessita do fluido de contenção do fuste, pois o solo escavado realiza esta função;
- g) É possível de executar abaixo do nível da água do terreno.

Várias desvantagens desse tipo de estaca também podem ser percebidas como a necessidade de um terreno plano com espaço aberto para movimentação dos equipamentos de execução, bem como é necessário ter um local de produção de concreto próxima a obra, e é essencial que a quantidade de estacas a serem utilizadas pelo método viabilize os custos e a utilização dos equipamentos (ALBUQUERQUE et al., 2002). Segundo Joppert (2007), outra grande desvantagem deste método é a impossibilidade do controle de arrasamento das estacas, e uma grande perda de concreto que fica em torno de 20%.

É possível destacar no método de execução das estacas do tipo hélice contínua, três fases, sendo a perfuração, concretagem simultânea à extração da hélice e implantação da armadura (ANTUNES; TAROZZO, 1998).

- a) Fase de perfuração: Nesta fase a hélice é cravada no solo com o torque determinado para vencer a sua resistência. O solo não entra no tubo devido a tampa de proteção no extremo da haste no qual é expulsa no início da concretagem pela pressão do concreto.
- b) Fase da concretagem: A fase da concretagem, é determinada a partir do alcance da profundidade determinada, então se inicia o processo de concretagem, simultaneamente à saída da haste do solo sem girar, o concreto é inserido pelo tubo da haste central. A velocidade deste processo, está associada à pressão e o excesso de consumo do concreto. A limpeza do solo é determinada de acordo com a retenção do mesmo nas lâminas da hélice na realização desta fase. A concretagem é realizada até

a superfície do terreno e posteriormente se arrasa a estaca.

- c) Fase de introdução da armadura: Se inicia após a realização da concretagem. A armação é colocada por gravidade e em geral com o auxílio de um vibrador. As barras na longitudinal devem ser afuniladas no extremo inferior evitando o afunilamento durante a sua implantação no concreto, é necessário que o estribo seja soldado. Espaçadores devem ser utilizados para garantir o recobrimento da armadura.

Segundo Albuquerque et al. (2002), pode-se observar que o torque situado sobre a fase de perfuração, se dá por intermédio de uma mesa rotativa fixada no topo da hélice. Na realização da perfuração, a única carga que atua sobre a hélice é peso próprio com o solo que nela está contido. Normalmente, o Nspt máximo de ser utilizado com as estacas hélice contínua é de 50 golpes.

Uma das principais funcionalidades que viabilizam e garantem o uso desse método construtivo é o monitoramento eletrônico das estacas hélice contínua, que se torna possível originar diversos dados referente a execução das estacas. A partir da análise desses dados, é possível determinar anormalidades de execução e orientar a execução das estacas de forma aprimorada.

De acordo com Neto (2002), o uso de dados de monitoramento, correlacionados pode se tornar uma excelente propriedade no controle executivo. Na etapa de projeto, os dados podem ser usados para determinar o desempenho e qualidade máxima das fundações profundas.

O equipamento mais usado para monitorar as estacas hélice contínua é o Taracord CE (Figura 7). É um computador, que possui um mostrador digital na cabine do operador. Todos os parâmetros de execução da estaca ficam registrados em um dispositivo de armazenamento e posteriormente são transferidos a um computador e através de um software específico é possível imprimir o relatório de execução da estaca (ANTUNES; TAROZZO, 1998).

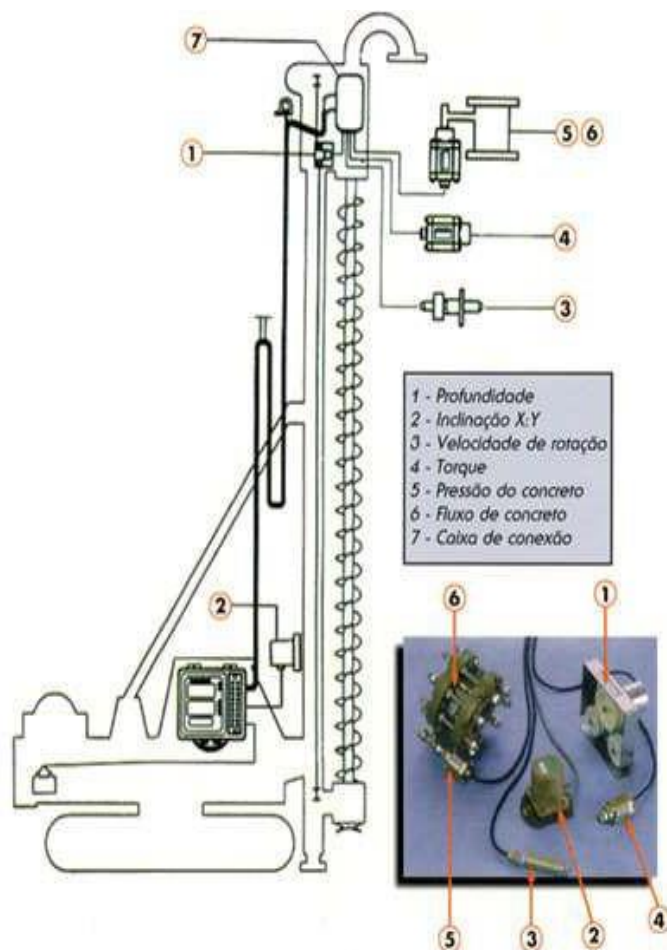
Figura 7 - Taracord, equipamento de registro de dados do monitoramento da execução.



Fonte: Lutz (2009).

O equipamento responsável pelo registro das informações do monitoramento é colocado na cabine em frente ao operador, o mesmo é acoplado a sensores posicionados no equipamento de execução das estacas hélice contínua, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Sensores utilizados na perfuratriz



Fonte: GEOFIX FUNDAÇÕES (2009).

De acordo com Albuquerque et al. (2002), a experiência e sensibilidade do operador da perfuratriz é fundamental durante a execução deste tipo de estaca, o que determina uma grande limitação no método construtivo.

A realização do monitoramento da execução deste método pode fornecer as seguintes informações:

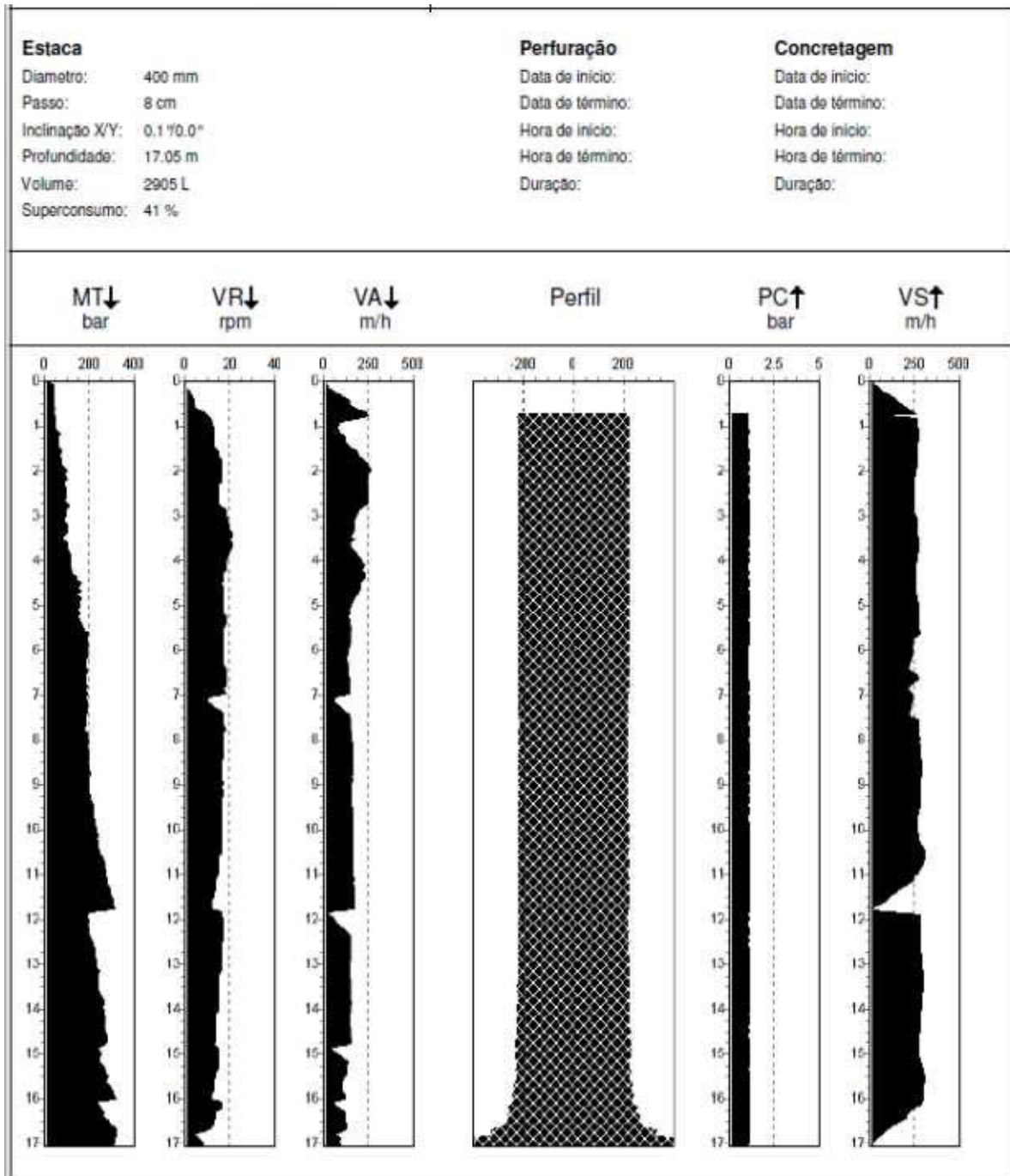
- a) Profundidade da Estaca: este dado é medido por meio de sensor introduzido na cabeça da perfuração e o conjunto de roldanas que se deslocam em contato com o cabo de aço, de modo que quando o cabo passar pelo sensor é registrado a movimentação da cabeça da perfuratriz em metros (STRACKE, 2009).
- b) Torque do Equipamento (MT): A medição do torque se dá por meio de um transdutor de pressão posicionado diretamente na linha de óleo hidráulico do

motor. O fabricante perfuratriz viabiliza a correlação entre a pressão hidráulica e o torque efetivo do mesmo (STRACKE, 2009). Desta forma, o relatório apresenta a pressão bomba hidráulica utilizada para o torque em bar.

- c) Velocidade do Trado: Este dado é medido do mesmo modo que a profundidade da estaca, sendo, através de sensores instalados na cabeça da perfuratriz. Pelo relatório de monitoramento é possível indicar as velocidades de descida (VA) e a velocidade de subida (VS) do trado em m/h, a velocidade varia de 0 a 500 m/h, é a velocidade que determina o controle do sobreconsumo a partir da retirada do trado (NETO, 2002).
- d) Pressão de Injeção do Concreto (PC) e Sobreconsumo: Esse dado é medido a partir de um sensor instalado na linha de bombeamento do concreto, a partir de um transdutor que a pressão é medida de forma indireta, por meio de um tubo de borracha que é comprimido pelo concreto (NETO; KOCHEN, 2009). A partir disso, se obtém o volume de concreto em função do número de picos de pressão da bomba e dos parâmetros da bomba de concreto, a partir do relatório se obtém a pressão do concreto (PC) em bar e o sobreconsumo de concreto em percentual.

Com esses parâmetros registrados, é emitido um relatório de execução da estaca, apontando todos esses dados, com esse relatório se verifica todos os parâmetros de execução e se possui o registro do perfil da estaca e se avalia de forma visual a ocorrência de incongruências na execução. A Figura 9, demonstra o relatório de monitoramento das estacas hélice contínua.

Figura 9 - Exemplo de relatório de monitoramento das estacas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

De acordo com Neto e Kochen (2009), o custo do procedimento de execução de estacas hélice contínua, varia de acordo com a localidade, além de que seu custo também leva em consideração os equipamentos de monitoramento e o operador que deve ser qualificado.

Usualmente os custos de execução das fundações profundas são determinados pelo seu diâmetro e medida da profundidade das estacas. Em comparação com o método mais simples de fundações profundas das estacas escavadas em concreto, a estaca hélice contínua é mais custosa, entretanto em comparação com o procedimento semelhante, sendo a estaca ômega é o método mais econômico (NETO, 2002).

Porém todo o custo de execução de um método construtivo deve se levar em consideração os fatores do projeto, ou seja, a quantidade de estacas a serem executadas, o tempo economizado com a execução das fundações, a localidade, a topografia do terreno, as condições do solo, o clima, entre outros parâmetros.

Como demonstrado, recomenda-se utilizar o método construtivo de estaca hélice contínua para a execução de fundações profundas, por todas as vantagens que foram contextualizadas e garantir a qualidade das estacas executadas através do seu controle de realização através do processo de monitoramento contínuo.

3 – CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo apresentar e analisar as vantagens e considerações com relação a execução da estaca hélice contínua como elemento de fundação profunda, demonstrando a importância do uso desse método e os benefícios que o mesmo apresenta em comparação com outros tipos de fundações.

Como apresentado a partir das referências iniciais, os elementos de fundação são projetados e elaborados conforme uma variedade de fatores, como topografia do terreno, condição do solo, clima, custo, entre outros. Dessa forma, um dos aspectos considerados como mais relevantes em relação ao projeto de fundação é o seu procedimento construtivo, que leva em conta uma variedade de métodos de execução existentes e assim é possível verificar ao longo do tempo, um processo que vem ganhando destaque é a estaca hélice contínua para a execução de fundações profundas.

A presente pesquisa, conseguiu demonstrar que a estaca hélice contínua consegue se destacar com relação aos outros métodos de estacas escavadas in loco de concreto pelos seu o principal fator, que é caracterizado no processo construtivo sendo a garantia da qualidade de execução de estacas onde é demonstrado que a retirada de terra com a concretagem em conjunto garante uma fundação com melhor estabilidade e evita a desestabilização do solo que é algo bem comum e recorrente em estacas escavadas e gera patologias sobre as fundações profundas.

Além de que, como apresentado é possível obter diferentes dados e informações de análise da execução do elemento de fundação como: a profundidade; inclinação; velocidade de rotação do trado; torque; pressão do concreto; fluxo do concreto e o perfil da estaca executada. Esses dados permitem fazer a correlação dos dados do projeto, das sondagens e assim confirmar o dimensionamento adequado da estrutura, apesar também de garantir que após a execução da estaca a ilustração de possíveis problemas na estrutura podendo realizar com que alguma ação corretiva seja realizada sem a necessidade de medidas extremas e mais dispendiosa.

Portanto, a presente pesquisa, conseguiu apresentar um tipo de estaca escavada in loco de concreto que tem como premissa, garantir a qualidade da fundação profunda e que através do seu método de execução apresenta bons resultados com relação a qualidade dessa estrutura em uma obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. J. R et al. **Análise de desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ALMEIDA NETO, J. A. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 187p, 2011.

AMORIM, F. R. **Estudo de Processos Construtivos Modulares do Ponto de Vista da Sustentabilidade**. Monografia (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2016.

ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. **Estacas Tipo Hélice Contínua** In: HACHICH, W.; FALCONI, F. E.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010

AZEVEDO, A. N. **Introdução a engenharia**. UNIVAG. 2014. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/adrielynegrine/4-34871921> > Acesso em: 18 ago. 2020.

BARROS, C. **Apostila de fundações: Técnicas construtivas para edificações**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul, Pelotas, 2011.

CARVALHO, L. F. M. **Curso Patologia das Fundações**. YCON FORMAÇÃO CONTINUADA, MEIRELHES CARVALHO Engenharia e Projetos S/C Ltda., 2014.

CRESSWELL, J. Projeto de Pesquisa: **Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ed. 2007. Porto Alegre

FILHO, E. P. **Estacas Pré-Moldadas De Concreto, Procedimentos Executivos**. AP&L Geotecnia e Fundações - R.T. Engenheiro Geotécnico, Montes Claros, 2017.

GEOFIX FUNDAÇÕES. **Hélice contínua monitorada**. 2009. Disponível em: <http://www.estacas.com.br/geofix2009/galerias/helice_continua_monitorada.pdf>. Acesso em: 10 ago 2020.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Edição: São Paulo, editora atlas s.a. 2002.
HACHICH, W. et al. **Fundações Teoria e Prática**. Editora Pini. 3. ed.2019.

JOPPERT J. I. **Fundações e contenções de edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2007.

LUTZ S. A. J. **Taralog**. 2009. Disponível em: < <http://www.jeanlutzsa.fr/images/Taralog.jpg>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 5ed, 2002.

MARTINS, G. A.; PINTO, R. L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

MILITITSKY, J; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. Patologia das fundações. In: **Simpósio de Patologia das Edificações: Prevenção e Recuperação**, 2 ed. Oficina de Textos, Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 2015.

MONTEIRO, P. F. **Capacidade de carga de estacas- Método Aoki-Velloso**, Relatório interno de Estacas Franki Ltda, 2012.

NETO, J. A. A. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NETO, J. A. A.; KOCHEN, R. **Estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos.** 2009. Disponível em: <<http://www.geocompany.com.br/ftp/Artigo15.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

NEVES. M. J. N. **Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações:** Metodologias, Dimensionamento e Verificações de Segurança. 2010. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Superior Técnico: Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

RAUEN, F.J. **Roteiros de investigação científica.** Tubarão: Ed. UNISUL, 2002.

SAVES, V. G. **Estudo das fundações em estacas: tipos, cálculo, cuidados, execução.** Monografia (Engenharia Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SPERNAU, W. **Notas de aula – Estruturas de Fundações.** Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

STRACKE, F. **Estacas Hélice Contínua: Monitoramento em Obra.** Monografia (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2009.

TOPMIX. 2020. Disponível em: <<http://topmix.com.br/blog/estaca-helice-o-que-pode-acontecer-durante-concretagem/>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TRENTINI, M.; PAIM, L. Pesquisa em Enfermagem. **Uma modalidade convergente- assistencial.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. **Fundações.** São Paulo, Oficina de Textos. 2011.