

Análise da Execução de Estacas Hélice Contínuas– Vila Militar, Rio de JaneiroRafael de Freitas Ferreira da Annuniação¹; Giana Laport Alves de Souza²;¹ Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ² Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJrafaafreitasf@hotmail.com¹; gianalapot@gmail.com²

Resumo – As fundações possuem uma grande importância em qualquer estrutura, pois tem o papel fundamental de transferir todo o carregamento para o solo, portanto a escolha do tipo de fundação deve ser realizada corretamente assim como o dimensionamento da mesma. Para definir o tipo de fundação, que pode ser rasa ou profunda, deve-se estudar as características do solo onde a peça estrutural será disposta, tal como identificar o nível da água. Essas características são obtidas através de um boletim de sondagem, no qual devem conter coordenadas e cota da boca do furo, descrição e identificação das camadas do solo, interpretação geológica, descrição do material, número de golpes, NSPT, profundidade do nível d'água e a data de início e término da sondagem, ou seja, uma boa sondagem traz caracterizações das condições geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas. Este trabalho apresenta a metodologia de execução de estacas hélice e relacionará os resultados obtidos ao decorrer da cravação versus consumo de concreto e sondagem, para que seja possível identificar irregularidades através do boletim. Sabendo que a capacidade de carga das estacas hélice são calculadas com dados dispostos nas sondagens, enquanto a execução da estaca hélice refletir o comportamento ao longo da cravação, a mesma representará uma boa confiabilidade e segurança. O estudo de caso foi a construção de dois blocos residenciais na rua General Benedito da Silveira, que utilizaram a estaca hélice contínua como fundação.

Palavras-chave: boletim de sondagem, fundações, estacas hélice.

Abstract – The foundations have a great importance in any structure, since it has the fundamental role of transferring all the load to the ground, therefore the choice of the type of foundation must be carried out correctly as well as the dimensioning of it. To define the type of foundation, which can be shallow or deep, one should study the soil characteristics where the structural part will be arranged, such as identifying the water level. These characteristics are obtained through a survey bulletin, which must contain coordinates and hole mouth height, description and identification of soil layers, geological interpretation, material description, number of strokes, NSPT, water depth and the start and end date of the survey, that is, a good survey characterizes the geological, geotechnical and hydrogeological conditions. This work presents the methodology of execution of drilled shafts and will relate the results obtained during the drilling versus concrete consumption and survey bulletin, so that it is possible to identify irregularities through the bulletin. Knowing that the load capacity of the drilled shafts is calculated with data arranged in the surveys, while the drilled shafts execution reflects the behavior along the drilling, it will represent a good reliability and safety. The case study was the construction of two residential blocks on General Benedito da Silveira Street, which used a continuous propeller pile as a foundation.

Keywords: survey bulletin, foundations, drilled shafts.

1 Introdução

A utilização de fundações em estacas remete à pré-história, como podemos observar nas palafitas. A respeito da história da Engenharia Civil, é possível encontrar alguns relatos que representam o uso de estacas no passado.

As fundações atualmente utilizadas na Engenharia Civil, podem ser classificadas em dois grandes grupos, as rasas ou diretas e as profundas.

As estacas são fundações profundas, atualmente existem diversos tipos de estacas e, além disso, elas podem ser classificadas de acordo com o processo de execução, como estacas cravadas e estacas escavadas, ou, pelo material, como estacas de madeira, de concreto, de aço ou mistas.

A análise do solo denominada sondagem, tem a finalidade de realizar a investigação ou prospecção do subsolo de um terreno. Estas sondagens podem ser classificadas em sondagens à trado, sondagens à percussão SPT (o qual foi o utilizado nesse estudo) ou sondagem rotativa e além disso, elas devem fornecer os dados das camadas do solo até a cota desejada e o nível da cota d'água.

O estudo foi realizado comparando os dados obtidos durante a execução da estaca hélice e os dados previstos em sondagem e no projeto geotécnico, identificando possíveis falhas que podem resultar em custos elevados para a empresa, ou até mesmo problemas estruturais futuros.

1.1 Estacas Hélice Contínuas

Utilizadas nos Estados Unidos e na Europa desde a década de 1970, foram introduzidas em nosso país no final da década de 1980, pois possuem como vantagens um baixo nível de vibrações e elevada produtividade, com isso esse tipo de estacas tem uma grande aceitação. (Velloso; Lopes, 2011)

A perfuração consiste na introdução da hélice no terreno, por meio de movimento rotacional transmitido por motores hidráulicos acoplados na extremidade superior da hélice, até a cota de projeto sem que a hélice seja retirada da perfuração em nenhum momento. (Velloso; Lopes, 2011)

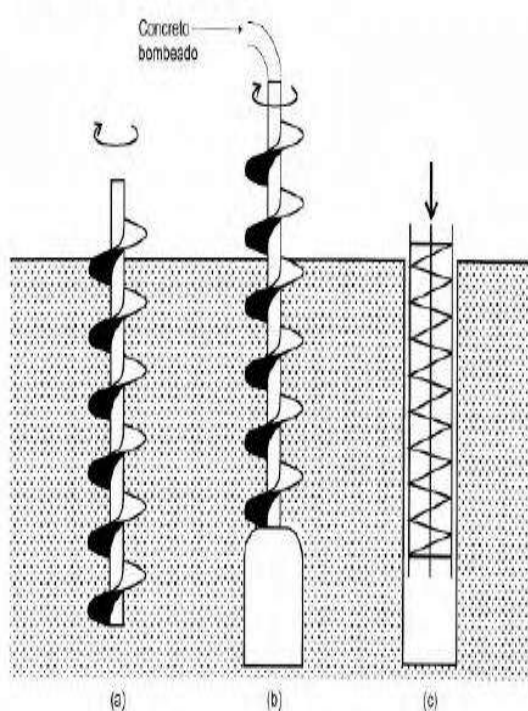


Figura 1 – Execução de estaca hélice contínua. Fonte: Velloso; Lopes, 2011

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado continuamente (sem interrupções) através do tubo central, ao mesmo tempo que a hélice é retirada, sem girar, ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração. A velocidade de extração da hélice do terreno deve ser tal que a pressão no concreto introduzido no furo seja mantida positiva (e acima de um valor mínimo desejado). A pressão do concreto deve garantir que ele preencha todos os vazios deixados pela extração da hélice. (Cintra; Aoki, 2011).

A concretagem é levada até um pouco acima da cota de arrasamento da estaca. Quando a cota de arrasamento fica muito abaixo da superfície do terreno, é preciso cuidar da estabilidade do furo no trecho não concretado. (Cintra; Aoki, 2011).

O processo executivo da estaca hélice continua impõe que a colocação da armadura seja feita após o término da concretagem. A "gaiola" de armadura é introduzida na estaca manualmente por operários ou com auxílio de um peso ou, ou ainda, com o auxílio de um vibrador. (Cintra; Aoki, 2011)

As estacas submetidas apenas a esforços de compressão levam uma armadura no topo, em geral, com 4 m comprimento (abaixo da cota de arrasamento). No caso de estacas submetidas a esforços transversais ou de tração, é possível introduzir uma armadura de maior comprimento (armaduras de 12 e até 18 m já foram introduzidas em estacas executadas com concretos especiais). Na extremidade inferior, a gaiola de armadura deve ter as barras ligeiramente curvadas para formar um cone (para facilitar a introdução no concreto), e deve ter espaçadores tipo rolete. (Cintra; Aoki, 2011).

A execução dessas estacas pode ser monitorada eletronicamente, por meio de um computador ligado a sensores instalados na máquina (um desses equipamentos, de origem francesa, é denominado Taracord CE. Como resultados da monitoração, são obtidos os seguintes elementos: (Velloso; Lopes, 2011)

- Comprimento da estaca;
- Inclinação;
- Torque;
- Velocidades de rotação;
- Velocidade de penetração do trado;
- Pressão no concreto;
- Velocidade de extração do trado;
- Volume de concreto (apresentado em geral como perfil da estaca);
- Sobre-consumo de concreto (relação percentual entre o volume consumido e o teórico calculado com base no diâmetro informado).

A análise e a interpretação desses dados permitem uma avaliação da estaca executada. A Figura 2 reproduz uma folha de controle.

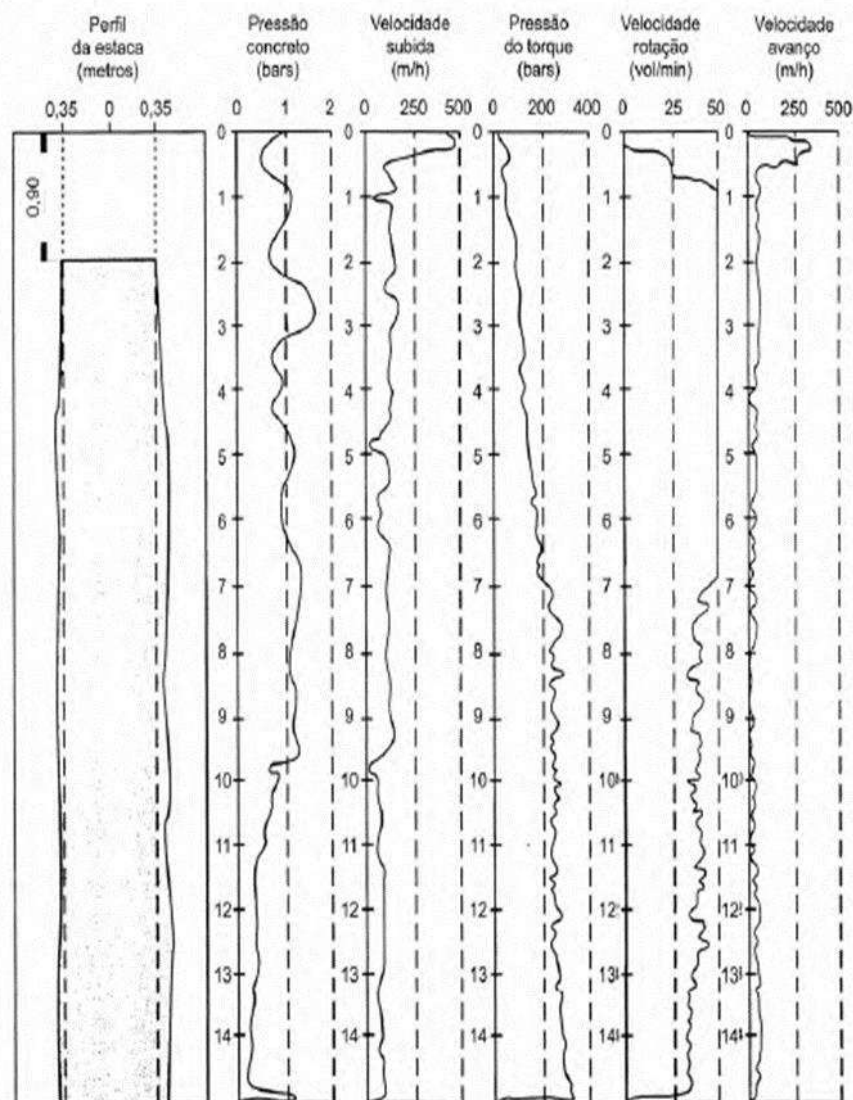


Figura 2 - Folha de controle de execução de estaca hélice contínua. Fonte: Velloso; Lopes, 2011.

1.2 Aspectos Relevantes

A execução das estacas hélice contínua é realizada com auxílio de alta tecnologia e, além disso, essa tecnologia possibilita o controle desta execução através de dados que são informados no computador de bordo. Por este motivo, muitos tem a impressão de que a execução destas estacas é simples, não necessitando de acompanhamento técnico especializado. Este fato, embora seja um ótimo artifício para controlar a qualidade, têm sido um ponto negativo em diversos casos, pois, por diversas vezes abdica-se de um acompanhamento ou assistência de um engenheiro de fundações durante a execução deste tipo de estacas (NETO, 2002).

Muitas empresas, especialmente as de execução de estacas hélice contínua, que são as mais empregadas e conhecidas no mercado, tem o hábito de utilizar em sua execução, equipes com conhecimento insuficiente sobre o controle e aspectos relevantes da execução destas estacas (NETO, 2002).

Alonso (1998b) faz a recomendação de valores mínimos de torque de acordo com o diâmetro, para estacas hélice contínua. Os valores mínimos de torque em função do diâmetro estão presentes na Tabela 1 abaixo. A Tabela 2 demonstra uma recomendação do mesmo autor, porém, essa se refere para força de arranque da perfuratriz hélice contínua de acordo com o diâmetro (NETO, 2002).

Tabela 1 – Torque em função do diâmetro. Fonte: Neto, 2002

Diâmetro (cm)	Torque (kN.m)
$D < 70$	$> 80 \text{ kN.m}$
$70 < D < 100$	$> 160 \text{ kN.m}$

Tabela 2 – Força de arranque em função do diâmetro. Fonte: Neto, 2002.

Diâmetro (cm)	Arranque (kN)
$D < 70$	$> 400 \text{ kN}$
$70 < D < 100$	$> 700 \text{ kN}$

Entre outros múltiplos fatores que interferem na correta execução das estacas hélice contínua, podem-se destacar, os que seguem:

a) equipamento

O equipamento usado na execução destas estacas é formado por um guindaste de esteiras, onde é montada a torre vertical, com a altura sendo apropriada à profundidade desejada da estaca, com guias por onde segue a mesa de rotação de acionamento hidráulico e em seguida o trado de perfuração com formato helicoidal (NETO, 2002).

b) procedimentos anteriores à execução das estacas

Antes de começar a execução das estacas existem alguns procedimentos de grande importância que devem ser relatados e/ou lembrados. De acordo com o tamanho e porte dos maquinários necessários para a execução destas estacas, se faz necessária a avaliação de prováveis trajetos e itinerários para se conseguir o acesso ao local da obra e instalações. Também, de acessibilidade e locomoções da perfuratriz dentro das instalações da própria obra (NETO, 2002).

c) controle da concretagem:

Este talvez seja o item mais importante para a garantia de qualidade da estaca. Ao mesmo tempo é o fator que tem causado os maiores problemas em estacas hélice na prática, não só por dificuldades de se obter um concreto de qualidade devido ao processo executivo, mas também, em razão do concreto não ser de responsabilidade da empresa executora da estaca, e sim da concreteira (fornecedora de concreto), que é normalmente contratada pela construtora da obra, e não pela empresa executora das fundações (NETO, 2002).

2 Metodologia

2.1 Standard Penetration Test (SPT)

O Standard Penetration Test (SPT) é, consideradamente, o mais comum, usual e econômico instrumento de análise geotécnica em praticamente todo o mundo. Ele é usado para indicar a densidade de solos granulares e serve

também para identificar a consistência de solos coesivos e de rochas brandas. Procedimentos habituais de projeto de fundações rasas e profundas utilizam regularmente os resultados de SPT, principalmente no Brasil (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Os equipamentos constituintes de um sistema de sondagem SPT são demonstrados na Figura 3.

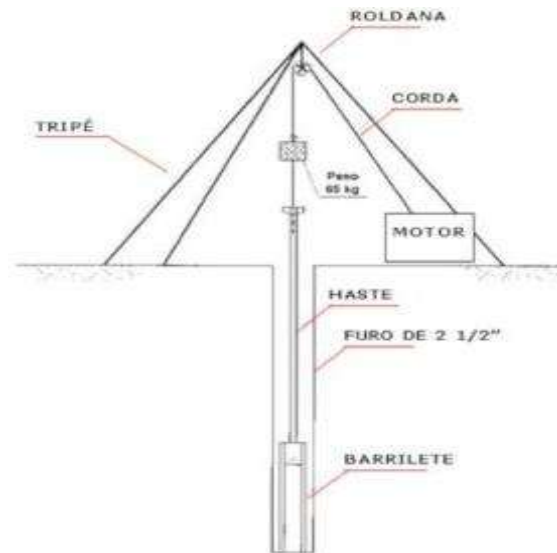


Figura 3 – Equipamentos constituintes do SPT (Fonte: Schnaid; Odebrecht, 2012).

A amostra recolhida no corpo do amostrador deverá ser disposta em um recipiente vedado e enviada ao laboratório para realização da classificação granulométrica, da cor, da presença de matéria orgânica e da origem. Esse procedimento de classificação deve ser realizado por um geólogo ou engenheiro geotécnico (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Em conformidade com a NBR 6484/2001, o amostrador tem dimensões definidas, não havendo tolerâncias previstas na prática brasileira. Todavia, as dificuldades de transposição de experiências no âmbito do MERCOSUL chamam a atenção, uma vez que, no Uruguai, não é comum a utilização do SPT, e na Argentina, o padrão local é a utilização do amostrador de “Moreto” (Moreto, 1963). Os países que adotam a norma ASTM fazem o uso de amostradores com um rebaixo interno, fator esse que facilita a penetração do solo, consequentemente, influenciando os dados de cravação (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Os resultados são mostrados através de uma planilha padrão, conforme Figura 4, onde são descritas as características do solo, o número de golpes realizados para que se alcançasse a penetração do amostrador a cada profundidade, a cota do nível freático, a localização e a cota do furo e, as vezes, representação gráfica do perfil do solo. Uma orientação dos autores é que os perfis sempre venham acompanhados com fotos digitais das amostras recolhidas do amostrador. Além disso, é também recomendada a remoção de aproximadamente 10g de solo com a finalidade de definir o teor de umidade, de forma que o restante seja usado para determinar a porcentagem de finos (passante na peneira #200: 0,075 mm de abertura). (NBR 6484, 2001).

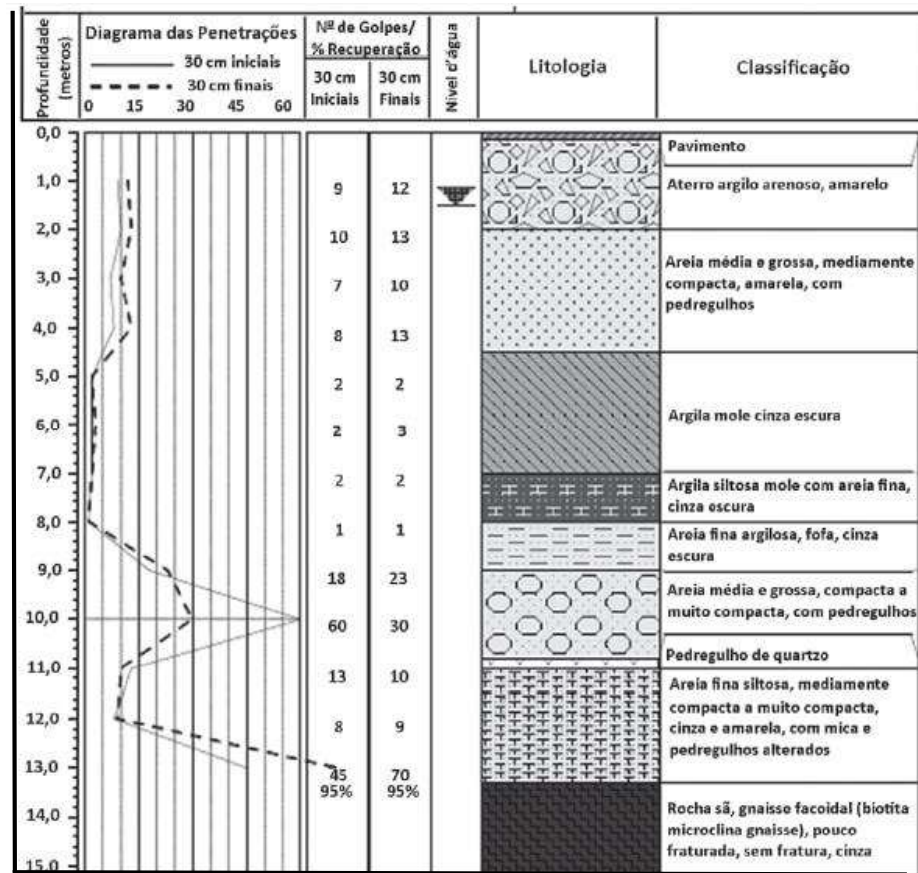


Figura 4 – Boletim de Sondagem. Fonte: Escola Engenharia, 2018.

3 Resultados

3.1 Execução de sondagem

Foram realizados (07) furos de sondagem à percussão (SP-01 – SP-07), para o serviço, foram utilizados os procedimentos estabelecidos na NBR 6484/2001 (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas) e recomendações da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia), utilizando-se tubos de revestimentos de 64 mm (2 1/2") de diâmetro.

Durante a execução das sondagens foram observadas as resistências oferecidas pelo solo à cravação do amostrador padrão tipo Terzaghi & Peck, de 35 mm (1 3/8") e 51mm (2") de diâmetros interno e externo, respectivamente.

Os resultados dessas medidas (SPT – Standart Penetration Test) são expressos em número de golpes, desferidos por um peso batente de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm necessários à penetração de 45 cm do amostrador no terreno em três etapas consecutivas de 15 cm cada.

Estes valores acham-se assinalados nos perfis individuais de sondagem e são indicados gráfica e numericamente, considerando o número de golpes necessários para a penetração dos 30 cm iniciais (I) e dos 30 cm finais (F), do amostrador no terreno.

Para os casos em que a penetração do amostrador é inferior aos 30 cm, iniciais ou finais, as medidas são indicadas sob forma de fração onde o numerador representa o número de golpes e o denominador a penetração correspondente em centímetros.

As amostras provenientes das sondagens à percussão foram analisadas de forma tátil-visual e escritas litologicamente nos perfis individuais em anexo.

A Figura 5 apresenta os registros fotográficos que representam o processo de instalação do tripé que executou a sondagem deste estudo de caso.

A Figura 6 apresenta a lavagem do trépano, para auxiliar o avanço do amostrador, pois como foi explicado anteriormente neste trabalho, esta prática ajuda a garantir a precisão e qualidade dos dados obtidos com a execução da sondagem, evitando irregularidades nos valores correspondentes a resistência do solo e aos perfis do solo.



Figura 5 – Tripé. Fonte: OMG Serviços de Fundação, 2018.



Figura 6 – Lavagem do amostrador. Fonte: OMG Serviços de Fundação, 2018.

3.2 Execução do estaqueamento

Foram executadas 203 estacas hélice contínuas, sendo 136 com diâmetro de 500mm e 67 com diâmetro de 400mm. As estacas foram executadas atendendo as diretrizes estabelecidas por normas. Visando manter o diâmetro, comprimento e integridade definidos pelo projeto.

A Figura 7 apresenta o processo de cravação com o trado de hélice continua.



Figura 7 – Cravação da estaca hélice contínua. Fonte: Construtora IPR, 2018.

3.3 Cálculo do volume de concreto

Nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 estão representados os valores de volume e superconsumo calculados no excel em conjunto com os dados fornecidos pela empresa executora do serviço.

Para estipular o volume de concreto previsto e o superconsumo em porcentagem, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V = A \times h \quad (1)$$

Onde V é o volume em metros cúbicos (m³), A é a área da seção transversal de cada estaca em metros quadrados (m²) e h é a altura em metros (m).

A área da seção transversal é obtida através da fórmula:

$$A = \pi \times r^2 \quad (2)$$

Onde r é o raio de cada estaca.

Após o cálculo de volume em m³, os valores foram multiplicados por 1000 para converter a unidade de metros cúbicos para litros (L), pois os dados de volume de cada estaca que foram fornecidos pela empresa estão em litros.

Tabela 3 – Tabela de estaqueamento 01. Fonte: O autor, 2019

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P18EA	15,08	500	2960,95	3581	20,9%	15,9%
P17EA	14,15	500	2778,35	3233	16,4%	11,4%
P15EA	14,13	500	2774,42	3127	12,7%	7,7%
P27EA	14,65	500	2876,52	3180	10,6%	5,6%
P22EB	15,19	500	2982,55	3510	17,7%	12,7%
P32EA	14,02	500	2752,82	3233	17,4%	12,4%
P25EB	14,23	500	2794,05	3286	17,6%	12,6%
P33EA	15,04	500	2953,10	3498	18,5%	13,5%
P30EA	14,15	500	2778,35	3286	18,3%	13,3%
P20EA	15,56	500	3055,20	3589	17,5%	12,5%
P14EA	16,21	500	3182,83	3828	20,3%	15,3%
P18EB	15,50	500	3043,42	3604	18,4%	13,4%
P25EA	15,08	500	2960,95	3339	12,8%	7,8%
P17EB	15,50	500	3043,42	3591	18,0%	13,0%
P23EA	15,28	500	3000,22	3486	16,2%	11,2%
P21EB	14,00	500	2748,89	3227	17,4%	12,4%
P27EB	15,06	500	2957,02	3557	20,3%	15,3%
P31EA	14,08	500	2764,60	3398	22,9%	17,9%
P32EB	14,19	500	2786,20	3233	16,0%	11,0%
P33EB	14,63	500	2872,59	3339	16,2%	11,2%
P26EB	15,04	500	2953,10	3339	13,1%	8,1%
P34EB	14,80	500	2905,97	3451	18,8%	13,8%
P30EB	15,06	500	2957,02	3516	18,9%	13,9%
P38EB	14,00	500	2748,89	3303	20,2%	15,2%
P37EA	14,36	500	2819,58	3398	20,5%	15,5%
P20EB	15,54	500	3051,27	3591	17,7%	12,7%
P12EB	16,86	500	3310,45	3857	16,5%	11,5%
P11EB	16,10	500	3161,23	3822	20,9%	15,9%
P8EA	14,71	500	2888,30	3233	11,9%	6,9%
P7EA	14,00	500	2748,89	3074	11,8%	6,8%
P10EB	14,28	500	2803,87	3274	16,8%	11,8%
P9EA	14,10	500	2768,53	3298	19,1%	14,1%
P15EB	14,26	500	2799,94	3282	17,2%	12,2%
P13EA	15,00	500	2945,24	3445	17,0%	12,0%
P23EB	14,06	500	2760,67	3257	18,0%	13,0%
P27EC	14,06	500	2760,67	3223	16,7%	11,7%
P35EA	14,00	500	2748,89	3168	15,2%	10,2%
P36EA	15,56	500	3055,20	3445	12,8%	7,8%
P39EB	15,19	500	2982,55	3433	15,1%	10,1%
P40EA	14,58	500	2862,78	3321	16,0%	11,0%
P33EC	15,50	500	3043,42	3639	19,6%	14,6%
P24EA	15,26	500	2996,29	3519	17,4%	12,4%
P18EC	16,30	500	3200,50	3525	10,1%	5,1%
P26EA	15,58	500	3059,13	3681	20,3%	15,3%
P14EB	15,69	500	3080,72	3663	18,9%	13,9%
P20EC	14,13	500	2774,42	3180	14,6%	9,6%
P12EA	16,15	500	3171,05	3498	10,3%	5,3%
P11EA	16,45	500	3229,95	3751	16,1%	11,1%
P8EB	15,10	500	2964,88	3616	22,0%	17,0%
P7EB	14,15	500	2778,35	3274	17,8%	12,8%
P10EA	14,47	500	2841,18	3327	17,1%	12,1%
P9EB	14,56	500	2858,85	3274	14,5%	9,5%
P15EC	14,28	500	2803,87	3268	16,6%	11,6%
P13EB	14,35	500	2817,62	3339	18,5%	13,5%
P21EA	15,15	500	2974,70	3392	14,0%	9,0%
P17EC	15,19	500	2982,55	3533	18,5%	13,5%
P22EA	15,04	500	2953,10	3480	17,8%	12,8%
P31EB	14,13	500	2774,42	3168	14,2%	9,2%
P35EB	16,02	500	3145,52	3763	19,6%	14,6%
P36EB	16,04	500	3149,45	3657	16,1%	11,1%
P24EB	16,00	500	3141,59	3459	10,1%	5,1%
P30EC	15,06	500	2957,02	3286	11,1%	6,1%
P34EA	16,63	500	3265,29	3928	20,3%	15,3%
P32EC	15,54	500	3051,27	3498	14,6%	9,6%
P38EA	14,06	500	2760,67	3127	13,3%	8,3%
P37EB	14,00	500	2748,89	3168	15,2%	10,2%
P40EB	14,10	500	2768,53	3166	14,4%	9,4%
P39EA	16,67	500	3273,15	3922	19,8%	14,8%

Tabela 4 – Tabela de estaqueamento 02. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P27EA	14,06	500	2760,67	3392	22,9%	17,9%
P31EA	14,10	500	2768,53	3210	15,9%	10,9%
P32EA	14,30	500	2807,80	3350	19,3%	14,3%
P33EA	13,28	500	2607,52	2915	11,8%	6,8%
P34EA	12,17	500	2389,57	2597	8,7%	3,7%
P30EA	11,45	500	2248,20	2491	10,8%	5,8%
P20EA	11,06	500	2171,63	2438	12,3%	7,3%
P12EA	11,56	500	2269,80	2756	21,4%	16,4%
P11EA	11,84	500	2324,78	2809	20,8%	15,8%
P8EA	11,86	500	2328,71	2638	13,3%	8,3%
P25EA	12,26	500	2407,25	2703	12,3%	7,3%
P18EA	13,22	500	2595,74	2915	12,3%	7,3%
P22EB	13,41	500	2633,05	3245	23,2%	18,2%
P17EA	13,41	500	2633,05	2962	12,5%	7,5%
P15EA	12,04	500	2364,05	2650	12,1%	7,1%
P9EA	10,65	500	2091,12	2332	11,5%	6,5%
P10EA	11,47	500	2252,13	2597	15,3%	10,3%
P7EA	12,45	500	2444,55	2756	12,7%	7,7%
P35EA	15,26	500	2996,29	3327	11,0%	6,0%
P36EA	14,00	500	2748,89	3062	11,4%	6,4%
P27EB	13,93	500	2735,15	3074	12,4%	7,4%
P21EA	13,02	500	2556,47	3139	22,8%	17,8%
P22EA	13,76	500	2701,77	3127	15,7%	10,7%
P23EB	14,13	500	2774,42	3351	20,8%	15,8%
P32EB	14,47	500	2841,18	3021	6,3%	1,3%
P24EB	12,00	500	2356,19	2874	22,0%	17,0%
P25EB	12,02	500	2360,12	2703	14,5%	9,5%
P33EB	13,52	500	2654,65	3127	17,8%	12,8%
P34EB	11,82	500	2320,85	2544	9,6%	4,6%
P30EB	11,82	500	2320,85	2491	7,3%	2,3%
P40EB	13,76	500	2701,77	2915	7,9%	2,9%
P37EA	11,26	500	2210,90	2544	15,1%	10,1%
P38EA	12,32	500	2419,03	2968	22,7%	17,7%
P20EB	11,36	500	2230,53	2562	14,9%	9,9%
P12EB	11,41	500	2240,35	2491	11,2%	6,2%
P11EB	12,06	500	2367,98	2809	18,6%	13,6%
P14EB	12,26	500	2407,25	2650	10,1%	5,1%
P18EB	13,19	500	2589,85	2862	10,5%	5,5%
P17EB	13,76	500	2701,77	2963	9,7%	4,7%
P13EB	13,23	500	2597,70	3127	20,4%	15,4%
P15EB	11,23	500	2205,01	2491	13,0%	8,0%
P9EB	10,80	500	2120,58	2385	12,5%	7,5%
P10EB	13,08	500	2568,25	2703	5,2%	0,2%
P7EB	12,84	500	2521,13	2756	9,3%	4,3%
P39EA	14,06	500	2760,67	3163	14,6%	9,6%
P26EB	12,23	500	2401,35	2703	12,6%	7,6%
P20EC	11,71	500	2299,25	2438	6,0%	1,0%
P14EA	12,06	500	2367,98	2703	14,1%	9,1%
P24EA	13,00	500	2552,54	2809	10,0%	5,0%
P18EC	13,65	500	2680,17	2915	8,8%	3,8%
P23EA	13,15	500	2582,00	2968	14,9%	9,9%
P17EC	12,56	500	2466,15	2862	16,1%	11,1%
P21EB	12,58	500	2470,08	2597	5,1%	0,1%
P13EA	13,23	500	2597,70	2803	7,9%	2,9%
P15EC	12,60	500	2474,00	2797	13,1%	8,1%
P8EB	11,78	500	2313,00	2438	5,4%	0,4%
P30EC	11,76	500	2309,07	2544	10,2%	5,2%
P27EC	14,30	500	2807,80	3300	17,5%	12,5%
P31EB	14,69	500	2884,37	3233	12,1%	7,1%
P35EB	15,04	500	2953,10	3274	10,9%	5,9%
P36EB	14,06	500	2760,67	3127	13,3%	8,3%
P39EB	14,43	500	2833,32	3074	8,5%	3,5%
P40EA	12,15	500	2385,65	2968	24,4%	19,4%
P37EB	12,30	500	2415,10	2585	7,0%	2,0%
P38EB	10,08	500	1979,20	2332	17,8%	12,8%
P26EC	13,03	500	2558,43	2968	16,0%	11,0%
P33EC	15,08	500	2960,95	3286	11,0%	6,0%
P32EC	13,78	500	2705,70	3127	15,6%	10,6%

Tabela 5 – Tabela de estaqueamento 03. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P4EB	15,10	400	1897,52	2097	10,5%	5,5%
P3EB	14,30	400	1796,99	2057	14,5%	9,5%
P6EA	14,05	400	1765,58	2138	21,1%	16,1%
P5EA	15,34	400	1927,68	2173	12,7%	7,7%
P2EB	15,06	400	1892,50	2267	19,8%	14,8%
P1EA	14,02	400	1761,81	1951	10,7%	5,7%
P16EA	14,04	400	1764,32	2014	14,2%	9,2%
P28EA	14,17	400	1780,65	2014	13,1%	8,1%
P46EA	14,00	400	1759,29	2096	19,1%	14,1%
P45EA	14,00	400	1759,29	2067	17,5%	12,5%
P42EA	14,01	400	1760,55	1998	13,5%	8,5%
P41EA	15,08	400	1895,01	2120	11,9%	6,9%
P44EA	15,04	400	1889,98	2067	9,4%	4,4%
P43EA	15,63	400	1964,12	2332	18,7%	13,7%
P29EA	17,04	400	2141,31	2438	13,9%	8,9%
P19EA	16,08	400	2020,67	2279	12,8%	7,8%
P4EA	14,02	400	1761,81	1968	11,7%	6,7%
P3EA	16,39	400	2059,63	2426	17,8%	12,8%
P6EB	14,15	400	1778,14	1961	10,3%	5,3%
P5EB	14,67	400	1843,49	2014	9,2%	4,2%
P2EA	15,06	400	1892,50	2291	21,1%	16,1%
P1EB	14,00	400	1759,29	1957	11,2%	6,2%
P16EB	14,73	400	1851,03	2114	14,2%	9,2%
P28EB	14,00	400	1759,29	2055	16,8%	11,8%
P46EB	14,06	400	1766,83	2002	13,3%	8,3%
P45EB	14,04	400	1764,32	2047	16,0%	11,0%
P42EB	14,01	400	1760,55	1961	11,4%	6,4%
P41EB	14,02	400	1761,81	2008	14,0%	9,0%
P44EB	16,19	400	2034,50	2425	19,2%	14,2%
P43EB	15,52	400	1950,30	2173	11,4%	6,4%
E1	15,69	400	1971,66	2320	17,7%	12,7%
P29EB	15,06	400	1892,50	2179	15,1%	10,1%
P19EB	16,06	400	2018,16	2338	15,8%	10,8%

Tabela 6 – Tabela de estaqueamento 04. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P46EB	11,04	400	1387,33	1590	14,6%	9,6%
P45EA	12,15	400	1526,81	1749	14,6%	9,6%
P19EA	11,73	400	1474,04	1631	10,6%	5,6%
P5EA	11,50	400	1445,13	1678	16,1%	11,1%
P6EA	11,50	400	1445,13	1578	9,2%	4,2%
P3EA	11,00	400	1382,30	1561	12,9%	7,9%
P4EA	11,50	400	1445,13	1678	16,1%	11,1%
P1EA	11,00	400	1382,30	1631	18,0%	13,0%
P2EA	11,50	400	1445,13	1608	11,3%	6,3%
P43EA	16,50	400	2073,45	2318	11,8%	6,8%
P44EB	16,00	400	2010,62	2179	8,4%	3,4%
P41EA	13,02	400	1636,14	1838	12,3%	7,3%
P28EA	11,69	400	1469,01	1567	6,7%	1,7%
P42EA	12,26	400	1540,64	1696	10,1%	5,1%
P45EB	12,02	400	1510,48	1802	19,3%	14,3%
P46EA	11,15	400	1401,15	1484	5,9%	0,9%
P29EA	12,50	400	1570,80	1843	17,3%	12,3%
P19EB	12,13	400	1524,30	1761	15,5%	10,5%
E1	13,19	400	1657,50	1853	11,8%	6,8%
P16EB	13,00	400	1633,63	1801	10,2%	5,2%
P1EB	10,60	400	1332,04	1618	21,5%	16,5%
P1EB.REF	10,73	400	1348,37	1431	6,1%	1,1%
P2EB	11,76	400	1477,81	1696	14,8%	9,8%
P5EB	12,41	400	1559,49	1908	22,3%	17,3%
P6EB	11,93	400	1499,17	1802	20,2%	15,2%
P3EB	11,60	400	1457,70	1590	9,1%	4,1%
P43EB	16,50	400	2073,45	2296	10,7%	5,7%
P44EA	13,30	400	1671,33	1832	9,6%	4,6%
P41EB	14,08	400	1769,34	2173	22,8%	17,8%
P42EB	12,32	400	1548,18	1844	19,1%	14,1%
P28EB	13,84	400	1739,19	2026	16,5%	11,5%
P16EB	13,04	400	1638,65	1867	13,9%	8,9%
P4EB	11,32	400	1422,51	1684	18,4%	13,4%
P29EB	10,67	400	1340,83	1561	16,4%	11,4%

3.4 Análise dos dados gerais

Com base no relatório de execução das estacas hélice contínuas apresentado pela empresa São Judas Fundações, observamos que há um sobreconsumo acima de 10% em 91 das 203 estacas, ou seja, em aproximadamente 45% das estacas executadas. O que torna oneroso para a empresa esse custo adicional de concreto.

As estacas como a P18EA por exemplo, possui um superconsumo 15,9% estão acima dessa margem de 10%, podendo resultar em problemas estruturais. As estacas como a P15EA, possui 7,7% de superconsumo, sendo consideradas normais, já as estacas como a P21EB, possuem apenas 0,1% de superconsumos, podemos considerá-las “perfeitas”.

Essa verificação nos permite entender que com essa variação de concreto pode haver problemas estruturais na estaca. Estes problemas, podem ser causados devido a um consumo insuficiente ou exagerado de concreto. No caso do consumo insuficiente, podemos constatar que ocorreu o estrangulamento da estaca, no caso inverso, existem vários fatores que iremos citar à seguir.

O Primeiro a ser verificado é a falta de limpeza da rede, que é um critério de qualidade descrito anteriormente neste trabalho. Fazendo com que esse superconsumo possa levar a danos estruturais na estaca. Um exemplo clássico deste problema foi apresentado na figura 4 onde foi realizada uma prova de carga e verificou-se um recalque maior quando não ocorre a limpeza.

Ao analisar a estaca P40.EA, onde sua profundidade de execução foi de 12,15 metros, um superconsumo de 24,4% que foi reajustado a 5% de perda devido ao transporte, instalação e início da concretagem, levando ao superconsumo de 19,4%. Foi observado que para executar a perfuração levou aproximadamente 9 min para sua execução e, 13 minutos para concretagem, o que torna bastante discrepante com as demais que leva aproximadamente 4 minutos para sua concretagem em estacas com a mesma profundidade.

O último caso que pode levar ao sobreconsumo, é a negligência do operador em executar sua atividade, por isso, para garantir a qualidade da execução dos serviços, a equipe deve ser treinada de forma a garantir um bom desempenho.

4 Conclusões

Fundações são elementos estruturais que tem por finalidade transmitir as cargas de uma edificação, casa, ou qualquer construção para o solo, sem que essa transmissão cause rupturas no solo ou resulte em futuros recalques. As fundações podem ser chamadas também de alicerce.

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", cuja perfuração consiste na introdução de um trado helicoidal (com tubo vazado central) no terreno até a profundidade do projeto de fundações. Finalizada a perfuração, o concreto é lançado através do tubo metálico, simultaneamente com a retirada do trado.

As estacas hélice contínuas possuem o auxílio de um computador que monitora toda a execução através de sensores, porém, mesmo com esse monitoramento se faz necessário o destaque de alguns aspectos relevantes que influenciam na qualidade e resultado final da estaca, dentre eles podemos citar o equipamento, procedimentos anteriores a execução, controle da concretagem, pressão de injeção de concreto, sistema de injeção de concreto, colocação da armadura e cota de arrasamento.

Além desses fatores, é necessário analisar o tipo de empreendimento, a fim de decidir o grau de monitoramento e controle na hora de comprar e empregar materiais na obra.

Sondagem SPT também conhecido como sondagem à percussão ou sondagem de simples reconhecimento, é um processo de exploração e reconhecimento do solo, largamente utilizado na engenharia civil para se obter subsídios que irão definir o tipo e o dimensionamento das fundações que servirão de base para o empreendimento. A sigla SPT tem origem no inglês (standard penetration test) e significa ensaio de penetração padrão.

Os resultados do SPT são apresentados em um boletim de sondagem, onde devem ser informados os níveis do lençol freático, a resistência do solo através do N_{spt} , nomenclatura dos solos, profundidade de metro a metro, o número de golpes realizados para que se alcançasse a penetração do amostrador a cada profundidade e, as vezes, a representação gráfica do perfil do solo.

O controle de execução da estaca deve ser feito durante seu processo, e essa análise garante a qualidade e o desempenho estrutural da estaca.

Foi verificado um superconsumo em algumas estacas descritas no projeto e foram apresentadas algumas hipóteses que podem ser fatores influenciadores para este tipo de ocorrência como, a falta de limpeza de rede, negligência do operador, pouca força de arranque e outros diversos fatores. Porém não fica claro devido a insuficiência de dados obtidos através do relatório de execução das estacas hélice contínuas.

A insuficiência faz com que além da empresa executora estar em desacordo com a norma, a mesma não permite ao engenheiro a verificação da qualidade em relação a força de torque aplicada, a força de arranque e a pressão de injeção de concreto utilizados na execução, esta insuficiência de dados resultou neste estudo uma abordagem mais discreta, diferentemente do almejado inicialmente nesta pesquisa.

Concluimos que, é importante que sejam apontados todos os dados durante o monitoramento executivo tanto quanto ao monitoramento executado por um operário ou engenheiro qualificado para que possamos realizar análises e estudos com mais precisão do serviço executado e, com base nos relatórios apresentados, sejam seguramente identificados ocorrências de falhas nas estacas para que imediatamente sejam corrigidas em projeto, ou seja, caso necessário seja realizado um reforço do bloco.

5 Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484/2001: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.

CINTRA, J.C.A. (1998). Solos colapsáveis. In: CINTRA J.C.A. Fundações em solos colapsáveis. São Carlos: Serviço gráfico da EESC/USP. Cap. 1. p. 7-14. CPTM (2002). Comunicação pessoal.

<https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/>

NETO, JOSE ALBUQUERQUE DE ALMEIDA. Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SCHNAID, Fernando. Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações / Fernando Schnaid, Edgar Odebrecht. -- 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VELLOSO, DIRCEU ALENCAR. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.