



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE MANAUS – CEULM CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ESTACA ESCAVADA TIPO HÉLICE: PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO

KEILA DA SILVA DE BRITTO

RESUMO

Este trabalho apresenta o uso de estaca tipo hélice contínua monitorada “in loco” através de um equipamento chamado perfuratriz, pela injeção de concreto numa cavidade cilíndrica aberta por um trado helicoidal longo. O concreto é introduzido no solo pelo tubo que serve de eixo ao trado, mantendo a pressão um pouco superior à pressão geostática evitando qualquer alívio dessa pressão. Tem como objetivo mostrar a agilidade para execução deste tipo de fundação, por conta do grande aumento de uso nas obras no mercado da construção civil de Manaus-AM.

Palavras - chave: Desempenho de estacas, agilidade para execução, estaca hélice.

1 INTRODUÇÃO

As estacas hélices contínuas estão sendo muito utilizadas atualmente. Trata-se da perfuração do terreno através de um trado helicoidal contínuo, que retira o solo sem desconfinamento. Uma vez atingida à profundidade de projeto, o concreto é bombeado por dentro do trado a partir da cota de ponta da estaca. O trado é cuidadosamente sacado simultaneamente ao bombeamento de concreto. A armadura pode ser simplesmente espetada no topo da estaca ou introduzida através de vibrador. Em um computador instalado na máquina são registrados todos os parâmetros referentes ao perfil da estaca executada como, torque, velocidade de elevação do trado, volume teórico e real de concreto utilizado, pressão de bombeamento utilizada, e tempo de execução. Além de não produzirem vibrações, a estaca hélice continua tem uma produção elevada, e também podem ser executadas abaixo do nível d'água. Problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de aparição e/ou a forma de manifestação. Estes problemas podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada. As formas patológicas encontradas com maior freqüência são infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos, entre outros (ANDRADE, 1992).

Deve-se salientar a importância da detecção precoce de manifestações patológicas, tendo-se em vista que o quanto antes estas forem tratadas, menor será a perda de desempenho e mais barato será a terapia.

Toda edificação possui um período de vida útil a que se destina. Muitas vezes, antes mesmo deste prazo ser alcançado, o nível de desempenho já encontra-se abaixo do satisfatório devido, por exemplo, a falta de manutenção periódica. A manutenção não evitárá que o estabelecimento alcance, um dia, o fim da sua durabilidade, mas sim, prorrogará a vida útil deste, buscando sempre a ausência de patologias.

O concreto é considerado um dos materiais mais utilizados no mundo, tanto pela facilidade da preparação e manuseio como pelo baixo custo comparado a outros materiais de construção. No entanto, vários são os processos de deterioração

deste material, provenientes de causas físicas e químicas. Dentre esses, destacam-se a corrosão das armaduras (ANDRADE, 1992).

Há muitas ocasiões em que o profissional de engenharia civil se vê diante de um problema de corrosão de armaduras nas estruturas de concreto armado, atribuindo no geral à causa a falta de cobrimento adequado de concreto, mas as variáveis que intervêm no processo tem origem diversas. Abordaremos neste trabalho a importância do conhecimento desses fatores que causam problemas na proteção das armaduras de concreto armado, sugerindo alguns aspectos principais para prevenção e correção dessas patologias.

2.0 CONCRETO

2.1 HISTÓRICO DO CONCRETO

A cal hidráulica e o cimento pozolânico (de origem vulcânica) já eram conhecidos pelos romanos como aglomerante. O cimento Portland, tal como hoje conhecido, foi descoberto na Inglaterra por volta do ano de 1824, e a produção industrial foi iniciada após 1850. A primeira associação de um metal à argamassa de pozolana remonta à época dos romanos. No ano de 1770, em Paris, associou-se ferro com pedra para formar vigas como as modernas, com barras longitudinais na tração e barras transversais ao cortante. Considera-se que o cimento armado surgiu na França, no ano de 1849, com o primeiro objeto do material registrado pela História sendo um barco, do francês Lambot, o qual foi apresentado oficialmente em 1855. O barco foi construído com telas de fios finos de ferro preenchidas com argamassa. Embora os barcos funcionassem, não alcançaram sucesso comercial (VASCONCELOS, 1985).

Foi o início do que hoje se conhece como “Concreto Armado”. Até cerca do ano de 1920 o concreto armado era chamado de “cimento armado”. Em 1850, o norte americano Hyatt fez uma série de ensaios e vislumbrou a verdadeira função da armadura no trabalho conjunto com o concreto. Porém, seus estudos não ganharam repercussão por falta de publicação.

Na França, Hennebique foi o primeiro após Hyatt a compreender a função das armaduras no concreto. “Percebeu a necessidade de dispor outras armaduras além da armadura reta de tração. Imaginou armaduras dobradas, prolongadas em diagonal e ancoradas na zona de compressão. Foi o primeiro a colocar estribos com a finalidade de absorver tensões oriundas da força cortante e o criador das vigas T, levando em conta a colaboração da laje como mesa de compressão” (BASTOS, 2011 *apud* VASCONCELOS, 1985).

Os alemães estabeleceram a teoria mais completa do novo material, toda ela baseada em experiências e ensaios. “O verdadeiro desenvolvimento do concreto armado no mundo iniciou-se com Gustavo Adolpho Wayss” que fundou sua firma em 1875, após comprar as patentes de Mounier para empregar no norte da Alemanha (VASCONCELOS, 1985).

Segundo Bastos (2011 *apud* Vasconcelos, 1985), a primeira teoria realista ou consistente sobre o dimensionamento das peças de concreto armado surgiu com uma publicação, em 1902, de E. Mörsch, eminente engenheiro alemão, professor da Universidade de Stuttgart (Alemanha). Suas teorias resultaram de ensaios experimentais, dando origem às primeiras normas para o cálculo e construção em concreto armado. A treliça clássica de Mörsch é uma das maiores invenções em concreto armado, permanecendo ainda aceita, apesar de ter surgido há mais de 100 anos. As fissuras (trincas de pequena abertura, $\approx 0,05$ a $0,4$ mm), causadas pela tensão de tração no concreto, atrasaram o desenvolvimento do concreto armado devido à dificuldade de como tratar e resolver o problema. Como forma de contornar o problema da fissuração no concreto, M. Koenen propôs, em 1907, tracionar previamente as barras de aço, para assim originar tensões de compressão na seção, como forma de eliminar a tração no concreto e consequentemente eliminar as fissuras. Surgia assim o chamado “Concreto Protendido”. Porém, as experiências iniciais não lograram êxito.

Em 1904 foram construídas casas e sobrados em Copacabana, no Rio de Janeiro. Em 1901, ocorreram construções de galerias de água em cimento armado, com 47 m e 74 m de comprimento. Em 1909 foi construída a ponte na Rua Senador Feijó, com vão de 5,4 m. Em 1908, construção de uma ponte com 9 m de vão, executada no Rio de Janeiro pelo construtor Echeverria, com projeto e cálculo do francês François Hennebique. Em São Paulo, no ano de 1910, foi construída uma ponte de concreto armado com 28 m de comprimento, na Av. Pereira Rebouças sobre o Ribeirão dos Machados. Essa ponte ainda existe em ótimo estado de conservação, segundo VASCONCELOS (1985), o qual afirma que em 1913, a “vinda da firma alemã Wayss&Freytag constituiu talvez o ponto mais importante para o desenvolvimento do concreto armado no Brasil”. Sua empresa no Brasil foi registrada somente em 1924, sob o nome de Companhia Construtora Nacional, funcionando até 1974. Imagina-se que, de 1913 a 1924, Wayss utilizou-se da firma de um alemão, L. Riedlinger, para construir várias obras no Brasil, como 40 pontes de concreto armado. Riedlinger importou mestres de obras da Alemanha, e a firma serviu de escola para a formação de especialistas nacionais, evitando a importação de mais estrangeiros (MEHTA , 1994).

O primeiro edifício no Brasil foi em São Paulo data de 1907/1908, sendo um dos mais antigos do Brasil em “cimento armado”, com três pavimentos. A partir de

1924 quase todos os cálculos estruturais passaram a serem feitos no Brasil, com destaque para o engenheiro estrutural Emílio Baumgart.

2.2 TIPOS DE CONCRETO

2.2.1 CONCRETO SIMPLES

O concreto ou betão material mais utilizado na construção civil, composto por uma mistura de cimento, areia, pedra e água, além de outros materiais eventuais, os aditivos e as adições (MEHTA , 1994). Ao misturar cimento, areia, pedra e água, obtém-se o concreto. No seu estado fresco, o concreto pode ser moldado de acordo com as necessidades de cada obra e ao endurecer torna-se uma pedra artificial. Existem diversos traços (receitas) de concreto, dosados com quantidades determinadas de cada componente. O objetivo da dosagem é obter a melhor proporção entre cimento, agregado graúdo (brita 0, 1 e 2), agregado miúdo (areia), água e aditivos, que atenda as especificações preestabelecidas pela obra.

2.2.2 CONCRETO ARMADO

O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de tração atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura), surge então o chamado “concreto armado”, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, no que pode ser auxiliado também por barras de aço (MEHTA , 1994).

No entanto, o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que é essencial e deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura, pois não basta apenas juntar os dois materiais para se ter o concreto armado. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre ambos o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta.

Em resumo, pode-se definir o concreto armado como a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes. De forma esquemática pode-se indicar que concreto armado é: Concreto armado = concreto simples + armadura + aderência. O trabalho conjunto do concreto e do aço é possível porque os coeficientes de dilatação térmica dos dois materiais são praticamente iguais. Outro aspecto positivo é que o concreto protege o aço da oxidação (corrosão), garantindo a durabilidade do conjunto. Porém, a proteção da armadura contra a corrosão só é garantida com a existência de uma espessura de concreto entre a barra de aço e a superfície externa da peça (denominado cobrimento), entre outros fatores também importantes relativos à durabilidade, como a qualidade do concreto (MEHTA , 1994).

VANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

O concreto armado é um material que vem sendo largamente usado em todos os países do mundo, em todos os tipos de construção, em função de várias características positivas, como por exemplo:

- a) Economia: especialmente no Brasil, os seus componentes são facilmente encontrados e relativamente a baixo custo;
- b) Conservação: em geral, o concreto apresenta boa durabilidade, desde que seja utilizado com a dosagem correta. É muito importante a execução de cobrimentos mínimos para as armaduras;
- c) Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela sua fácil modelagem;
- d) Rapidez de construção: a execução e o recobrimento são relativamente rápidos;
- e) Segurança contra o fogo: desde que a armadura seja protegida por um cobrimento mínimo adequado de concreto;
- f) Impermeabilidade: desde que dosado e executado de forma correta;
- g) Resistência a choques e vibrações: os problemas de fadiga são menores.

DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO:

- peso próprio elevado - $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ (2500 kgf/m³)
- menor proteção térmica;

- reformas e demolições - trabalhosas e caras;
- exigência construtiva - precisão no posicionamento das armaduras;
- fissuras inevitáveis na região tracionada;
- construção definitiva.

2.3 MECÂNICA DOS SOLOS

O terreno faz parte integrante de qualquer construção, afinal é ele que dá sustentação ao peso e também determina características fundamentais do projeto em função de seu perfil e de características físicas como elevação, drenagem e localização. No que tange à mecânica dos solos, existem três tipos básicos de solos: arenoso, siltoso e argiloso (fórum da construção, 2013).

2.3.1 SOLOS ARENOSOS

São aqueles em que a areia predomina. Esta se compõe de grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis a olho nu. Como característica principal a areia não tem coesão, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros como mostra a Figura 1. O solo arenoso se constitui de algumas substâncias de areia em que se unem e muitas vezes se formam em cristais de quartzo ou também denominados de minerais primários, essa formação tem sua estrutura considerada de ótima infiltração o que dificulta a sobrevivência de plantas e/ou organismos.

a) Figura 1 – Solo arenoso



Fonte: <http://www.uep.cnps.embrapa.br>, 2013.

2.3.2 SOLOS ARGILOSOS

O terreno argiloso caracteriza-se pelos grãos microscópicos, de cores vivas e de grande impermeabilidade. Os grãos de argila são lamelas microscópicas, ao contrário dos grãos de areia que são esferoidais. Os solos argilosos distinguem-se pela alta impermeabilidade, granulação muito fina que apresentam características marcantes de plasticidade e elevada resistência, quando secas; constituem a fração mais ativa dos solos. O solo argiloso se compõe como o próprio nome informa de pequenas quantidades de argila em que se unem e conseguem abrigar grande quantidade de água, é formado de alumínio e ferro, e também não são de fácil habitação para as plantas(Figura 2).

b) Figura 2 – Solo Argiloso



Fonte: <http://pt.wikinoticia.com>, 2013.

2.3.3 SOLOS SILTOSOS

O silte está entre a areia e a argila, que são dois materiais nobres. É um pó como a argila, mas não tem coesão apreciável. Também não tem plasticidade digna de nota quando molhado. É o solo de granulação fina que apresentam pouca ou nenhuma plasticidade. Cortes feitos em terreno siltoso não têm estabilidade prolongada, sendo vítima fácil da erosão e da desagregação natural precisando de mais manutenção e cuidados para se manter. Os solos siltosos são assim classificados por em sua composição ser encontrado partículas em silte que possui grande facilidade de erosão.

2.4 SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

A sondagem a percussão é também chamada de “Sondagem SPT”. Este nome vem da abreviação dos termos ingleses “Standard Penetration Test”, ou seja, “Teste de Penetração Padrão”. O índice SPT foi definido por Terzaghi-Peck, que nos diz que o índice de resistência à penetração (SPT) é a soma do número de golpes necessários à penetração no solo, dos 30 cm finais do amostrador. Despraze-se, portanto o numero de golpes correspondentes à cravação dos 15cm iniciais do amostrador.

Ainda que o ensaio de resistência à penetração não possa ser considerado como um método preciso de investigação, os valores de SPT obtidos dão uma indicação preliminar bastante útil da consistência (solos argilosos) ou estado de compacidade (solos arenosos) das camadas do solo investigadas. Este processo é muito usado para conhecer o sub-solo fornecendo subsídios indispensáveis para escolher o tipo de fundação. Faz parte de um projeto de fundações, pois é uma etapa importante de qualquer construção, de todos os portes. É sobre a fundação que repousa todo o peso da obra, ou seja, tem que verificar se a base é instável. O conhecimento do tipo de solo, é importante para se conhecer o comportamento esperado ao receber as cargas, mas para saber o melhor tipo de fundação é preciso saber: a) Quais são os tipos de solo que estão sob a obra, e a que profundidade. b) Qual é altura do lençol freático. c) Qual é a capacidade de carga do sub-solo, em diversas profundidades. d) Como o solo se comporta ao receber carga.

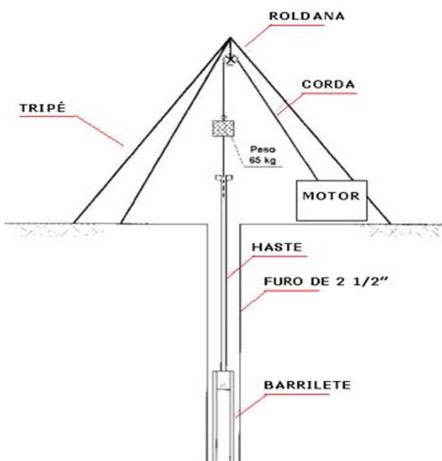
Para obter estes tipos de informação o teste mais econômico e elucidativo é o ensaio SPT. A partir dele o projetista de fundações poderá solicitar exames mais específicos, caso ache necessário.

O ensaio consiste em fazer uma perfuração vertical com diâmetro normal 2,5" (63,5mm). A profundidade varia com o tipo de obra e o tipo de terreno, ficando em geral entre 10 a 20 m. Enquanto não se encontra água, o avanço da perfuração é feita, em geral, com um trado espiral (helicoidal).

O avanço com trado é feito até atingir o nível de água ou então algum material resistente. Daí em diante, a perfuração continua com o uso de trépano e circulação de água, processo denominado de “lavagem”. O trépano é uma ferramenta da largura do furo e com terminação em bisel cortante, usado para desagregar o material do fundo do furo. O trépano vai sendo cravado no fundo do furo por

repetidas quedas da coluna de perfuração (trépano e hastas). O martelo cai de uma altura de 30 cm, e a queda é seguida por um pequeno movimento de rotação, acionado manualmente da superfície, com uma cruzeta acoplada ao topo da coluna de perfuração. Injeta-se água sob pressão pelos canais existentes nas hastas, esta água circula pelo furo arrastando os detritos de perfuração até a superfície. Para evitar o desmoronamento das paredes nas zonas em que o solo apresenta-se pouco coeso é instalado um revestimento metálico de proteção (tubos de revestimento). A sondagem prossegue assim até a profundidade especificada pelo projetista (que se baseia na norma), ou então até que a percussão atinja material duro como, por exemplo, rocha, matacões, seixos ou cascalhos de diâmetro grande. Equipamento para ensaio de percussão e medição do SPT de subsolo.(Figura 3).

Figura 3 - Sondagem SPT



Fonte: M. CAMPOS, 2000

O amostradoré cravado através do impacto de uma massa metálica de 65 kg caindo em queda livre de 75 cm de altura. O resultado do teste SPT será a quantidade de golpes necessários para fazer penetrar os últimos 30 cm do amostrador no fundo do furo. Se o solo for muito mole, anota-se a penetração do amostrador, em centímetros, quando a massa é simplesmente apoiada sobre o ressalto. A medida correspondente à penetração obtida por simples apoio, ou zero golpes, pode ser expressiva em solos moles. Na penetração por batida da massa conta-se o número de golpes aplicados, para cada 15 cm de penetração do amostrador. As diretrizes para a execução de sondagens são regidas pela NBR

6484, "Execução de Sondagens de simples reconhecimento", a qual recomenda que, em cada teste, deve ser feita a penetração total dos 45 cm do amostrador ou até que a penetração seja inferior a 5 cm para cada 10 golpes sucessivos. A cada ensaio de SPT prossegue-se a perfuração (com o trado ou o trépano) até a profundidade do novo ensaio. No Brasil, as empresas de sondagem estão adquirindo equipamentos com sistema hidráulico e movidos por motor a combustão, para execução do ensaio SPT, cujo amostrador é cravado no terreno por meio de martelo mecânico.

2.5 TIPOS DE ESTACAS

2.5.1 ESTACAS PRÉ- FABRICADAS

As estacas pré-fabricadas podem ser de concreto armado ou de concreto protendido, concretadas em formas horizontais, verticais ou por sistema de centrifugação. Sua seção pode ser quadrada, circular, hexagonal, tipo estrela, maciça ou ocas e sua armação deve atender aos esforços de manuseio como cravação, transporte, e utilização. Nos casos em que as estacas estão sujeitas a esforços de tração, sua armadura dimensionada pode ser solicitada ao fabricante. As dimensões das seções variam de 15cm a 70cm, com comprimentos das peças variando até 12.00m. As emendas podem ser através de solda, luvas soldadas ou luvas de simples encaixe, desde que a seção emendada possa resistir a todas as solicitações que a estaca estará submetida.

Nas duas extremidades da estaca, deve haver reforço da armação transversal, devido aos esforços de cravação. O cobrimento nestas áreas deverá ser de 30 a 50mm, com resistência característica do concreto de 25 a 35 Mpa. Para estacas de concreto, a relação entre o peso do martelo e o peso da estaca deve ser a maior possível, e no mínimo em torno de 0.5. Quando a cota de arrasamento estiver abaixo do plano de cravação, pode-se utilizar o suplemento (prolonga, noiva, etc.), que funciona como "guia" e é sacado após o término da cravação. O suplemento absorve parte razoável da energia de cravação são maiores as possibilidades de a estaca ser deslocada de sua posição. O seu uso deve ser restrito até 2,50 m, caso não sejam previstos recursos especiais. A utilização do suplemento deve ser prevista no cálculo da estaca, que no caso de terrenos

variáveis, em que a estaca não atingir terreno satisfatório, pode ocorrer à perda da estaca.

Vantagens das Estacas Cravadas:

- Facilidade de execução em terrenos que apresentam elevado nível do lençol freático.
- Melhor desempenho na execução ao se atravessar camadas de solos moles, com baixa resistência, suscetíveis ao desmoronamento das paredes do furo (no caso das estacas escavadas).
- Proporcionam, ao final da execução do serviço, uma obra limpa, ou seja, sem resíduos provenientes de escavações, movimentação de grandes equipamentos, etc.
- Possibilidade de execução de estacas em lugares com pé-direito reduzido.

São consideradas como elementos estruturais e podem ser:

- c) Madeira
- d) Aço
- e) Concreto

Sendo que podem ser armadas ou não. São dimensionadas para suportar cargas verticais, horizontais e inclinadas, tendo como principais finalidades:
a - Transmitir as cargas de uma estrutura através de uma camada de solo de baixa resistência ou através de água, até uma camada de solo resistente que garanta o apoio adequado. A forma de trabalho das estacas assemelha-se aos pilares de uma estrutura.

b - Transmitir a carga a uma certa espessura de solo de resistência não muito elevada, utilizando para isso o atrito lateral que se desenvolve entre o solo e a estaca.

c - Compactar solos granulares para aumentar a capacidade de carga desses solos.
d - Proporcionar escoramento lateral a certas estruturas ou resistir a forças laterais que se exerçam sobre elas (como o caso de pontes), nesses casos é comum utilizar estacas inclinadas.

e - Proporcionar ancoragem a qualquer efeito que tenha a tendência de “levantar” a estrutura (estaca de tração).

f - Alcançar profundidades onde não tenha a ocorrência de erosão ou outro efeito nocivo que comprometa a estabilidade da estrutura.

g - Proteger estruturas marítimas contra o impacto de navios ou outros objetos flutuantes.

2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTACAS

-Quanto à forma de trabalho:

- a) Estaca de ponta: Capacidade de carga se dá com o apoio direto a uma camada resistente.
- b) Estaca de atrito: Capacidade de carga se dá através do atrito lateral, produzido contra o solo adjacente.
- c) Estaca mista: Utilizam os dois efeitos acima.

ESTACA DE AÇO

Estacas de aço são geralmente utilizadas em fundações e contenções, e especialmente quando se deseja atingir profundidades muito elevadas. Por serem de aço devem ser retilíneas e uma vez cravadas em terreno natural dispensam tratamento especial, independentemente do nível d'água.

No caso de trechos com materiais agressivos ao aço, é obrigatória a proteção, encamisamento de concreto, pintura epóxi, proteção catódica.

As estacas podem ser de perfis laminados, perfis soldados, simples ou múltiplos, tubos de aço, de chapa dobrada, e trilhos metálicos. As emendas podem ser soldadas, talas de junção ou talas parafusadas. Geralmente, é usual cortar o seu topo danificado após o término da cravação. No caso de estacas submetidas à tração, deve-se soldar uma armadura de forma a transmitir os esforços à estaca.

Quando a cota de arrasamento estiver abaixo do plano de cravação, pode-se utilizar o suplemento (prolonga, noiva, etc.), que funciona como "guia" e é sacado após o término da cravação. O suplemento absorve parte razoável da energia de cravação, e são maiores as possibilidades de a estaca ser deslocada de sua posição. O seu uso deve ser restrito até 2,50 m, caso não sejam previstos recursos especiais. A utilização do suplemento deve ser prevista no cálculo da estaca, que no

caso de terrenos variáveis, em que a estaca não atingir terreno satisfatório, pode ocorrer à perda da estaca.

Desvantagens:

- Falta de conhecimento técnico do produto
- Poucos fornecedores

Vantagens:

- Não fissuram – não trincam – não quebram.
- Fácil descarga e manuseio.
- Custo do frete mais barato em vista de seu peso.
- Pouca vibração de cravação.
- Facilidade de emendas.
- Podem ser utilizadas em galpões com altura de até 4,00 metros.
- Elevada resistência à flexão e compressão

ESTACA DE CONCRETO

As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos.

EQUIPAMENTO

A cravação de estacas pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições da vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

A folga do martelo e do capacete não deve ser superior a 3,0cm em relação às guias do equipamento. O formato do capacete deve ser adequado à seção da estaca e possuir superfície de contato plana, com encaixes com folga inferior a 3,0 cm, sendo periodicamente verificadas e corrigidas eventuais irregularidades. Suas dimensões externas devem ser compatíveis com as do martelo, de forma que a carga transmitida seja centrada (Figura 4)

f) Figura 4 - Estaca pré moldadas; a) Seção circular e b) seção quadrada.



a)



b)

Fonte: SIMONS E MENZIES, 2009.

Vantagens:

- Duração ilimitada quando abaixo do N.A.
- Boa resistência aos esforços de flexão e cisalhamento.
- Boa qualidade do concreto (pois é confeccionada em fábricas apropriadas).
- Diâmetro e comprimento precisos.

ESTACA DE MADEIRA

A estaca de madeira é o tipo mais antigo de estaca que se usou e o mais simples. Geralmente é utilizado no Brasil o eucalipto como estaca de madeira. Além de fundação, também é usada para cimbramento. As estacas são cravadas com bate-estacas de pequenas dimensões e martelos leves, e a relação entre o peso do martelo e o peso da estaca deve ser a maior possível, e no mínimo em torno de 1.0.

Suas emendas usualmente são em sambladura, anel metálico ou talas de junção (aparafusadas). As estacas de madeira devem ser utilizadas para pequenas cargas.

As estacas de madeira sempre foram empregadas desde os primórdios da história da construção civil. Atualmente, diante das dificuldades de obter madeiras de boa qualidade e do incremento das cargas das estruturas sua utilização se tornou bem mais reduzida.

As estacas de madeira nada mais são do que troncos de árvores, os mais retos possíveis, cravados normalmente por percussão, utilizando-se pilões de queda livre. No Brasil a madeira mais empregada é o eucalipto, principalmente como fundação de obras provisórias (por exemplo cimbramento de pontes). Para obras definitivas tem-se usado as denominadas madeiras de lei, como por exemplo a peroba, a aroeira, a mocaranduba, o ipê e outras.

A madeira tem duração praticamente ilimitada quando mantida permanentemente submersa. Entretanto, quando submetida a variação de nível de água apodrece por ação de fungos aeróbios que se desenvolvem no ambiente aquático. Por isso a durabilidade das estacas de madeira está condicionada a privá-la de um desses fatores. Como no solo é praticamente impossível obter um meio completamente seco, o fator a eliminar é o ar.

Para se garantir a durabilidade da estaca quando ocorre a variação do nível de água costuma-se fazer o tratamento das madeira com sais tóxicos a base de zinco, cobre, mercúrio etc. Para sua utilização, é necessário que elas fiquem totalmente abaixo d'água; o nível d'água não pode variar ao longo de sua vida útil. Utilizam-se estacas de madeira para execução de obras provisórias, principalmente em pontes(Figura 5).

Figura 5 – Estaca de Madeira



Fonte: SIMONS E MENZIES, 2009.

Vantagens : são os preços baixos, fácil emenda, resiste a cravação, transporte, fácil corte e são leves comparadas com outros materiais.

Desvantagens : são difíceis de obter em certas regiões atacável por micro-organismos; aplicável somente para solos submersos em obras permanentes quando cravadas através de solos moles ou água para atingir um estrato firme estão sujeitas a romperem sem ser visível o dano não admitem carga de trabalho elevada vulnerável a deterioração quando não tratada em situação submersa intermitentemente; vulnerável a danos em cravação difícil.

2.6 ESTACA TIPO HÉLICE

Desenvolvida nos Estados Unidos na década de 50, os equipamentos de Estaca Hélice Contínua utilizados eram formados por guindaste com torre de perfuração acoplada e dotados de mesa perfuradora. Posteriormente, a Estaca Hélice Contínua foi difundida na Europa e no Japão na década 70, chegando ao Brasil por volta de 1987, com modelos aqui fabricados capazes de executar estacas com diâmetro de 275 a 425 mm e até 15 metros de comprimento. Com a importação de equipamentos da Europa, principalmente da Itália, a partir da metade da década de 90, o mercado brasileiro passou a contar com maquinário desenvolvido especialmente para execução de Estacas Hélice Contínua.

A aceitação dessa solução foi resultado de melhorias e adaptações exigidas pelo mercado ao longo de anos, entre elas podemos ressaltar:

- A substituição do uso de argamassa por concreto;
- O desenvolvimento de instrumentos sofisticados para monitoramento da execução;
- Mesa rotativa com torque suficiente para penetrar a hélice em profundidades e diâmetros maiores.

A solução de fundações profundas com uso de estacas tipo Hélice Contínua Monitorada tem conquistado adesões cada vez maiores, tanto dos projetistas e

consultores, como também dos construtores e empreendedores de modo geral. Tal fato deve-se, principalmente, ao grande avanço tecnológico representado por este processo de execução, que tem como destaque as seguintes vantagens:

- não interferir nas edificações da vizinhança;
- não provocar vibração ou ruído típico dos equipamentos à percussão;
- possuir grande velocidade de execução, com média superior a 200m/dia, implicando em redução significativa do cronograma da obra;
- não se afetada pelo nível do lençol freático.

A estaca Hélice Contínua Monitorada é moldada “in loco” pela injeção de concreto numa cavidade cilíndrica aberta por um trado helicoidal longo. O concreto é introduzido no solo pelo tubo que serve de eixo ao trado, mantendo a pressão um pouco superior a pressão geostática evitando qualquer alívio dessa pressão.

São perfuradas mecanicamente e moldadas no local após a escavação do solo. Os diâmetros de perfuração variam de 25 cm a 150 cm e profundidade pode chegar a 25,00m, podendo ser utilizadas como tubulações a céu aberto, a partir do diâmetro de 70cm. A estaca escavada é utilizada em terrenos secos (ou com nível de água a baixo do nível de solo resistente) e consiste em remoção do solo através de trado rotativo (Figura 6).

g) Figura 6 – Processo de escavação da estaca.



Fonte: O Autor, 2012.

O uso de estaca hélice continua proporciona rapidez na execução de infraestrutura (fundação) da obra . A desvantagem deste serviço é o alto custo (nesta fase da obra) devido a utilização de equipamentos de alta precisão, mas todo custo é beneficiado pelo agilidade e pouco transtorno na execução do serviço.

Vantagens: A elevada produtividade , reduzindo em apenas uma equipe de trabalho. Adaptabilidade na maioria dos tipos de terrenos, exceto na presença de matações e rochas. O processo executivo não produz os distúrbios e vibrações típicas dos equipamentos e percussão e não causa descompressão do terreno. A perfuração com hélice não produz detritos poluídos por lama bentonítica, reduzindo os problemas ligados à disposição final de material resultante da escavação.

Desvantagens: E função do porte do equipamento, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação. Devido à grande produtividade, exige a central de concreto nas proximidades do local de trabalho. Do ponto de vista comercial é necessário um número mínimo de estacas compatíveis com os custos de mobilização dos equipamentos envolvidos. Limitação nos comprimentos da estaca e da armação.

2.6.1 MATERIAIS E MÉTODO EXECUTIVO

A estaca Hélice Contínua Monitorada pode ser entendida como uma estaca de concreto moldada “in loco”, executada por meio da introdução no terreno de um trado helicoidal contínuo, que tem seu comportamento regido pelo princípio da “rosca sem fim”. Este trado, rotacionado por um torque imposto pelo rotator do equipamento, penetra no terreno até a cota prevista em projeto, atendendo e verificando as especificações de profundidades definidas em função de cálculos.

A metodologia permite a sua execução em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não do lençol freático e atravessa camadas de solos resistentes com índices de STP’s acima de 50 dependendo do tipo de equipamento utilizado.

A velocidade de perfuração produz em média 250m por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade e da resistência do terreno, podendo variar de 200 a 300m/dia.

Após sua introdução, o trado é sacado sem imposição da rotação, permitindo-se que simultaneamente ao saque seja bombeado concreto auto adensável através de um tubo central vazado.

Concluída esta etapa e após a retirada completa do trado do terreno, segue-se com a remoção do solo escavado pelo trado com o emprego de uma retro escavadeira procedida de limpeza manual da boca do furo.

O concreto normalmente utilizado apresenta resistência característica $f_{ck}30\text{Mpa}$, é bombeável e composto de areia, pedriscos ou brita 1 e consumo de cimento de 350 a 450 Kg/m^3 , sendo facultativa a utilização de aditivos. O Slump é mantido entre 200 e 240mm, normalmente é utilizado bomba de concreto ligada ao equipamento de perfuração através de mangueira flexível.

Em seguida a armadura previamente montada é introduzida no fuste da estaca por meio de imersão no concreto e posicionado de acordo com a cota de topo desejada. Há casos que não se usa armadura.

Resumidamente o processo consiste em perfuração, saque do trado com concomitante concretagem e introdução da armadura.

Todo o processo de execução conta com sofisticado sistema de monitoramento, para que atinja a qualidade necessária aos padrões de segurança e confiabilidade exigidos nestes procedimentos.

Do computador de bordo são controlados a verticalidade e a profundidade da estaca, o torque e a velocidade de rotação, penetração e saque da hélice, a pressão de injeção do concreto, o horário de início, término da execução de cada estaca e também são calculados o consumo teórico e real de concreto. Tal nível de informação permite ao operador do equipamento e ao engenheiro da obra o adequado controle da atividade de forma a garantir a integridade da estaca e o não desconfinamento do solo. Todos os parâmetros obtidos e calculados pelo computador de bordo são transferidos para um computador da empresa que conta com software específico para análise dos dados e posterior emissão de relatório detalhado e individual de cada estaca, ficando estes à disposição do cliente e demais especialistas envolvidos na obra.

Procedimentos e etapas para execução da Estaca Hélice;

a) Perfuração do solo:

- O espaçamento mínimo entre estacas executadas no mesmo dia dever ser igual a 5 vezes o diâmetro para o tipo de hélice contínua, sempre maior ou igual a 4m de distância.
- Deverá ser identificado nos piquetes de topografia o nº da estaca, diâmetro e comprimento com marcador esferográfico industrial;
- Mater a verticalidade conferindo os níveis da máquina e prumo do trado durante a perfuração, estes dados serão controlados pelo computador instalado na cabine do equipamento de perfuração;
- Sempre que uma estaca apresentar desvio angular em relação projetada, deve ser feita verificação de estabilidade, tolerando-se, sem medidas corretivas, um desvio de 1:100. Desvios maiores requerem detalhe especial;
- Em se tratando de grupos de estacas, a verificação deverá ser feita para o conjunto, levando-se em conta a contenção do solo e as ligações estruturais;
- Aprumar a torre e posicionar o trado sobre o piquete;
- Fixar a tampa na ponta do trado;
- Conferir vazão da bomba de concreto (20m³/h para estacas com diâmetro máximo de 50cm e 40m³/h para diâmetros maiores);
- Acionar o computador do equipamento, e informar a vazão da bomba de concreto;
- Para as estaca tipo “hélice contínua” todo solo proveniente da escavação deverá ser removido imediatamente após a concretagem e antes da colocação da armadura com o auxílio de retroescavadeira;
- Quando a cota de arrasamento estiver abaixo do nível do terreno e do lençol freático, a concretagem deverá ser levada até o nível do terreno e posteriormente o excesso deverá ser cortado quando dopreparo da cabeça da estaca.

b) Concretagem da Estaca

O traço do concreto a ser utilizado será elaborado através do estudo de dosagem com as seguintes características:

- Resistência à compressão: $f_{ck} \geq 20,0$ Mpa;
- Lançamento bambeável (slumptest 220 +/- 30 mm);
- Adensamento: Auto-adensável;

- Agregados: Areia + Pedrisco;
- Consumo mínimo de cimento por m³ = 400kg;
- Aditivos: Plastificantes e/ou retardadores (facultativo);
- Tempo de início de pega superior a 3 horas;

O processo de execução dá conforme a seguinte sequencia:

- 1 - Iniciar o bombeamento do concreto após as preliminares do recebimento e a liberação do caminhão betoneira.
- 2 - A pressão e o volume do concreto serão controlados através do computador do equipamento..
- 3 - A concretagem não deverá ser interrompida antes de preencher totalmente a estaca, caso a estaca durante a perfuração apresente algum problema deve-se manter o trado na posição em que parou para manter a pressão positiva no terreno, eliminando o risco de penetração de água no furo, mantendo-se a integridade do mesmo;
- 4 - Limpar a superfície da estaca retirando o barro da perfuração até o concreto limpo ficar aparente.

c) Montagem e colocação da armadura

- Verificar se a armadura está de acordo com o projeto ou documento autorizado;
- A armadura deverá ter seus ferros transversais ponteados por solda (quando superiores a 8m) aos ferros longitudinais, para conferir ao conjunto, rigidez suficiente à sua correta instalação.
- As estacas devem ser armadas com seu trecho superior até um comprimento mínimo de 4m de profundidade;
- Deverá ser registrado a quantidade e a bitola da armação longitudinal e transversal bem como as emendas;
- Introduzir a armação no concreto fresco, manualmente ou através de pilão apoiado na mesa da perfuratriz até a cota de projeto.

d) Controle

No controle da execução as estacas serão monitoradas por equipamentos computadorizados que deverão fornecer boletins contendo no mínimo as seguintes informações:

- Número da estaca;
- Profundidade da estaca;
- Tempo;
- Inclinação;
- Velocidade de Penetração do trado;
- Velocidade de rotação do trado;
- Torque;
- Velocidade de retirada (extração de hélice);
- Volume de concreto lançado;
- Pressão do Concreto;
- Diâmetro da estaca;
- Qualquer ocorrência

2.7 ESCOLHA DO TIPO DE ESTACA

Para fazer a escolha da estaca a ser executada. São considerados os seguintes aspectos relativos ao projeto de estacas:

1. Tipos de estacas
2. Estacas em solos coesivos
3. Estacas em solos granulares
4. Efeito de grupo de estacas
5. Atrito lateral negativo
6. Cargas laterais em estacas
7. Ensaios de estacas

Três critérios de projetos devem ser sempre observados:

- a) o material da estaca não deve ser solicitado em acesso;
- b) deve haver um coeficiente de segurança adequado à ruptura por cisalhamento;
- c) os recalques devem ser mantidos dentro de limites toleráveis.

Deve-se observar que as estacas podem ser necessárias por diversos motivos, como:

- a) transferir as cargas a uma camada mais resistente e/ou menos compressível;
- b) resistir a forças horizontais de encontros de pontes ou muros de arrimo;
- c) aumentar a estabilidade de edifícios altos;
- d) resistir a forças de subpressão;
- e) evitar danos devidos à erosão superficial;
- f) compactar areias fofas.

Em qualquer situação, o tipo de estaca escolhido e o método de projeto utilizado serão influenciados pelos fatores que determinam a decisão de usar estacas, em primeiro lugar.

Há numerosos tipos de estacas, protegidos por patentes ou não, nos grupos anteriores. Considerando os fatores técnicos abaixo relacionados, a escolha se reduz a dois ou três tipos e a escolha final é feita em geral com base no custo total, embora a reputação de um empreiteiro de estanqueidade pode ser um fator decisivo na escolha. (SIMONS E MENZIES, 2009).

Os fatores fundamentais que devem ser considerados na determinação do tipo de estaca a ser adotado são:

- a) A localização e o tipo de estrutura;
- b) As condições do solo, incluindo a posição do nível do lençol freático; a durabilidade em longo prazo. As estacas de madeira ficam sujeitas à decomposição especialmente acima do lençol freático, e ao ataque dos microorganismos marinhos. O concreto, suscetível ao ataque químico na presença de sais e ácidos do solo, e as estacas de aço podem sofrer corrosão, se a resistividade específica da argila for baixa e o grau de despolarização for alto;

3.0 CONCLUSÃO

Este artigo teve como intuito apresentar conceitos sobre tipos de solos, concreto armado e os tipos de fundações que podem ser empregados como solução para possíveis problemas com os solos. É importante fazer que existe fatores importantíssimos como: a localização da obra, o tipo de estrutura empregada e principalmente as características do solo, que precisam ser estudadas antes da decisão por que tipo de fundação empregar.

Buscamos focar o trabalho na execução de estaca hélice continua, como solução para situações onde exista um cronograma com prazo de execução apertado.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

JOPPERT JUNIOR, IVAN ; Fundações e contenções de edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo, Ed. Pini, 2007.

M. CAMPOS, IBERÊ . Tipo de Solo e investigação do subsolo . [S.I.]: Virtual Books, 2000. Disponível em:

<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126>>. Acesso em: 14 Set. 2013, 18:10:02.

MEHTA, P.K. ; MONTEIRO, P.J.M. Concreto – Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo, Ed. Pini, 1994, 673p.

SIMONS e MENZIES, MARANGON .Escolha do Tipo de Estaca. [S.I.]: Virtual Books, 2000. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/GF05-Funda%C3%A7%C3%B5es-Profundas-Escolha-Estaca-Consid-Norma.pdf>>. Acesso em: 16 Out. 2013, 23:30:10.

VASCONCELOS, A.C. O concreto no Brasil – Recordes, Realizações, História. São Paulo, Ed.Pini, 2a ed., v.1, 1985, 277p.

PINI; Fundações: teoria e prática – 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.