

Veja os cuidados na execução de fundações com estacas de concreto pré-fabricadas

Controle de execução de estacas pré-fabricadas é procedimento indispensável para garantir a capacidade de carga em uso

Bruno Loturco

Edição 226 - Janeiro/2016

Pertencente à categoria das fundações profundas, as estacas pré-moldadas de concreto são geralmente indicadas quando é necessário transpor camadas de solo mole até atingir uma camada com melhor capacidade de carregamento. Com armaduras frouxas ou protendidas - para quando se preveem elevadas tensões de tração -, esses elementos não enfrentam restrições quanto ao uso abaixo do lençol freático. "Essa solução é indicada quando a camada resistente está a profundidades superiores a 4 m ou 5 m e abaixo do lençol freático", observa o engenheiro Celso Nogueira Correa, da ZF & Engenheiros Associados.



A especificação dessa tipologia de estaca também está associada ao que ele chama de análise da

cravabilidade, "pois camadas resistentes de pequena espessura podem impedir a cravação". Outro fator de restrição à tecnologia é o aspecto ambiental. Afinal, a cravação inevitavelmente gera barulho e vibração. Logo, "sua utilização é mais comum em áreas industriais ou residenciais afastadas de grandes centros urbanos", pontua Correa. Ele também comenta que em grandes obras, como de indústrias, portos, estaleiros, é possível fabricar as estacas no canteiro. Entretanto, em obras prediais isso não se justificaria, em sua opinião.

A NBR 6.122 considera as características da estaca, como o diâmetro, e da resistência do solo para determinar a altura do martelo, evitando riscos à integridade física do elemento

Comprimento

Cada segmento de estaca tem, no máximo, 12 m devido a limitações no transporte por

carreta. Entretanto, quando dotadas de anel de solda - ou luvas de encaixe, quando não estão previstos esforços de tração - nas extremidades, teoricamente não há limites para o comprimento máximo. "O que limita o comprimento são as condições geotécnicas e a capacidade dos equipamentos, pois a cada elemento soldado a energia necessária de cravação é maior", pondera Correa.

Embora o comprimento previsto seja definido pelo projeto de fundações em função das cargas da edificação e das sondagens, é importante o acompanhamento de um especialista em fundações durante o procedimento de cravação para que o comprimento seja confirmado ou não em função das negas e repiques estipulados. Caso seja observada uma diferença muito grande entre os valores previstos e os observados em campo, Correa recomenda que as sondagens sejam confirmadas com uma nova campanha.

Ele afirma, ainda, que é importante que a cravação da primeira estaca - ou estaca-prova - seja acompanhada pelo projetista e ou consultor de fundações para confirmação das premissas de projeto. Além disso, para esse primeiro procedimento é recomendável escolher uma estaca que fique próxima a uma sondagem. Como forma de prever eventualidades, é usual que o comprimento levantado seja de 2 m a 3 m maior do que o comprimento efetivamente previsto.



Com comprimento mínimo de 3 m, as estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com variadas formas geométricas para a seção transversal

Sistema de cravação

Os equipamentos mais comumente utilizados para a cravação de estacas pré-moldadas de concreto são do tipo queda livre ou do tipo martelo pneumático, movimentados sobre rolos metálicos ou esteiras. "A diferença entre esses sistemas é a energia transmitida no instante do golpe, que, em última análise, é o que faz a estaca penetrar no solo", observa Correa. Como é a eficiência de cada sistema que determina tal energia, a definição sobre qual equipamento usar depende do prazo da obra, dos custos e das dificuldades de penetração da estaca em determinados perfis geotécnicos. "O equipamento é definido em função das cargas, dimensões das estacas, acessos, capacidade de suporte do solo na cota de cravação etc.", elenca.

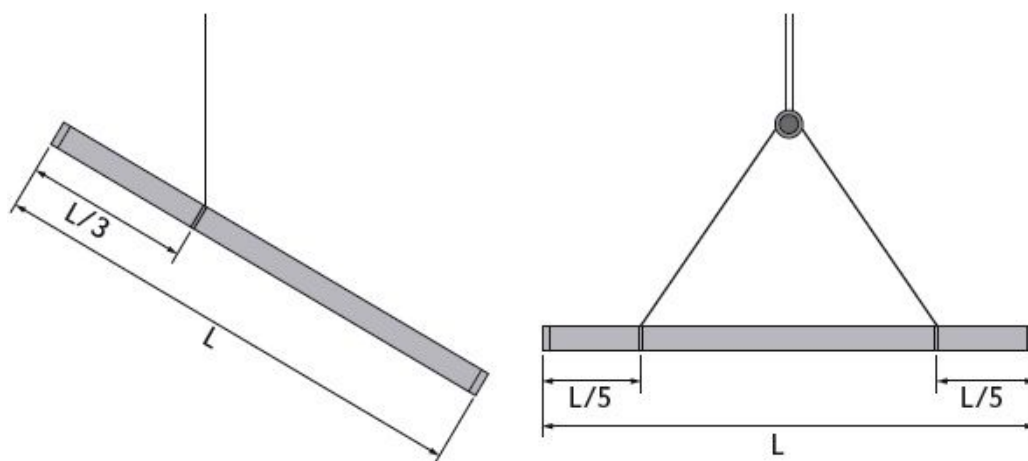
Para absorver e distribuir de maneira uniforme as tensões decorrentes do impacto do martelo, sobre a cabeça da estaca é instalado um capacete metálico que conta com um

cepo e um coxim, ambos em madeira. O Manual Técnico - Estacas Pré-fabricadas de Concreto (Claudio Gonçalves e Eurico Leite Cavalhaes Filho. Abcic, 2012) sugere utilizar capacetes com entre 3 cm e 5 cm maiores do que a dimensão nominal da estaca e que permitam ao elemento penetrar pelo menos 30 cm em seu interior. Isso para evitar, durante a coleta de negas e repiques elásticos, que o capacete salte para fora da cabeça da estaca. O Manual recomenda, ainda, o uso de uma chapametálica abaulada entre o cepo e o coxim. Tal formato tem a função de direcionar as tensões sempre para o centro (ver figura abaixo).

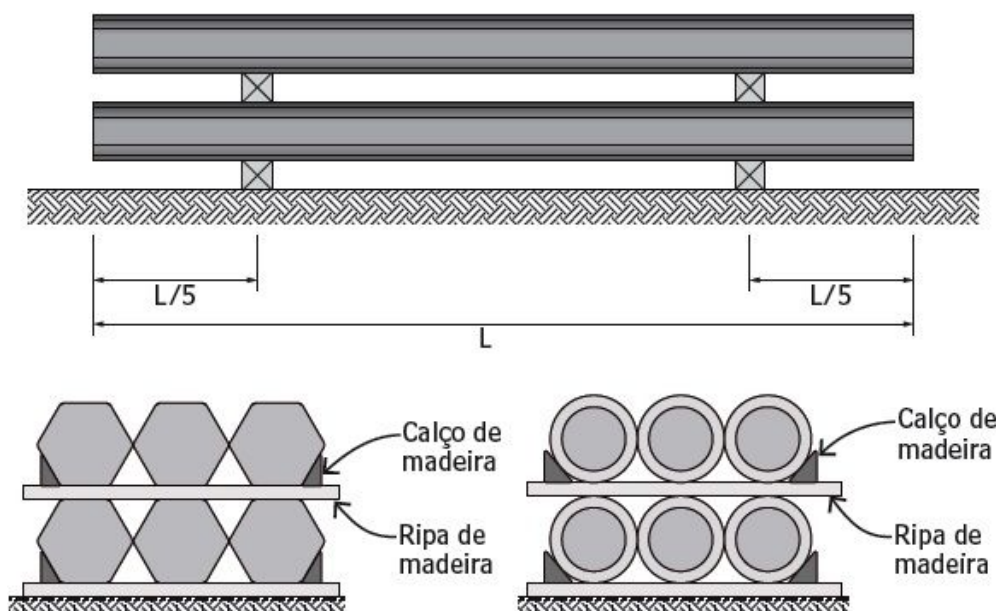
Já repique é o deslocamento elástico da estaca para um único golpe do martelo. É feito também com lápis e régua fixa, mas registra o "deslocamento do conjunto estaca-solo quando submetido a um carregamento dinâmico", indica o Manual. "Esses dois parâmetros devidamente aferidos com ensaios dinâmicos são excelentes e fundamentais para o controle do estaqueamento", assegura Correa.



A movimentação das estacas, incluindo o descarregamento, pode ser feita por guindaste. Nesse caso, o apoio deve ser duplo para que a estaca seja transportada na horizontal



Recomendações para içamento de estacas por um ponto (à esquerda), para posicionamento em bate-estacas, e por dois pontos (à direita), para descarga



A estocagem deve ser feita com os elementos dispostos horizontalmente e travados com calços de madeira. Além disso, devem ficar isolados do solo

A NBR 6.122:2010 Projeto e Execução de Fundações recomenda a elaboração do diagrama de cravação em, pelo menos, 10% das estacas. A finalidade é saber a quantidade de golpes necessários para que a estaca penetre 1 m no solo. Esses valores permitem gerar o gráfico de variação da energia de cravação ao longo da profundidade para que sejam comparados aos dados obtidos pela sondagem.

A NBR 6.122 define o critério para definir a quantidade de ensaios para cada tipo de estaca. Segundo Correa, é obrigatório realizar prova de carga estática (PIT) em 1% das estacas para estacas pré-moldadas quando a obra tiver a partir de 100 estacas. Uma prova de carga estática pode ser substituída por cinco ensaios dinâmicos (PDA/ECD), mas a partir de 200 estacas pelo menos uma prova de carga estática deve ser feita.

Ficha de controle

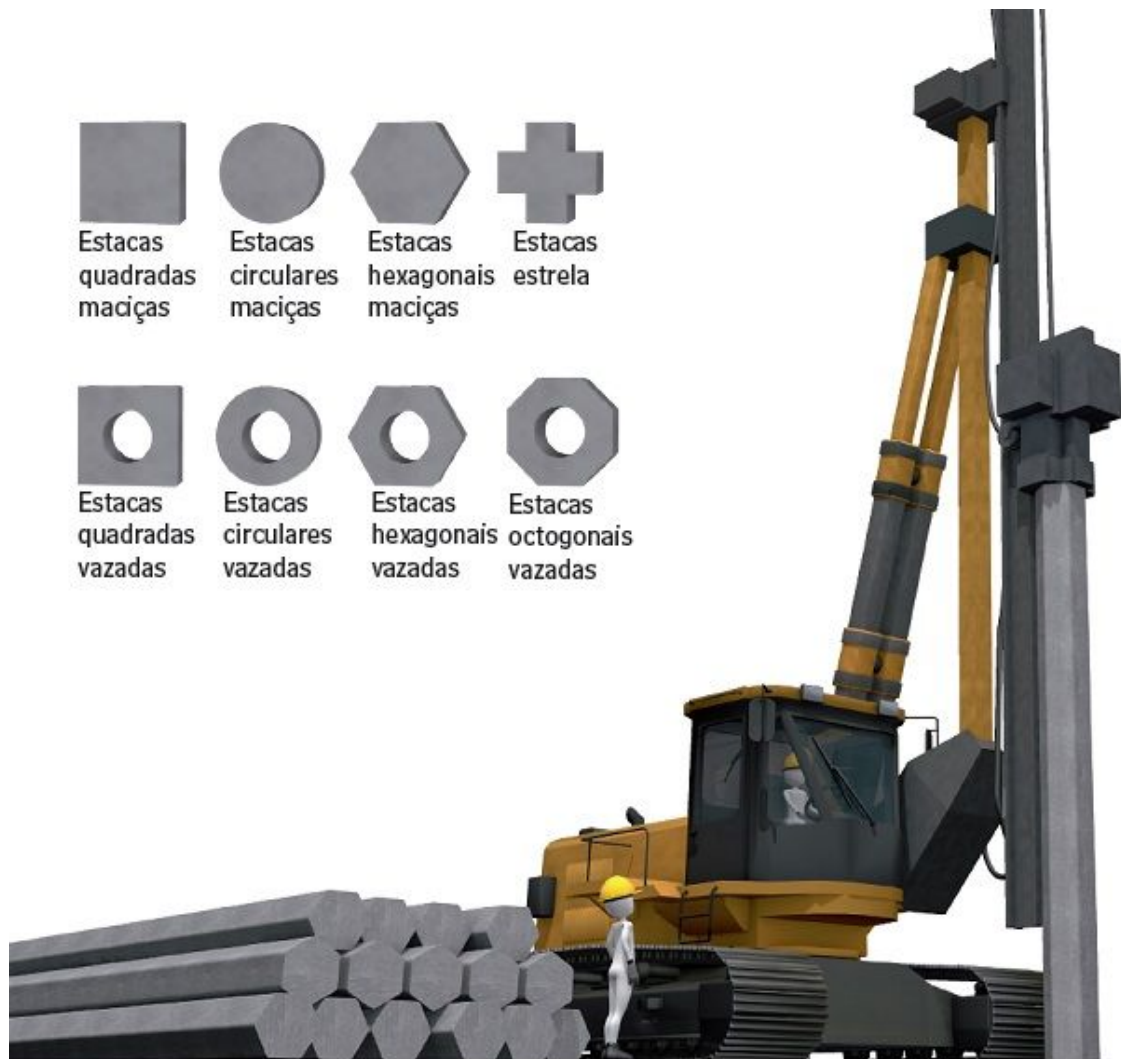
CONTROLE DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO										DATA: 22.05.2006
CLIENTE: CONST. EXEMPLO LTDA	BLOCO OU SERIE: 85	RECORRENTE LOCAL: SP.04	ESTACA LEVANTADA (m)							
OBRA: COM. RES. ALFA	ESTACA Nº: 211	MASSA DO MARTELO (kg): 4500	1º ELEMENTO: 6							
LOCAL: TAGUARE SP	ABRÃO (m): 0,28	ALTURA DE QUEDA (m): 0,80	2º ELEMENTO: 10							
DE Nº: 17	BORRA (mm): 0,80	NEDA (mm): 116,11	3º ELEMENTO:							
OPERADOR: JOSE DA SILVA	SUPLEMENTO (m): 11	INÍCIO DA CRAVAÇÃO: 10,40	4º ELEMENTO:							
DIAGRAMA DE CRAVAÇÃO		CRANADO (m): 15,20	5º ELEMENTO:							
08.A.01 6	01.A.02	01.A.03								
01.A.02 5	02.A.02	02.A.03								
02.A.03 4	03.A.02	03.A.03								
03.A.03 12	04.A.02	04.A.03								
04.A.03 19	05.A.02	05.A.03								
05.A.03 27	06.A.02	06.A.03								
06.A.03 27	07.A.02	07.A.03								
07.A.03 31	08.A.02	08.A.03								
08.A.03 30	09.A.02	09.A.03								
09.A.03 24	10.A.02	10.A.03								
10.A.03 24	11.A.02	11.A.03								
11.A.03 32	12.A.02	12.A.03								
12.A.03 33	13.A.02	13.A.03								
13.A.03 42	14.A.02	14.A.03								
14.A.03 269	15.A.02	15.A.03								
15.A.03 162	16.A.02	16.A.03								
16.A.03	17.A.02	17.A.03								
17.A.03	18.A.02	18.A.03								
18.A.03	19.A.02	19.A.03								
19.A.03	20.A.02	20.A.03								

Cada estaca deve ter uma ficha de controle preenchida com os seguintes dados técnicos:

- Identificação da obra e local
- Nomes do contratante e do executor
- Comprimento cravado da estaca
- Composição dos segmentos de estacas utilizados
- Peso do martelo e altura de queda para determinação de nega
- Características do pré-furo (se houver)
- Intervalo de tempo decorrido na cravação
- Características geométricas da estaca
- Identificação ou número da estaca em relação ao projeto
- Comprimento cravado e comprimento útil da estaca
- Cotas do terreno e de arrasamento
- Características do suplemento utilizado (tipo e comprimento)
- Desaprumo e desvio de locação
- Características e identificação do equipamento de cravação
- Negas ou repiques no final de cravação e na recravação (quando houver)
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas
- Anomalias de execução e observações pertinentes

Fonte: Manual Técnico - Estacas Pré-fabricadas de Concreto. Cláudio Gonçalves e Eurico Leite Carvalhaes Filho. Abcic, 2012.

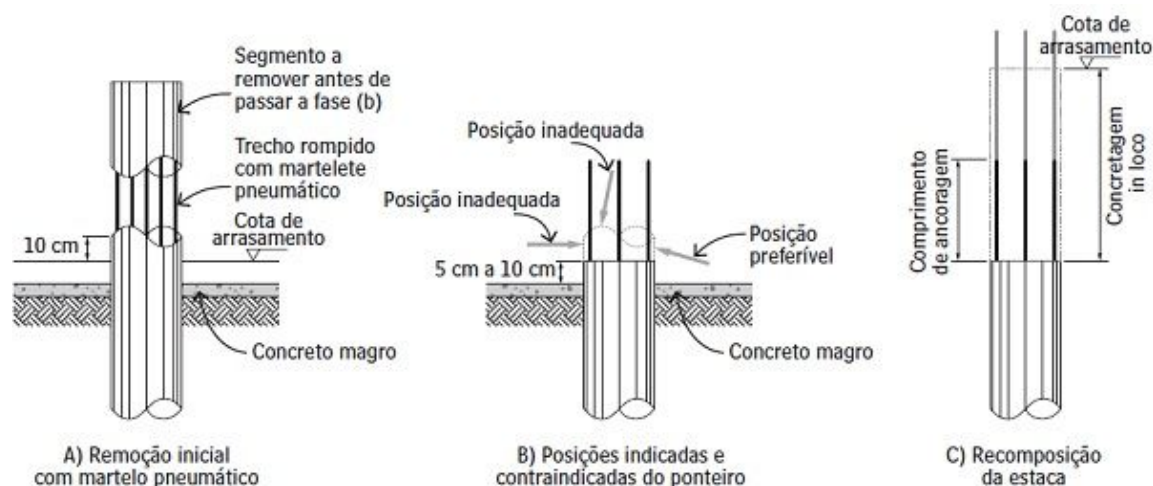
Formato da seção



O diâmetro das estacas é determinado pela NBR 6.122:2010 Projeto e Execução de Fundações, que limita a tensão máxima do concreto da estaca e determina a relação entre a carga estrutural e a seção do elemento. "Com isso, as indústrias de estacas pré-moldadas definem as características em função da relação custo-benefício", revela Correa. Outra definição que cabe ao fabricante diz respeito à seção geométrica - formato - da estaca. Correa explica que a escolha é feita em função das fôrmas, processos industriais e econômicos de cada um, existindo elementos no mercado com seção circular, quadrada, hexagonal, octogonal vazado ou não, tipo estrela, dentre outros. De qualquer maneira, a recomendação do Manual Técnico - Estacas Pré-fabricadas de Concreto, elaborado por um conjunto de empresas fabricantes, é de que esses elementos sejam armados transversalmente com estribos ao longo de todo o seu comprimento. Além disso, devem ser previstos reforços nas duas extremidades para suportar as tensões de cravação. "O anel colocado nas extremidades para a solda mais

um reforço de armadura na cabeça - conhecida como cabeleira da estaca - ajudam resistir as tensões causadas pelo impacto na região da cabeça", diz Correa.

Corte e arrasamento



Para evitar danos à seção resistente da estaca, a recomendação é de que o ponteiro utilizado para arrasamento da seção excedente da estaca

A demolição do segmento que estiver acima da cota de arrasamento deve ser feita com ponteiros ou marteletes leves de forma a não causar danos à estaca. É importante, portanto, atentar à incidência do ponteiro no elemento. Para evitar danos, os últimos 10 cm devem ser cortados com o ponteiro posicionado de baixo para cima, especialmente para estacas com menos de 400 mm de diâmetro.

"As cabeças das estacas devem ficar niveladas, planas e com armadura de arranque suficiente para ancoragem no bloco", diz Correa. Nos casos em que a armadura não tem função junto ao bloco de coroamento, ela não precisa, seja apontado para a direção oposta à da estaca necessariamente, ser removida, entretanto.

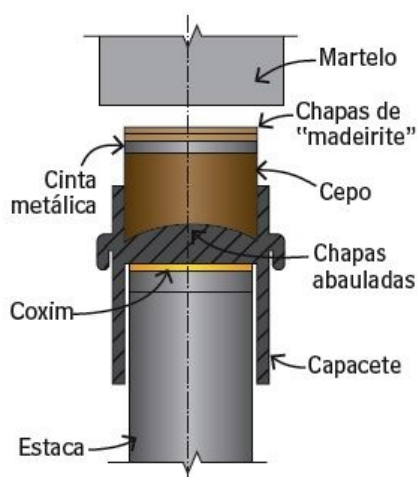
A execução do bloco de coroamento, que tem a finalidade de transmitir as cargas do pilar para as estacas, é feita com escavação de uma cava no entorno das estacas, o arrasamento da cabeça e, posteriormente, a colocação das fôrmas, armaduras e concretagem.

O ensaio de carregamento dinâmico (ECD) permite conhecer com boa aproximação o comportamento de carga em relação ao deslocamento da estaca. Baseado na Teoria de Propagação de Ondas, esse ensaio consiste em acoplar quatro sensores - dois de deformação e dois de aceleração, diametralmente opostos - em determinada seção da estaca que coletam sinais de deformação e aceleração. Mais especificamente, medem as tensões máximas e mínimas no instante do golpe. Os dados, interpretados pelo Pile Driving Analyzer (PDA), permitem avaliar a capacidade de carga e aferir o sistema de cravação, minimizando quebras.



Um dos controles de execução mais disseminados é o de repique, em que são medidos os deslocamentos da estaca para um golpe do martelo, registrando a eficácia da penetração

O Pile Integrity Test (PIT) é um ensaio dinâmico de baixa deformação que, apesar de apresentar algumas limitações, permite conhecer a integridade da estaca após a cravação. "Para estacas pré-moldadas é um ensaio que traz resultados bastante satisfatórios", acredita Correa



O capacete metálico que protege a cabeça da estaca conta com um coxim e um cepo em madeira. Para otimizar a absorção dos impactos, é recomendável que esse seja abaulado, concentrando as tensões no centro do elemento em concreto

"O processo de cravação, sobretudo com martelo queda livre, é muito impreciso, pois a altura de queda é controlada visualmente, o prumo é controlado com prumo manual etc.", observa Correa. "Portanto, se o subsolo for um pouco mais complicado, o índice de quebra pode ser alto e tornar a solução, que a princípio seria mais econômica, em mais onerosa e demorada", alerta ele.

Controle de deslocamento

Correa recomenda conferir o prumo após a estaca atingir cerca de 3 m de profundidade. "Após esse comprimento é muito difícil corrigir e a estaca é cravada fora do prumo", alerta.

Para aferir o aprofundamento da estaca são realizados os controles de negas e repiques.

Nega é o deslocamento permanente da estaca para dez golpes com a mesma altura de queda do martelo. Para tanto, com uma régua fixa e lápis, é feita uma marcação transversal na estaca a cada dez golpes do martelo. Esse controle deve ser feito em todas as estacas para aferir a uniformidade de comportamento do processo de estaqueamento. O ideal é manter negas aproximadamente iguais para estacas com cargas e comprimentos semelhantes.