

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

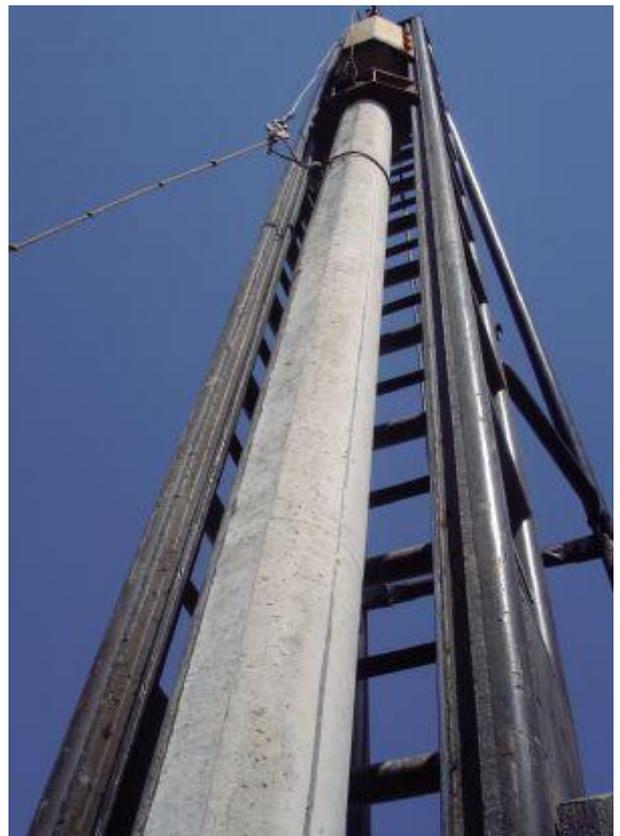
Controle de execução de estacas pré-fabricadas é procedimento indispensável para garantir a capacidade de carga em uso

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.

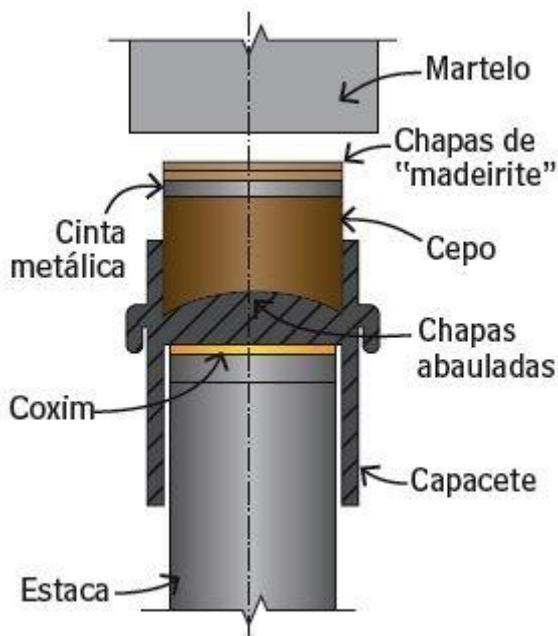


Sistema de cravação

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.

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

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).



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

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.

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.

"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.

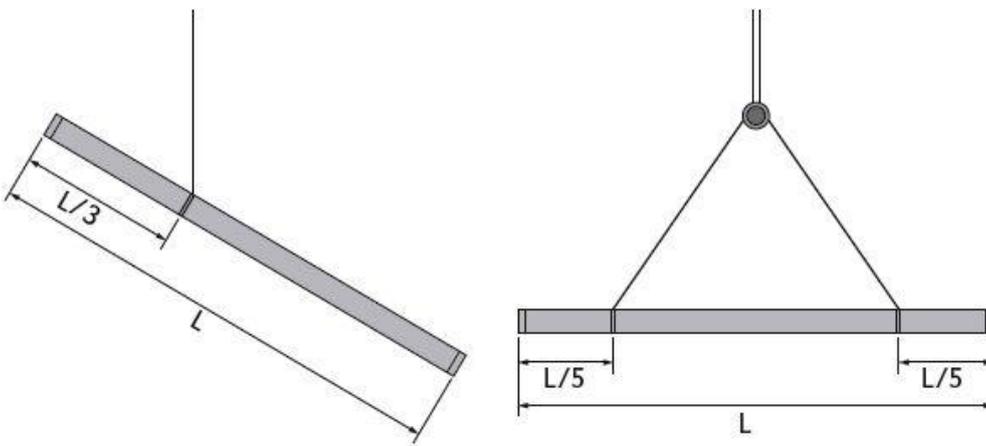
Controle de deslocamento

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.

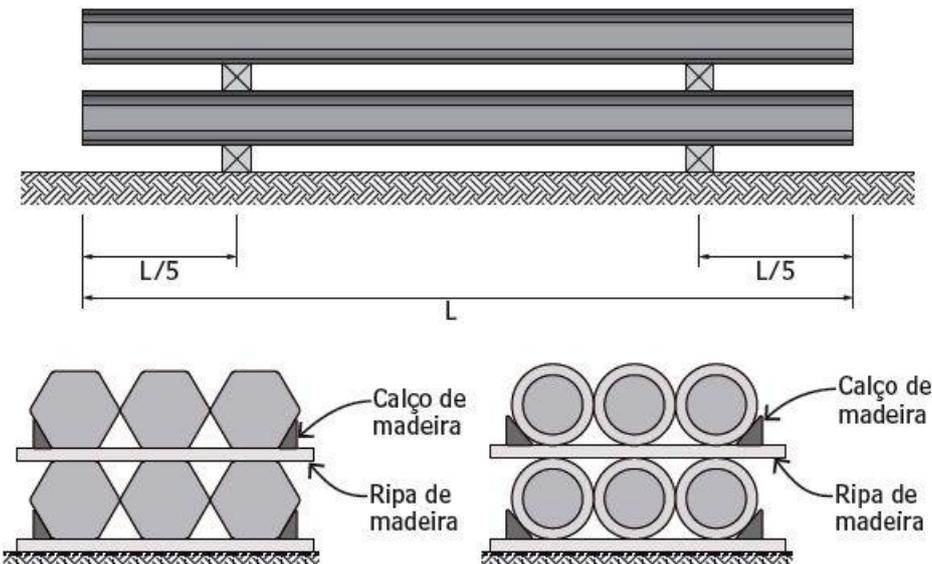
Para aferir o aprofundamento da estaca são realizados os controles de negas e repiques. Nega é o deslocamento permanente da estaca para dez golpes com a mesma altura de queda do martelo. Para tanto, com uma régua fixa e lápis, é feita uma marcação



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.

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.



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.

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

Ficha de controle

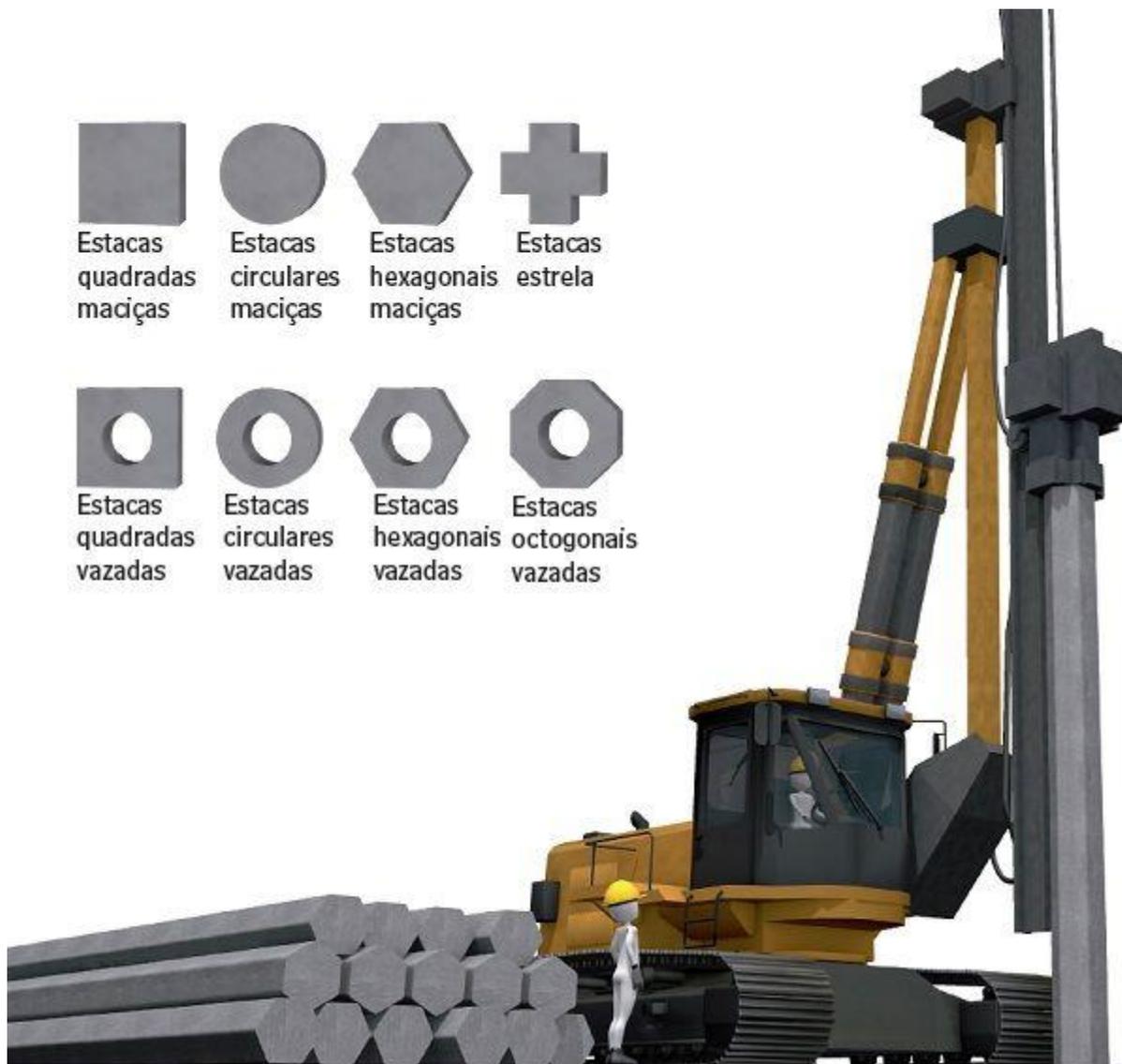
CONTROLE DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS PRE-FABRICADAS DE CONCRETO						DATA: 02 05 2006	
CLIENTE: CONST. EXEMPLO LTDA	BLOCO OU BOTO	85	BOMBAEM LOCAL	SP 04	ESTACA LEVANTADA (ML)		
OBRA: CONJ. RES. ALFA	ESTACA Nº	211	MASSA DO MARTELO (kg)	4500	1º ELEMENTO 6		
LOCAL: JAGVARE SP	DESC. (M)	Ø28	ALTURA DE QUEDA (m)	080	2º ELEMENTO 10		
DE Nº: 17	BORRA (m)	080	NEGA (mm)	1111	3º ELEMENTO		
OPERADOR: JOSE DA SILVA	SUPLEMENTO (m)	-11-	INICIO DA CRAVAÇÃO	1040	4º ELEMENTO		
DIAGRAMA DE CRAVAÇÃO		CRAVADO (M)	1520	TERMINO DA CRAVAÇÃO	1135	5º ELEMENTO	
01 a 01	6	21 a 22		41 a 42			
01 a 02	5	22 a 23		42 a 43			
02 a 03	4	23 a 24		43 a 44			
02 a 04	12	24 a 25		44 a 45			
04 a 05	19	25 a 26		45 a 46			
05 a 06	27	26 a 27		46 a 47			
06 a 07	28	27 a 28		47 a 48			
07 a 08	31	28 a 29		48 a 49			
08 a 09	30	29 a 30		49 a 50			
09 a 10	24	30 a 31		50 a 51			
10 a 11	28	31 a 32		51 a 52			
11 a 12	52	32 a 33		52 a 53			
12 a 13	39	33 a 34		53 a 54			
13 a 14	42	34 a 35		54 a 55			
14 a 15	269	35 a 36		55 a 56			
15 a 16	162	36 a 37		56 a 57			
16 a 17		37 a 38		57 a 58			
17 a 18		38 a 39		58 a 59			
18 a 19		39 a 40		59 a 60			
19 a 20		40 a 41		60 a 61			

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

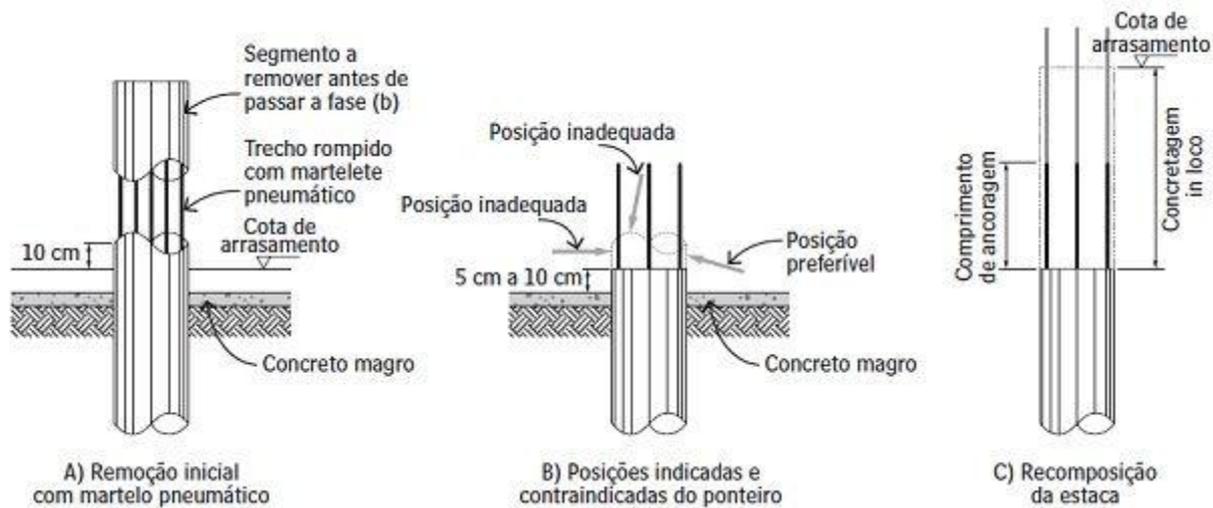
Fonte: Manual Técnico - Estacas Pré-fabricadas de Concreto. Cláudio Gonçalves e Eurico Leite Carvalhaes Filho. Abcic, 2012.

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 martelletes 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.