

## ESTACAS METÁLICAS

### RESUMO

Neste breve artigo apresentamos os procedimentos executivos das estacas metálicas.

São abordadas as recomendações normativas, dos fabricantes e a materialização em campo das mesmas.

### PALAVRAS-CHAVE:

Geotecnia, fundações, infra estrutura, estacas, estaqueamento, estacas metálicas.

### DEFINIÇÃO NORMATIVA

Elemento estrutural produzindo industrialmente, podendo ser constituído por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobradas ou canelados, tubos com ou sem costura e trilhos.

### ESTACAS DE DESLOCAMENTO

Ao contrário das estacas moldadas in loco, que retiram material do solo, as estacas metálicas, ao serem introduzidas no terreno deslocam o solo deformado para sua circunvizinhança.

Essas características as fazem serem também conhecidas como estacas de deslocamento.

### HISTÓRIA

A primeira referência histórica documentada para estaca cravadas pode ser rastreada até ao século 4 aC.

Heródoto, o escritor e viajante grego, também conhecido como o pai da história registra como os Paeonians viviam em habitações erguidas sobre estacas elevadas cravadas no leito de um lago.

No Brasil, até 2002 as estacas metálicas eram utilizadas principalmente nas estruturas de contenção (perfis metálicos associados a pranchas de madeira ou pré-fabricadas de concreto) e nos pilares de divisa, com o objetivo de se eliminar as vigas de equilíbrio. Mas nos casos em que se queria reduzir as vibrações decorrentes da cravação de estacas de deslocamento (estacas pré-moldadas de concreto, estacas do tipo Franki, estacas tubulares, etc.), as estacas metálicas sempre foram consideradas como solução de alta eficiência. O mesmo se pode dizer quando é necessário atravessar lentes de pedregulhos ou concreções (laterita, limonita, etc).

Com a introdução dos Perfis Estruturais em 2002, este cenário passou a ser gradualmente transformado, e hoje, decorrido quinze anos, as estacas metálicas para fundações profundas já são uma realidade, competindo técnica e economicamente com os demais tipos de fundações.

### COMPENSAÇÃO A CORROSÃO

A estaca de aço que estiverem total e permanentemente enterradas, independente da situação do lençol de água dispensa tratamento especial, desde que sejam descontadas as seguintes espessuras de compensação (nbr 6122:2010):

Classe	Espessura de sacrifício mm
Solos naturais e aterros controlados	1,0
Argila orgânica, solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados	3,2

## EQUIPAMENTO

A forma mais comum de cravação é a por percussão com o uso de bate estaca queda livre.

O equipamento é composto por uma torre montada sobre plataforma onde cabos de aço acionados por um guincho mecânico erguem o martelo utilizado na cravação. Este guincho é dotado de dois tambores onde o segundo tambor é responsável pela movimentação e carregamento das estacas.

Este equipamento se movimenta sobre rolos, pranchas ou esteiras. Existem também guindastes adaptados com torres para o martelo de queda livre, automático ou vibratório.

A torre guia possui altura compatível com o comprimento dos elementos de estacas a serem cravados.

O mesmo vale para os guinchos que devem possuir capacidade de carga adequada ao peso do martelo e ao peso dos elementos de estaca a serem erguidos.

## CARACTERÍSTICAS DO MARTELO E SISTEMA DE CRAVAÇÃO

(nbr 6122:2010) O peso do martelo não pode ser inferior a uma tonelada.

Para estacas com carga de trabalho ente 70 e 130 toneladas o peso do martelo não pode ser inferior a 3 toneladas.

Martelos automáticos e vibratórios devem seguir as orientações do fabricante.

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo que as tensões durante a cravação sejam limitadas a 80% da tensão de escoamento do aço.



Figura 1- Canteiro de obra executada pela AP&L Geotecnia e Fundações.

## CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS

Para aceitação dos perfis as estacas de aço devem ser retilíneas, assim consideradas aquelas que apresentem flecha máxima de 0,2% do comprimento de qualquer segmento nela contido (nbr 6122:2010)

Admitem-se nas dimensões externas das estas metálicas, variações máximas de 5 mm em relação aos valores nominais de altura e largura.

Nas espessuras a variação não pode ser superior a 0,5 mm em relação aos valores nominais previstos pelo fabricante.

Normalmente não ocorre flambagem nas estacas enterradas. As seções que atendem aos limites de esbeltez para a mesa e para a alma são consideradas estáveis localmente e, portanto são totalmente efetivas, sendo o seu dimensionamento comandado pela resistência global do elemento.



Figura 2 - Manejo de estaca metálica pela AP&L Geotecnia e Fundações.

## METODOLOGIA EXECUTIVA

### ARMAZENAMENTO E MANEJO DAS ESTACAS

O armazenamento e manejo das estacas pré moldadas na obra devem obedecer às prescrições do fabricante.

### LOCAÇÃO DAS ESTACAS NO CANTEIRO

Para se evitar que os movimentos dos equipamentos no canteiro de obra danifiquem os piquetes que sinalizam as estacas a serem executadas, a locação é feita com um furo no diâmetro da estaca preenchido com areia.

Este furo servirá de guia para a cravação do primeiro elemento de estaca.

### IÇAMENTO POSICIONAMENTO

O içamento e posicionamento das estacas são feitos por meio do cabo auxiliar do guincho que a traz para junto a torre, colocando-a na posição vertical e assentada no local de cravação.

O procedimento obedece à seguinte ordem: primeiro, a torre do bate-estaca é apumada, em seguida, apruma-se a estaca. Os prumos das faces frontais e laterais devem ser verificados.

A folga entre o martelo e capacete é estabelecida por norma, não devendo ser superior a 3,0 cm em relação as guias do equipamento. O capacete deve conter superfície plana e se adequar com à seção da estaca, contendo encaixes que possuam folga inferior a 2 cm.

O uso de elemento suplementar, denominado prolonga deve ser limitado a 2,50 m.

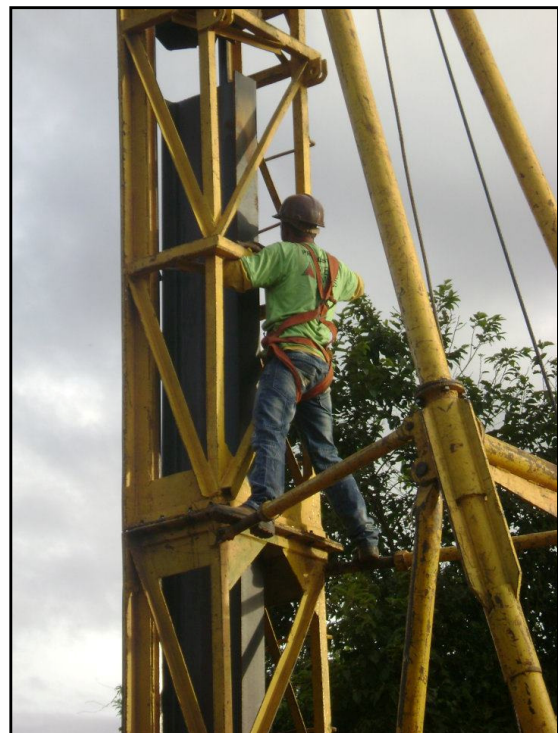


Figura 3 - Posicionamento de capacete na estaca metálica em obra da AP&L Geotecnia e Fundações em Buritis MG.

## CRAVAÇÃO

A introdução do elemento de estaca no solo se dá pela deformação permanente do solo devido à energia aplicada na estaca pela queda livre do martelo.

A cada novo golpe do martelo a estaca é percutida a uma nova profundidade no terreno.

## DESAPRUMO DE ESTACAS

Não há necessidade de verificação de estabilidade e resistência, nem de medidas corretivas para desvio de execução, em relação ao projeto, menores que 1/100.

## EMENDAS

As emendas devem ser dimensionadas para resistir a todas as solicitações que possam ocorrer durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca.

Embora as emendas possam ser feitas com soldas de topo de penetração total, em função de dificuldades na obra, recomenda-se empregar talas soldadas, seguindo-se a orientação geral contida no manual da Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia - ABEF.

As talas podem ser obtidas de chapas de aço com resistência equivalente a dos perfis, mas, por uma questão de praticidade, as emendas são tradicionalmente executadas utilizando-se um segmento do próprio perfil, recortado, do qual se obtêm as talas de mesas e de alma que irão compor as emendas da estaca na obra.

A redução do tempo de execução das emendas é um fator importante para a produtividade do processo de cravação. Nesse sentido, é prática executar-se previamente as soldas na base da seção superior a ser cravada. Dessa forma as talas soldadas no segmento superior servem de guia para o seu posicionamento e alinhamento com o segmento inferior, reduzindo o tempo de paralisação da cravação apenas ao necessário para a soldagem das talas na seção já cravada.

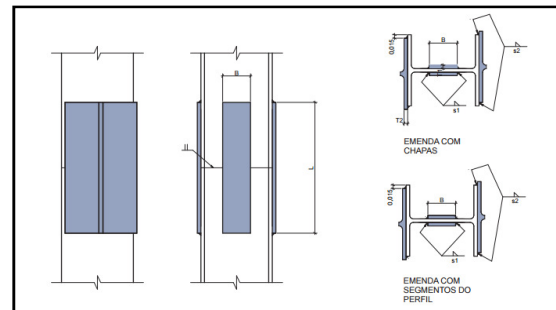


Figura 4 - Detalhe da emenda com o posicionamento das talas e soldas (Gerdau)

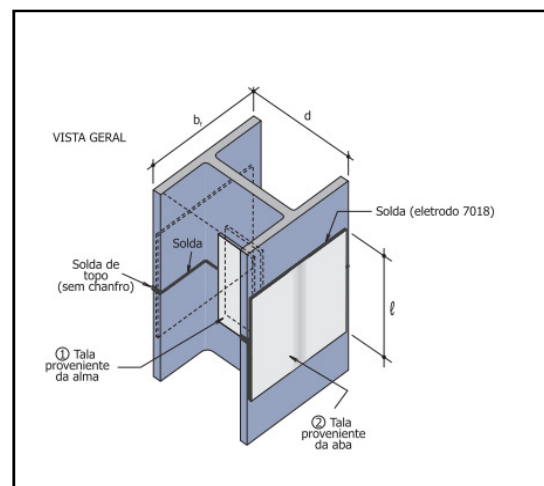


Figura 5 - Detalhe típico da emenda em estaca metálica com talas e soldas (Gerdau)

Quando houver aproveitamento das sobras de estacas, deve-se assegurar a ortogonalidade da seção em relação ao eixo longitudinal. Os segmentos utilizados devem ter um comprimento mínimo de 2,0 m.

## DIAGRAMA DE CRAVAÇÃO, NEGA E REPIQUE

Qualquer que seja o martelo empregado, o controle da cravação é feito tradicionalmente pela nega, pelo repique e, em algumas obras, pelo ensaio de carregamento dinâmico (NBR13208:2007).

### NEGA

A nega é uma medida tradicional, embora, hoje em dia, seja mais usada para o controle da uniformidade do estaqueamento quando se procura manter, durante a cravação, negas aproximadamente iguais para as estacas com cargas iguais.

A nega corresponde à penetração permanente da estaca, quando sobre a mesma se aplica um golpe do pilão. Em geral, é obtida como um décimo da penetração total para dez golpes.

Apesar das críticas às fórmulas das negas (entre elas o fato de que foram desenvolvidas a partir da Teoria de Choque de Corpos Rígidos), o que está muito longe de representar uma estaca longa, pois sob a ação do golpe do pilão a ponta da mesma não se desloca ao mesmo tempo que o topo, ela ainda faz parte do “receituário” dos encarregados dos bate-estacas.

### REPIQUE

Ao contrário da nega, o repique já está incluído dentro do contexto da Teoria de Propagação de Onda, e, portanto, apresenta resultados com muito menos dispersão do que a nega. O repique representa a parcela elástica do deslocamento máximo de uma seção da

estaca, decorrente da aplicação de um golpe do pilão. Seu registro pode ser feito através do registro gráfico em folha de papel fixada à estaca e movendo-se um lápis, apoiado num referencial, no instante do golpe.

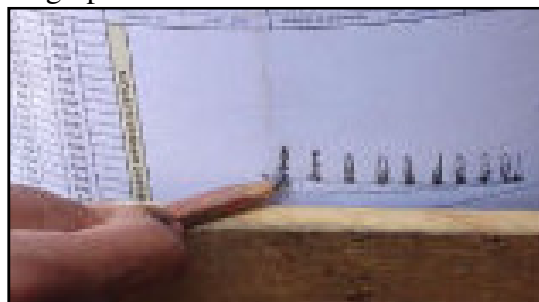


Figura 6 - Diagrama de repique de estaca metálica em obra da AP&L Geotecnia e Fundações.

## PREPARO DE CABEÇA E LIGAÇÃO COM O BLOCO DE COROAMENTO

A ligação da estaca metálica ao bloco de coroamento deve ser feita de modo que as cargas resistidas pelo bloco sejam transmitidas adequadamente e com garantia de continuidade às estacas.



Figura 7 - Detalhe de ligação de trilha metálico com o bloco de coroamento em obra da AP&L Geotecnia e fundações.

## REFERÊNCIAS

NBR-13208:1994. Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico



R.T. Eng. Geotécnico Prof. Edgar Pereira Filho

NBR-6122:2010. **Projeto e Execução de Fundações.**

ABEF – **Manual de especificações de produtos e procedimentos ABEF.** São Paulo: PINI, 2004, 3º edição.

Gerdau – Manual de estacas metálicas. 2015.

AP&L Geotecnia e Fundações  
<http://www.apl.eng.br>

AP&L Geotecnia e Fundações – Estacas Deslocamento  
<http://www.apl.eng.br/deslocamento>

AP&L Geotecnia e Fundações – Estacas Pré Moldadas de Concreto.  
<http://apl.eng.br/artigos/2016-METODOLOGIA-ESTACA-PRE-MOLDADA.pdf>

AP&L Geotecnia e Fundações  
<https://www.facebook.com/aplgeotecniafundacoes>