

# Perfis metálicos aplicados a fundações



# SUMÁRIO

## Apresentação do curso

1. Definição de fundação

2. Tipos de fundação

3. Escolhendo a fundação adequada

4. Importância do Dimensionamento

5. Estacas Metálicas

6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

7. Principais cuidados na execução

**Conclusão**

2

4

5

7

9

11

14

19

**31**

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

Neste curso da Sinduscon na Prática, você aprenderá como são os perfis metálicos aplicados nas obras e as fundações mais utilizadas em cada uma delas.

Nosso curso é composto por 2 vídeo aulas, 1 e-book e 1 guia rápido na forma de infográfico. Caso opte pela obtenção do certificado, você deverá realizar uma avaliação a respeito do conteúdo estudado.

Na primeira parte do curso, você aprenderá o que são as fundações, quais tipos de fundações existem e como aplicá-las na construção.

Aprenderá também alguns critérios que envolvem a escolha do tipo de fundação de uma obra. Já na segunda parte do curso, você vai aprender

sobre soluções metálicas com perfis estruturais, e quais os cuidados necessários para implementá-los.

Pronto para começar a estudar? Recomendamos então que siga as seguintes etapas:

- 1.** Acesse o curso on-line e assista a primeira videoaula;
- 2.** Revise o conteúdo da aula com a ajuda do e-book;
- 3.** Assista a segunda videoaula;
- 4.** Revise seu conteúdo com ajuda do e-book;
- 5.** Responda a avaliação;

## APRESENTAÇÃO DO CURSO

---

### 6. Baixe seu certificado.

Lembre-se que, além deste e-book, você poderá baixar também na página web do curso, um guia rápido na forma de infográfico. Ele funcionará como material de consulta.

**Boa sorte e conte conosco!**

# 1. Definição de fundação

Se você está trabalhando na área da construção civil, deve saber que as fundações (também chamadas de alicerces) são cruciais para qualquer construção. Elas são os elementos estruturais que suportam e distribuem as cargas no terreno. Essas cargas são a soma do peso da própria estrutura e do peso gerado por sua utilização.

## 2. Tipos de fundação

As fundações são classificadas de acordo com a carga que precisam suportar.

As fundações rasas recebem esse nome por se apoiarem a uma pequena profundidade em relação ao solo circundante, e transmitirem a carga da estrutura diretamente ao solo pelo elemento da fundação. A profundidade geralmente não ultrapassa mais que 3 metros, onde são feitas escavações pequenas que necessitam de poucos equipamentos para execução. São exemplos de fundações rasas as sapatas, os blocos de fundação, vigas baldrame e o radier.



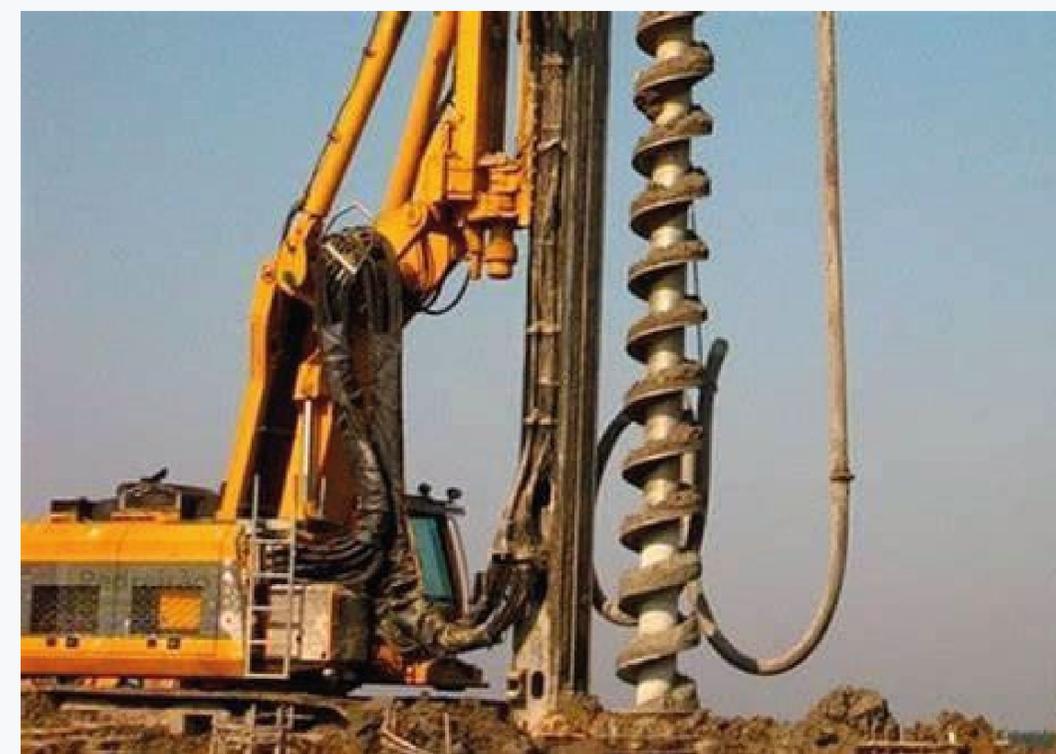
Viga Baldrame



Sapatas

## 2. Tipos de fundação

Já as fundações profundas são aquelas executadas nas camadas mais profundas do solo, geralmente escavadas ou cravadas através de grandes máquinas. São elementos que transmitem a carga ao terreno ou pela resistência de ponta ou por sua superfície lateral, ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a 8 vezes a sua menor dimensão em planta, e no mínimo a 3 metros. Elas são comuns no mercado imobiliário, industrial, portuário e de infraestrutura. As estacas metálicas, de madeira, de concreto pré-moldado, franki, strauss, hélice contínua, raiz, escavadas com fluído estabilizante e o tubulão, são exemplos de fundações profundas.



Estaca metálica de hélice contínua

### **3. Escolhendo a fundação adequada**

Um bom projeto de fundações é aquele que segue os critérios: segurança, economia, rapidez e sustentabilidade. O primeiro é indiscutível; os três últimos, dependem das prioridades do cliente. Portanto, são esses os princípios que devem nortear sua escolha.

A escolha começa pela avaliação dos seguintes fatores:

- 1º - Porte da construção;
- 2º- tipo de solo;
- 3º- se existem construções vizinhas e quais são elas.

Tudo isso envolve segurança. A partir dessas respostas, avaliamos então os custos das opções possíveis de fundações e o tempo para execução que melhor se adequa à proposta do cliente.

### 3. Escolhendo a fundação adequada

É importante destacar aqui o passo de análise de solo. Para isso, é feito um ensaio de campo normatizado chamado sondagem, que vai indicar as camadas de solo do terreno, informando suas características principais, bem como revelar qual a profundidade do nível de água, ou seja, do lençol freático. Com isso feito, é possível indicar qual ou quais tipos de fundação são adequadas ao terreno designado para a construção. Em alguns casos específicos, o projetista pode solicitar ensaios complementares. Uma vez que sua escolha tenha sido feita, é hora de enfatizar novamente a segurança e, para isso, precisamos falar do dimensionamento.



Solo sendo coletado para análise



Execução de ensaio de sondagem

## 4. Importância do Dimensionamento

O dimensionamento leva em conta dois tipos de capacidades de carga que uma mesma estaca possui. O primeiro é a carga admissível estrutural, que é a capacidade de carga suportada pela estaca enquanto elemento estrutural.

Para o caso de estacas metálicas, essa resistência varia conforme a área de aço da seção transversal, espessura de sacrifício por corrosão, resistência do aço, geometria da seção e critérios de utilização.

Os critérios e procedimentos de cálculo são determinados pela norma ABNT NBR 8800 e ABNT NBR 6122.

O segundo fator é a capacidade de carga geotécnica. Essa medida tem a ver com a capacidade da estaca de transmitir para o solo os esforços provenientes da estrutura. Tendo calculado as duas capacidades de cargas, estrutural e geotécnica, a capacidade de carga a ser considerada para sua estaca será a menor entre as duas.

## 4. Importância do Dimensionamento

Caso esses valores de capacidade de carga sejam ignorados, a sua construção correrá sérios riscos de recalques uniformes ou diferenciais maiores que o admissível, levando a patologias na estrutura ou ainda ao seu colapso, com resultados catastróficos. Com certeza, você não quer nenhum desses efeitos em seu projeto.



Tipo de patologia

Nós mencionamos no início do curso os vários tipos de fundações, mas o foco será nas estacas metálicas em perfis estruturais.

## 5. Estacas Metálicas

Elas são aplicáveis em grande variedade de solos, inclusive naqueles com grande resistência. Além disso, possuem facilidade de corte e emenda, grande capacidade estrutural devido a sua composição ser de aço carbono, com excelente resistência a esforços de tração e flexão. Além disso, o fato da procedência das estacas ser garantida por processos industriais, proporcionam amplas possibilidades de uso com segurança.

Outra característica das estacas metálicas em perfis estruturais é que elas produzem menor vibração no terreno durante a aplicação quando comparada a outros tipos de estacas cravadas. Esse ponto evita maiores transtornos às construções vizinhas. Vale a pena mencionar também que as estacas metálicas são do tipo de maior facilidade de manuseio e transporte, colaborando para a logística da obra e resultando na rapidez da cravação.



## 5. Estacas Metálicas

Essas vantagens se comprovam quando olhamos para os números: o uso de perfis metálicos em fundações cresceu 35% no Brasil de 2010 a 2018, onde o mercado vem entendendo seu potencial técnico e econômico, visto a competitividade comercial da solução quando incluído nas análises dos custos todos fatores que envolvem a fundação. Como os blocos de coroamento, bota fora, consumos de materiais e o próprio ganho de cronograma que também traz significativa economia para a obra.



Estacas metálicas

## 5. Estacas Metálicas

As estacas metálicas também podem ser utilizadas como complemento a outro tipo de estaca, como a estaca de concreto pré-moldado, formando o que chamamos de estaca mista. A finalidade desta combinação é perfurar camadas de elevada resistência. Embora haja riscos de quebra de muitas estacas pré-moldadas durante o processo, essa prática ainda é utilizada.



Estaca mista

## 6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

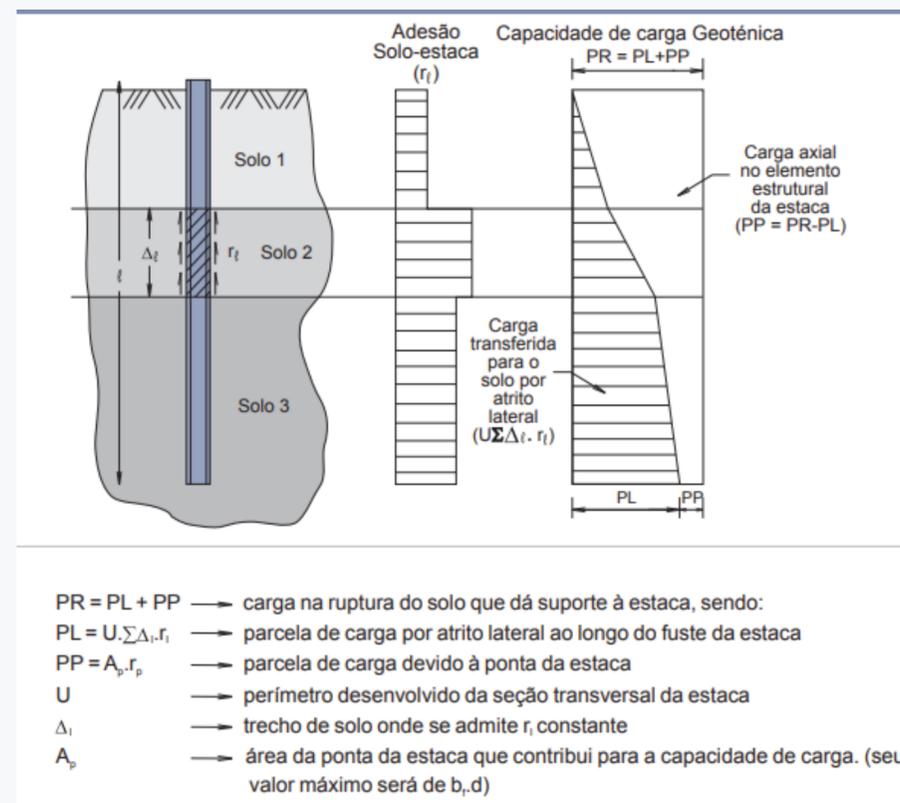
Antes de dizermos “mãos à obra”, certifique-se de que você tenha os seguintes documentos de referência: projetos de fundação, projeto de locação da estrutura e relatório de sondagens

Até 2006, as estacas metálicas só eram projetadas utilizando-se perfis de seção constante.

Entretanto, conforme pode ser observado na figura abaixo, a carga axial que deverá ser resistida por uma estaca metálica decresce com a profundidade, desde o valor máximo (PR), no topo, até o valor mínimo na ponta (PP). Como estes valores de carga são decorrentes dos valores de “ruptura” do solo, a carga (admissível ou característica) a ser resistida pela estaca equivale à metade deste valor, ou seja,  $P = PR/2$  no topo. Assim, pode-se concluir que a seção transversal de uma estaca metálica não necessita ser constante ao longo de todo o seu comprimento, já que a carga que nela irá atuar decresce com a profundidade.

## 6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

Ou seja, a seção de uma estaca poderá variar (decrecer) com a profundidade, desde que atenda à carga axial (com os respectivos coeficientes de ponderação) mostrada na figura.



Peças dobradas e separadas por etiqueta

## 6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

Este é um conceito novo, desenvolvido em 2005 por Alonso, e introduzido em nosso mercado no ano de 2006, e denominado “estacas metálicas de seção transversal decrescente com a profundidade”, que tem como vantagem principal a redução do peso das estacas metálicas. Isto é, com a variação decrescente da seção transversal das estacas, podem-se obter idênticas capacidades de carga com uma economia substancial no peso das mesmas.

O conceito é muito simples e se baseia na utilização de perfis de um mesmo grupo para compor as estacas de seção transversal decrescente. Entendam-se como perfis de um mesmo grupo aqueles cujas bitolas são de mesma altura nominal, com variações na espessura de alma e abas (variação de massa, porém sem variação significativa no perímetro). Sendo do mesmo grupo, as emendas dos perfis de diferentes dimensões serão executadas com facilidade, idênticas às de estacas com perfis de mesma seção.

Os Perfis Estruturais Gerdau, disponíveis em ampla variedade de bitolas para um mesmo grupo, oferecem extraordinária flexibilidade para o uso deste novo conceito de estaca.

## 6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

Usando como exemplo as bitolas do grupo com 310 mm (4 bitolas do tipo HP), o perímetro varia entre a de menor e a de maior peso de 0,5% a 2%, enquanto as reduções de massa vão de 13% a 58%. Dependendo, obviamente, do projeto, da condição da obra e da combinação dos diferentes perfis que compõem as estacas, pode-se economizar, genericamente, para estacas “longas”, entre 15% a 25% no peso total das estacas metálicas de uma obra, utilizando seção transversal decrescente.

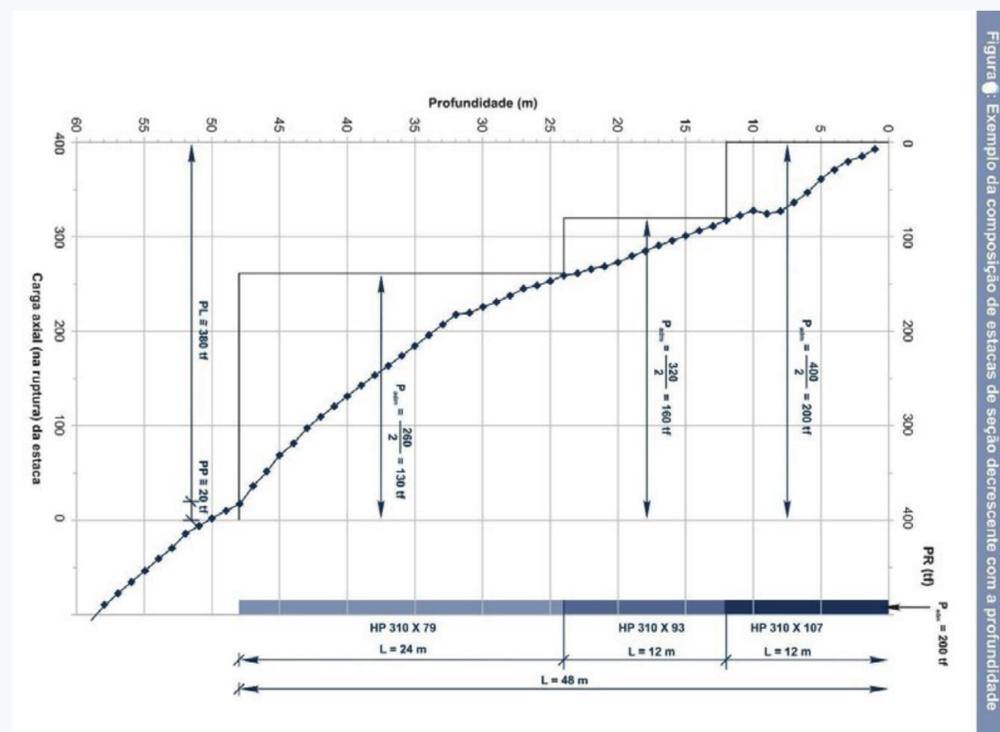
Recomenda-se analisar a aplicação deste novo conceito em toda e qualquer obra que requeira o uso de fundações profundas, com estacas compostas, no mínimo, por duas seções de perfis.

Como para qualquer outra solução, o tipo de solo precisa ser considerado, mas, nos estudos já realizados, a aplicação de estacas metálicas de seção transversal decrescente tem se mostrado altamente eficiente, principalmente para solos naturais de diferentes tipos.

No Brasil, inúmeras fundações já foram realizadas utilizando este novo conceito e para comprovar a eficiência desta solução, provas de cargas estáticas têm sido regularmente realizadas.

## 6. Execução e Aplicação de soluções metálicas

Para se entender esse novo conceito são apresentados os resultados de uma obra na cidade de Santos (SP) cuja capacidade de carga geotécnica foi obtida com base no método de Alonso (2008) que deu origem à tabela abaixo da qual resultou a figura. Conforme se verifica a carga axial de compressão a ser resistida pela estaca decresce com a profundidade de um valor máximo (PR) no topo até um valor mínimo (PP), na ponta.



GRUPO 310	Perímetro = 180 cm			Área = 280 cm <sup>2</sup>		PR (tf)
	Prof. contada da guia (m)	Δ / (m)	SPT -	Tipo de Solo	PL (tf)	
1	1,00	12	120	6	12	18
2	1,00	13	120	14	13	26
3	1,00	11	120	19	11	30
4	1,00	16	120	28	16	44
5	1,00	18	120	38	18	55
6	1,00	26	120	52	25	77
7	1,00	20	120	63	20	82
8	1,00	17	120	72	17	88
9	1,00	6	120	75	6	81
10	1,00	3	120	77	3	80
11	1,00	1	600	82	0	82
12	1,00	1	600	87	0	88
13	1,00	1	600	93	0	93
14	1,00	1	600	98	0	99
15	1,00	1	600	104	0	104
16	1,00	1	600	109	0	109
17	1,00	2	600	114	1	115
18	1,00	2	600	120	1	120
19	1,00	1	600	125	0	126
20	1,00	1	600	131	0	131
21	1,00	7	600	136	2	138
22	1,00	6	123	139	6	145
23	1,00	8	123	144	8	151
24	1,00	5	123	146	5	151
25	1,00	4	600	152	1	153
26	1,00	4	600	157	1	158
27	1,00	6	123	160	6	166
28	1,00	5	123	163	5	168
29	1,00	11	123	169	11	180
30	1,00	10	123	174	10	184
31	1,00	10	123	180	10	190
32	1,00	5	123	183	5	187
33	1,00	6	700	193	2	195
34	1,00	4	700	204	1	205
35	1,00	5	700	215	1	216
36	1,00	4	700	226	1	227
37	1,00	6	700	237	2	238
38	1,00	5	700	247	1	249
39	1,00	4	700	258	1	259
40	1,00	5	700	269	1	270
41	1,00	9	700	280	3	282
42	1,00	10	700	291	3	293
43	1,00	24	120	303	24	327
44	1,00	31	120	320	30	351
45	1,00	23	120	333	23	355
46	1,00	33	120	350	32	383
47	1,00	26	120	365	25	390
48	1,00	33	120	382	32	415
49	1,00	16	120	391	16	407
50	1,00	15	120	399	15	414
51	1,00	15	120	407	15	422
51	1,00	16	120	416	16	431
53	1,00	26	120	430	25	455
54	1,00	23	120	442	23	465
55	1,00	23	120	455	23	477
56	1,00	23	120	467	23	490
57	1,00	22	120	479	22	501
58	1,00	24	120	492	24	515
59	1,00	27	120	507	26	533

Convenção 1 = Areia 600 = SFL PR = 400tf  
 2 = Silte 700 = AT  
 3 = Argila

## 7. Principais cuidados na execução

Vamos agora ao passo a passo da execução. Primeiro prepare o terreno: conclua a terraplanagem e deixe a área livre e desimpedida para o serviço.



Terraplanagem

## 7. Principais cuidados na execução

Em segundo lugar, realize a locação das estacas, utilizando piquetes para demarcar tais pontos, ou caixinhas de madeira, que facilitam ainda mais a correta locação, deixando claro o posicionamento inicial da cravação dos perfis. De preferência, tenha o auxílio de uma equipe de topografia para esta etapa.



Equipe de topografia

## 7. Principais cuidados na execução

O terceiro passo é a parte mais divertida: a cravação. Nesse momento é crucial a decisão de qual equipamento usar. Você pode escolher entre martelos a percussão ou vibratórios. A decisão deve se basear nas características do solo, comprimento da estaca, e no volume de ruído e vibração permitidos no local. Antes do início, confira se os perfis de fato são aqueles determinados no projeto, afinal, não queremos surpresas ruins.



Martelo vibratório

## 7. Principais cuidados na execução

Ao cravar a primeira estaca, o projetista da fundação e o consultor de solos devem acompanhar bem de perto para verificar, primeiro, as condições do entorno, monitorando se há vibrações excessivas, e, segundo, para definir o critério de parada da cravação.

A seguir, posicione o equipamento de cravação sobre as caixinhas de madeira, suspenda o perfil metálico e aprume a torre do equipamento.



## 7. Principais cuidados na execução

Antes de içar o perfil, faça marcações de metro em metro, isso vai ajudar a controlar a cravação. Finalmente, desça o martelo e comece a cravar, sempre conferindo ao longo do processo a verticalidade dos perfis metálicos com régua de prumo. Caso se utilize equipamentos na percussão, também é importante que a altura da queda do martelo seja monitorada.

Se a profundidade da fundação for maior que o comprimento do perfil, precisamos fazer emendas. É importante que elas tenham a dimensão adequada para resistir aos impactos durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca. Para isso, recomenda-se utilizar talas soldadas seguindo as especificações do projeto. Essas talas geralmente são feitas com segmentos do próprio perfil, que podem ser emendados rapidamente por meio de um novo processo desenvolvido pela Gerdau.

Você pode conhecer mais sobre essa solução acessando o canal da marca no YouTube.

## 7. Principais cuidados na execução

Assim, o processo se torna mais prático e economizamos tempo, algo muito bom para garantir produtividade na cravação. Isso pode ser feito da seguinte maneira:

A solda é realizada previamente na base da seção superior a ser cravada, e essas talas já podem servir de guia para o alinhamento com o segmento inferior. O resultado disso é que a cravação precisa ser paralisada somente para finalizar a solda com o segmento que já está cravado.



Soldagem

## 7. Principais cuidados na execução

O quarto passo é monitorar o final da cravação. Um dos métodos mais comuns é tirar a “nega” e o repique. Quando a estaca começar a criar resistência, ou seja, quando estiver chegando perto da cota prevista pelo projeto, faça um pequeno gabarito não ligado ao perfil para apoiar uma régua e cole um papel na estaca. Mantenha um lápis rente à régua, enquanto dez golpes com mesma altura de queda do pilão são dados sobre a estaca. O lápis vai desenhar os movimentos de subida e descida da estaca em cada golpe, indicando a “nega” e o repique elástico.



Tirando a nega

A distância da primeira onda para a última é o valor chamado de “nega”, costuma se ler em milímetros. No dia a dia das obras, o responsável pelo projeto vai indicar qual o valor da “nega” desejado em todas as estacas. Apesar desse processo não garantir um comportamento idêntico entre todas as estacas, ele visa trazer maior homogeneidade quanto às deformações.

## 7. Principais cuidados na execução

O quinto passo é verificar a capacidade de carga geotécnica. A própria nega e repique podem ser utilizadas para estimar a carga geotécnica, mas os métodos envolvidos possuem maiores incertezas quanto aos seus resultados. Dessa forma é necessário na grande maioria das vezes realizar ensaios normatizados que objetivam principalmente a determinação da resistência mobilizada da interação solo-estaca. São eles o ensaio de carregamento dinâmico e a prova de carga estática.



Ensaio do carregamento dinâmico

## 7. Principais cuidados na execução

O ensaio de carregamento dinâmico, simula carregamentos estáticos axiais através da medição da força dinâmica e aceleração do elemento da estaca durante um impacto do martelo.

Já a prova de carga estática é a forma mais indicada para se verificar a capacidade de carga geotécnica das estacas, pois é possível simular em verdadeira grandeza os carregamentos reais de uma construção, aplicando uma sequência de carregamentos com macaco hidráulico e verificando o recalque em várias fases durante o carregamento e o descarregamento.



Prova de carga estática

## 7. Principais cuidados na execução

Voltando ao nosso processo de cravação, se houver sobra dos perfis, deverá ser cortado com maçarico, e as sobras com mais de 2m de comprimento podem ser reutilizadas para formar uma nova estaca, as estacas com comprimento menor são reutilizadas para formar talas de emendas. Lembramos que todos os registros da cravação das estacas farão parte de um relatório que será enviado para a consultoria, então é preciso atenção e precisão.

## 7. Principais cuidados na execução

Por fim, chegou a hora de ligar a estaca metálica ao bloco de coroamento. A função dessa ligação é permitir que as cargas da estrutura sejam transmitidas adequada e continuamente pelo bloco de coroamento para as estacas. Você deve ver em qual dos dois casos que vamos apresentar a seguir o seu projeto se encaixa.

Em ambos os casos é necessário se arrasar os perfis metálicos na cota definida em projeto, para posteriormente se iniciar a ligação com o bloco de coroamento. O primeiro caso de ligação é o da estaca comprimida. A estaca deve ser envolvida com concreto armado e fretado logo abaixo sua cota de arrasamento, também chamada de “pescoço”. Isso garante a transferência da carga do bloco à estaca sem que ocorram patologias no bloco por excesso de tensões no concreto.

## **7. Principais cuidados na execução**

O segundo caso é o de estacas tracionadas.

Para essa condição, a armadura deve ser soldada na estaca e penetrar no bloco em uma medida necessária para transmitir a carga por meio de tração.

## Conclusão

Agora que você já aprendeu sobre perfis metálicos aplicados a fundações, você já está pronto para colocar a mão na massa!

Em breve, você vai fazer muitos projetos bem-sucedidos. Nós queremos encontrá-lo mais vezes, por isso, fique atento aos próximos cursos do Sinduscon na prática. Nos vemos em breve!

Não se esqueça também que, além deste e-book, você tem à disposição na página web do curso, um guia rápido na forma de infográfico. Ele funcionará como material de consulta.

**Boa sorte!**

