

INFRA-ESTRUTURAS

DISCIPLINA: Tecnologia Construtiva
Professora: Regina Celia de Souza Cruz

Documento de referência: NBR 6122-2010

Esta norma trata dos critérios gerais que regem o **projeto e a execução** de fundações de todas as estruturas convencionais da engenharia civil, compreendendo: residências, edifícios de uso geral, pontes, viadutos, etc. obras especiais, como plataformas offshore, linhas de transmissão, etc. são também regidas por esta norma no que for aplicável, todavia obedecendo às Normas específicas para cada caso particular.

Newton	Quiloneuton	Quilograma-força	libra-força
N	Kn	kgf	lbf
1	0,001	0,102	0,225
9,807	0,0098	1	2,205

1. FUNDAÇÕES

Fundação é o elemento estrutural que tem por finalidade transmitir as cargas de uma edificação para uma camada resistente do solo.

2. PARÂMETROS PARA ESCOLHA DA FUNDAÇÃO

São diversas as variáveis a serem consideradas para a escolha do tipo de fundação. Numa primeira etapa, é preciso analisar os critérios técnicos que condicionam a escolha por um tipo ou outro de fundação. Os principais itens a serem considerados são:

2.1 Topografia da área

- dados sobre taludes e encostas no terreno, ou que possam atingir o terreno;
- necessidade de efetuar cortes e aterros
- dados sobre erosões, ocorrência de solos moles na superfície;
- presença de obstáculos, como aterros com lixo ou matacões.

2.2 Características do maciço de solo

- variabilidade das camadas e a profundidade de cada uma delas;
- existência de camadas resistentes ou adensáveis;
- compressibilidade e resistência do solos;
- a posição do nível d.água.

2.3 Dados da estrutura

- a arquitetura, o tipo e o uso da estrutura, como por exemplo, se consiste em um edifício, torre ou ponte, se há subsolo e ainda as cargas atuantes.

Realizado esse estudo, são descartadas as fundações que oferecem limitações de emprego para a obra em que se está realizando a análise. Tem-se, ainda assim, uma gama de soluções que poderão ser adotadas. Alguns projetistas de fundação elaboram projetos com diversas soluções, para que o construtor escolha o tipo mais adequado de acordo com o custo, disponibilidade financeira e o prazo desejado.

INFRA-ESTRUTURAS

Dessa forma, numa segunda etapa, consideram-se os seguintes fatores:

2.4 Dados sobre as construções vizinhas

- o tipo de estrutura e das fundações vizinhas;
- existência de subsolo;
- possíveis conseqüências de escavações e vibrações provocadas pela nova obra;
- danos já existentes.

2.5 Aspectos econômicos

Além do custo direto para a execução do serviço, deve-se considerar o prazo de execução. Há situações em que uma solução mais custosa oferece um prazo de execução menor, tornando-se mais atrativa.

Para realizar a escolha adequada do tipo de fundação, é importante que a pessoa responsável pela contratação tenha o conhecimento dos tipos de fundação disponíveis no mercado e de suas características. Somente com esse conhecimento é que será possível escolher a solução que atenda às características técnicas e ao mesmo tempo se adeque à realidade da obra.

Exemplos de limitações de emprego de algum tipo de fundação:

- Estacas moldadas in loco em solo mole podem ter o fuste estrangulado.
- Estacas pré-moldadas de concreto podem quebrar quando cravadas em solo muito resistente ou em solos com matacões.

Matacão - fragmento de rocha, transportado ou não, comumente arredondado por intemperismo ou abrasão, com uma dimensão compreendida entre 200 mm e 1 m.

São considerados solos moles os depósitos de solos orgânicos, turfas, areias muito fofas e solos hidromórficos em geral, passíveis de ocorrerem nos seguintes locais: zonas baixas alagadiças; mangues e brejos; várzeas de rios; antigos leitos de cursos d'água; planícies de sedimentação marinha ou lacustre.

Estes solos apresentam baixa resistência à penetração, ou seja, valores de SPT inferiores a 4 golpes

3. DEFINIÇÕES

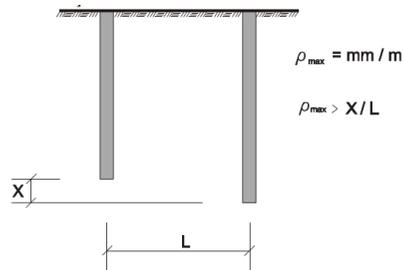
Capacidade de carga – é a carga que imposta ao terreno não é suscetível de conduzir a ruptura do solo ou da infra-estrutura.

Carga de ruptura – é a carga, que imposta a uma fundação, conduz à ruptura do solo, da infra-estrutura ou a recalques excessivos, inutilizando ou impedindo a utilização da superestrutura.

Carga admissível – é a carga de ruptura dividida por um coeficiente de segurança, os quais variam de caso para caso. Portanto a carga ou taxa admissível, define a maior carga que se deve utilizar no projeto.

Carga de trabalho – é a carga que realmente age no elemento de fundação.

Recalque máximo diferencial permissível – é a maior diferença admissível entre os recalques de dois elementos de fundação, dividido pela distância horizontal entre os dois elementos de fundação. É dado em mm/m.



Recalque absoluto – é o recalque observado ou calculado de um elemento de fundação.

Distorção angular – é a diferença angular existente entre o projeto de uma fundação profunda e a realidade.

2. AS CARGAS DAS EDIFICAÇÕES

As cargas da edificação são obtidas por meio das plantas de arquitetura e estrutura, onde são considerados os pesos próprios dos elementos constituintes e a sobrecarga ou carga útil a ser considerada nas lajes que são normalizadas em função de sua finalidade.

Eventualmente, em função da altura da edificação deverá também ser considerada a ação do vento sobre a edificação.

Peso específico dos materiais mais empregados em uma construção

Material	Peso específico	Unidade
Alvenaria de pedra	2200 a 2400	kgf/m ³
Alvenaria de tijolo maciço revestido	1600	kgf/m ³
Alvenaria de tijolo furado revestido	1300	kgf/m ³
Concreto simples	2200	kgf/m ³
Concreto armado	2500	kgf/m ³
Revestimento com madeira (taco)	45	kgf/m ²
Ladrilho e pedras de piso	50	kgf/m ²
Mármore de 2 a 3 cm de espessura	80 a 90	kgf/m ²
Revestimento de tetos e pisos de lajes com argamassa	25	kgf/m ²
Telhado completo – telha francesa	125	kgf/m ²
Telhado completo – telha canal	150	kgf/m ²
Telhado completo – cimento amianto	90	kgf/m ²
Madeira de lei	900	kgf/m ³

INFRA-ESTRUTURAS**Sobrecargas ou carga úteis em lajes de piso e de forro.**

Compartmento	Sobrecarga – kgf/m ²
Laje de forro	100
Laje de piso de residência	200
Laje de piso de escritório	200
Laje de piso de enfermarias e recepções	250
Salas de aula, assembléias	350
Biblioteca – sala de leitura	250
Biblioteca – sala de estante de livro	a ser determinado em cada caso
Depósitos	a ser determinado em cada caso
Arquibancadas	400

3. RESISTÊNCIA OU CAPACIDADE DE CARGA DO SOLO

A determinação da tensão admissível, resistência ou capacidade de carga do solo consiste no limite de carga que o solo pode suportar sem se romper ou sofrer deformação exagerada.

Para obras de vulto sujeitas à carga elevadas só pode ser realizada por empresas especializadas, que além do estudo do subsolo, de um modo geral propõem sugestões para o tipo de fundação mais adequado para que o binômio estabilidade-economia seja atendido.

Para obras de pequeno vulto sujeitas a cargas relativamente pequenas, a resistência do terreno poderá ser obtida por meio de tabelas práticas em função do tipo de solo.

INFRA-ESTRUTURAS**Tensão admissível no solo**

Tipo de solo	Tensão admissível (kgf/cm ²)
a. Rocha viva, maciça sem laminação, fissuras ou sinal de decomposição, tais como: gnaisse, granito, diabase e basalto.	100
b. Rochas laminadas com pequenas fissuras estratificadas, tais como: xistos e ardósias.	35
c. Depósitos compactos e contínuos de matacões e pedras de várias rochas.	10
d. Solo concrecionado.	8
e. Pedregulhos compactos e mistura de areia e pedregulho.	5
f. Pedregulhos soltos e mistura de areia e pedregulho. Areia grossa compacta.	3
g. Areia grossa fofa e areia fina compacta.	2
h. Areia fina fofa.	1
i. Argila dura.	3
j. Argila rija.	2
k. Argila média.	1
l. Argila mole, argila muito mole, aterros.	*

* são exigidos estudos especiais ou experiência local

4. TIPOS DE FUNDAÇÕES

De acordo com a profundidade do solo resistente, onde está implantada a sua base, as fundações podem se classificadas em:

Fundação superficial (rasa ou direta)

Elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é **inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação**.

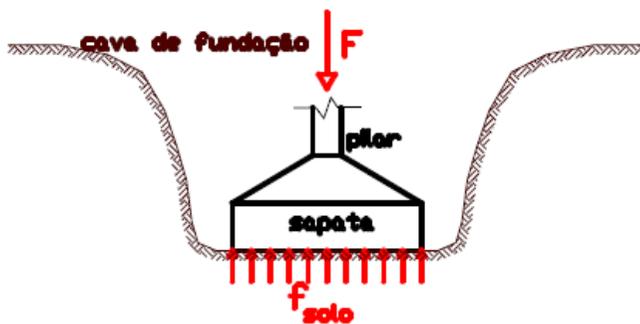
O que caracteriza, principalmente uma fundação rasa ou direta é o fato da distribuição de carga do pilar para o solo ocorrer pela base do elemento de fundação, sendo que, a carga aproximadamente pontual que ocorre no pilar, é transformada em carga distribuída, num valor tal, que o solo seja capaz de suportá-la. Outra característica da fundação direta é a necessidade da abertura da cava de fundação para a construção do elemento de fundação no fundo da cava.

Fundação profunda

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo a sua ponta ou base estar assente em profundidade **superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo igual a 3,00m**. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

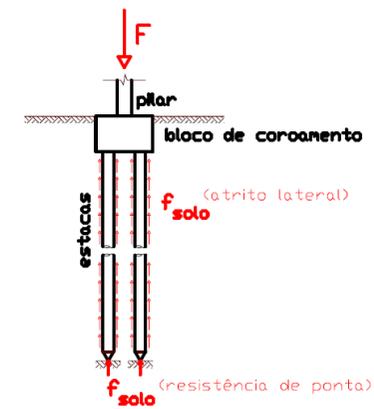
A fundação profunda, a qual possui grande comprimento em relação a sua base, apresenta pouca capacidade de suporte pela base, porém grande capacidade de carga devido ao atrito lateral do corpo do elemento de fundação com o solo. A fundação profunda, normalmente, dispensa abertura da cava de fundação.

Fundação superficial (rasa ou direta)



INFRA-ESTRUTURAS

Fundação profunda



3. FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS (RASAS OU DIRETAS)

3.1 Bloco

Elemento de fundação superficial, de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração, nele resultantes sejam resistidas pelo concreto, **sem necessidade de armadura**. Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada, retangular ou trapezoidal. Podem ser construídos de pedra, tijolos maciços, concreto simples, concreto ciclópico.

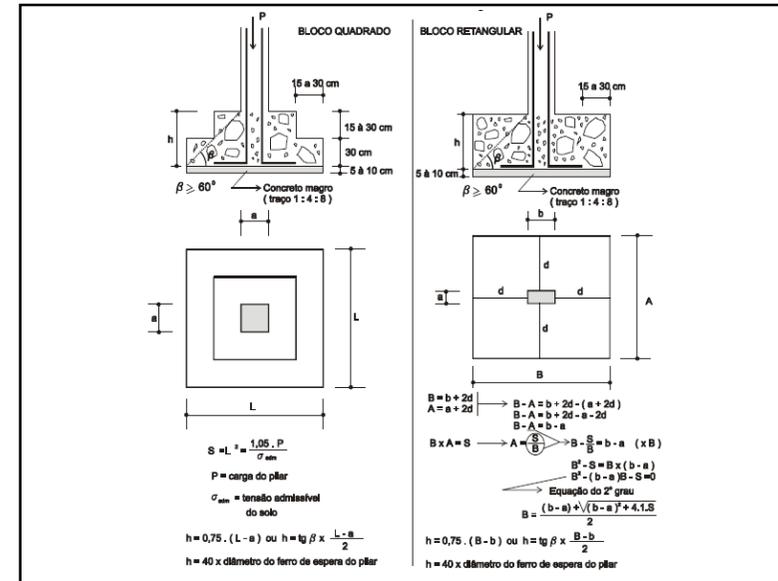
3.1.1 Dimensão mínima

Em planta, os blocos não devem ter dimensões inferiores a 0,60m.

3.1.2 Profundidade mínima

Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, tal profundidade deve ser inferior a 1,50m. Em casos de obras cujos blocos estejam majoritariamente previstos com dimensões inferiores a 1,00m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

A cota de apoio de uma fundação deve ser tal que assegure que a capacidade de suporte do solo de apoio não seja influenciada pelas sazonalidades do clima ou alterações de umidade.



3.2 Sapata

Elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração, nele resultantes sejam **resistidas pelo emprego de armadura** especialmente disposta para esse fim.

3.2.1 Dimensão mínima

Em planta, os blocos não devem ter dimensões inferiores a 0,60m.

3.2.2 Profundidade mínima

Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, tal profundidade **não** deve ser inferior a 1,50m. Em casos de obras cujos blocos estejam majoritariamente previstos com dimensões inferiores a 1,00m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

A cota de apoio de uma fundação deve ser tal que assegure que a capacidade de suporte do solo de apoio não seja influenciada pelas sazonalidades do clima ou alterações de umidade.

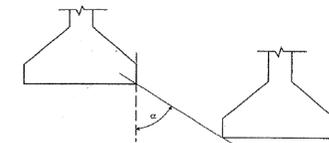
3.2.3 Lastro

Todas as partes da fundação superficial (rasa ou direta) em contato com o solo devem ser concretadas sobre um lastro de concreto não estrutural com no mínimo 5cm de espessura, a ser lançado sobre toda a superfície de contato solo-fundação.

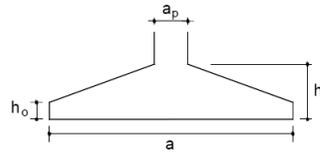
3.2.4 Fundações em cotas diferentes

No caso de fundações próximas, porém situadas em cotas diferentes, a reta de maior declive que passa pelos seus bordos deve fazer um ângulo α com os seguintes valores:

- solos pouco resistentes : $\alpha \geq 60^\circ$
- solos resistentes : $\alpha \geq 45^\circ$
- rochas : $\alpha = 30^\circ$



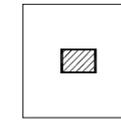
3.2.5 – Classificação das sapatas quanto à rigidez – NBR 6118



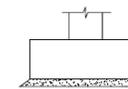
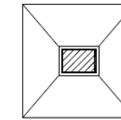
- $h > \frac{(a - a_p)}{3} \Rightarrow$ **RÍGIDA**
- Mais utilizadas
 - Dispensam verificação à punção
- $h \leq \frac{(a - a_p)}{3} \Rightarrow$ **FLEXÍVEL**
- Menos utilizadas
 - Pequenas cargas/solos pouco resistentes
 - Verificação à punção obrigatória

3.2.6 Tipos de sapatas

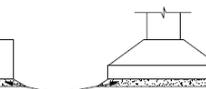
3.2.6.1 Sapatas isoladas



Planta



Vista frontal



Lastro de Concreto

- Recebem as cargas de apenas um pilar
- Solução preferencial
(Mais econômica)
- CG da seção do pilar coincidir com CG da sapata
(Seção genérica)



Fonte: Fundacta



Fonte: Fundacta

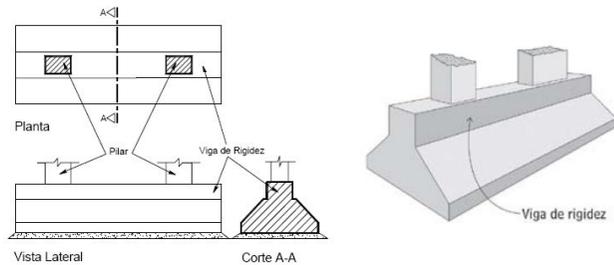
Uma das soluções mais empregadas como fundação superficial
Dimensionamento geométrico (planta) \Rightarrow Tensão admissível





3.2.6.2 Sapata associada

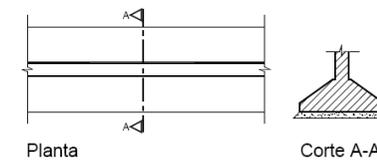
Sapata comum a mais de um pilar.



- Quando há pilares muito próximos (superposição isoladas)
- Necessidade de viga de rigidez

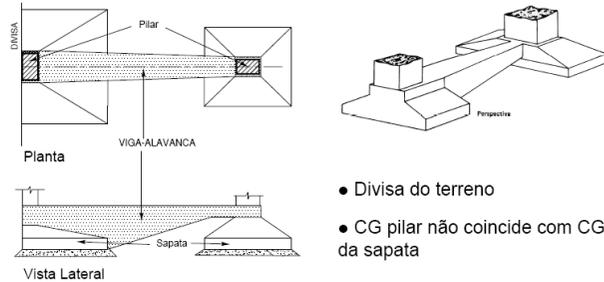
3.2.6.3 Sapata corrida

Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento.



- Recebem as cargas de muros, paredes (elementos alongados)
- Cargas verticais distribuídas em uma direção
- Dimensionamento à flexão: lajes armadas em uma direção
- Verificação à punção desnecessária (ações distribuídas)

3.2.6.4 Sapata de divisa

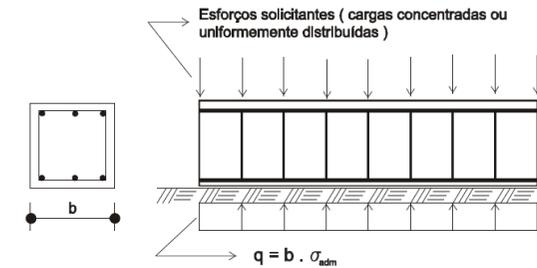


- Divisa do terreno
- CG pilar não coincide com CG da sapata

- Necessidade de viga alavanca (ou de equilíbrio)

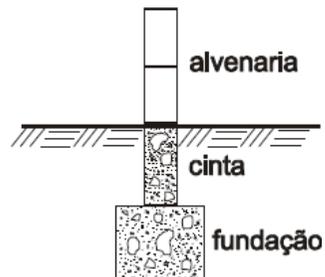
3.3. Vigas de fundação

Vigas de fundação são elementos de fundação confeccionadas em concreto armado, calculadas de tal forma que, suportem a carga transmitida por paredes ou pilares de grande comprimento, e aproveitem o máximo à resistência do terreno de fundação, utiliza-se para tanto o módulo de reação do terreno (q).
Obs: Se a viga de fundação não for confeccionada em concreto armado, mas sim em concreto ciclópico ou com pedras de mão argamassadas a viga de fundação passa a se chamar de **baldrame**.



3.4. Cintas de fundação

São fundações confeccionadas em concreto pobremente armado e destinadas simplesmente a fazer a amarração de blocos ou sapatas de pequenas obras, elas também podem se destinar em alguns projetos a receber as cargas de paredes do pavimento térreo.



INFRA-ESTRUTURAS

3.5 Radier

Elemento de fundação superficial que abrange parte ou todos os pilares de uma estrutura, distribuindo os carregamentos.

Quando a soma das cargas da estrutura dividida pela taxa admissível do terreno excede à metade da área a ser edificada, geralmente é mais econômico reunir as sapatas num só elemento de fundação, que toma o nome de radier.

Pode-se considerar também, quando a área das sapatas ocuparem cerca de 70% da área coberta pela construção ou quando se deseja reduzir ao máximo os recalques diferenciais.

Recorre-se a esse tipo de fundação quando o terreno é de baixa resistência e a espessura da camada do solo é relativamente profunda.

Este tipo de fundação envolve grande volume de concreto, é relativamente onerosa e de difícil execução

3.6 Resumo de fundações superficiais

Tipos	Quando utilizar	Custo	Características Executivas
Bloco	Utilizados quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao emprego em cargas elevadas	Baixo	Simple execução
Sapata		Baixo, porém maior que o bloco para cargas reduzidas	Simple execução Pode assumir diversas formas geométricas, para facilitar o apoio de pilares com formatos excêntricos.
Radier	Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem Quando se deseja uniformizar os recalques	Custo alto	Prazo alto, devido a necessidade de deixar toda a área a ser executada desimpedida antes de iniciar o serviço.

4. FUNDAÇÕES PROFUNDAS

4.1 Estacas

Elemento de fundação profunda, executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de pessoas. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pre-moldado, concreto moldado *in loco*, ou pela combinação dos

A opção por estacas em um projeto de fundações é função da carga que o pilar transmite ao terreno de fundação e do próprio terreno.

Quanto ao tipo de estaca ser utilizada há de se verificar disponibilidade de material no local.

Por outro lado justifica-se a utilização de estacas quando, as tensões transmitidas ao solo por uma fundação direta é superior as tensões admissíveis do solo, ou quando as fundações diretas conduzirem a recalques excessivos.

Assim todo o projeto de estaca deve ser acompanhado da justificativa econômica comparada com ao projeto de fundações diretas.

4.1.1 Elementos das estacas

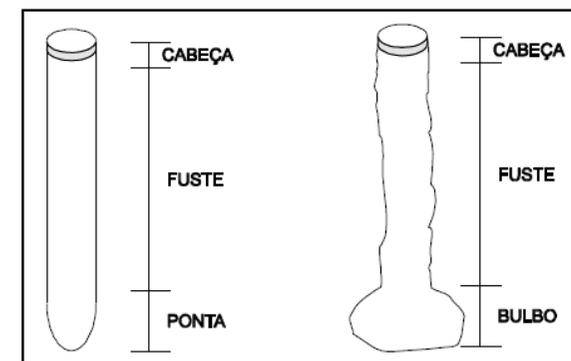
Toda a estaca apresenta cabeça, fuste e ponta (bulbo).

Cabeça é à parte da estaca que fica ligada ao bloco (de aglutinação de estacas).

Fuste é à parte da estaca correspondente a superfície lateral que tem contato com o solo, é no fuste que se desenvolvem a resistência das estacas por atrito lateral.

Ponta é a parte inferior da estaca, é através dela que se transmite ao solo à tensão de compressão. A ponta de uma estaca passa a receber o nome de bulbo ou cebolão, quando o seu diâmetro é maior que o diâmetro do fuste.

INFRA-ESTRUTURAS



4.1.2 Tipos de estacas

As estacas podem ser de vários tipos

4.1.2.1 Estacas pré-fabricadas

Podem ser fabricadas com diversos materiais, sendo as estacas metálicas e as de concreto as mais usuais. Caracterizam-se por serem cravadas no terreno, podendo-se utilizar os seguintes métodos:

Percussão - É o método de cravação mais empregado, o qual utiliza-se pilões de queda livre ou automáticos. Um dos principais inconvenientes desse sistema é o barulho produzido.

Prensagem - Empregada onde há a necessidade de evitar barulhos e vibrações, utiliza macacos hidráulicos que reagem contra uma plataforma com sobrecarga ou contra a própria estrutura.

Vibração - Sistema que emprega um martelo dotado de garras (para fixar a estaca), com massas excêntricas que giram com alta rotação, produzindo uma vibração de alta frequência à estaca. Pode ser empregada tanto para cravação como para remoção de estacas, tendo o inconveniente de transmitir vibrações para os arredores.

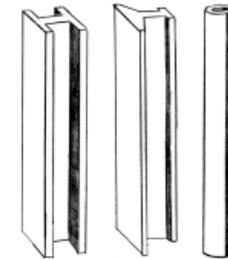
A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, característica do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local.

4.1.2.1.1 Metálicas

Elemento estrutural produzido industrialmente, podendo ser constituído por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapas dobradas ou calandradas, tubos (com ou sem costura), trilhos.

A utilização de estacas de aço é pensada quando constatado que no solo existem pedras, matacões e pedregulhos, o que impossibilitaria a cravação de estacas de concreto ou madeira.

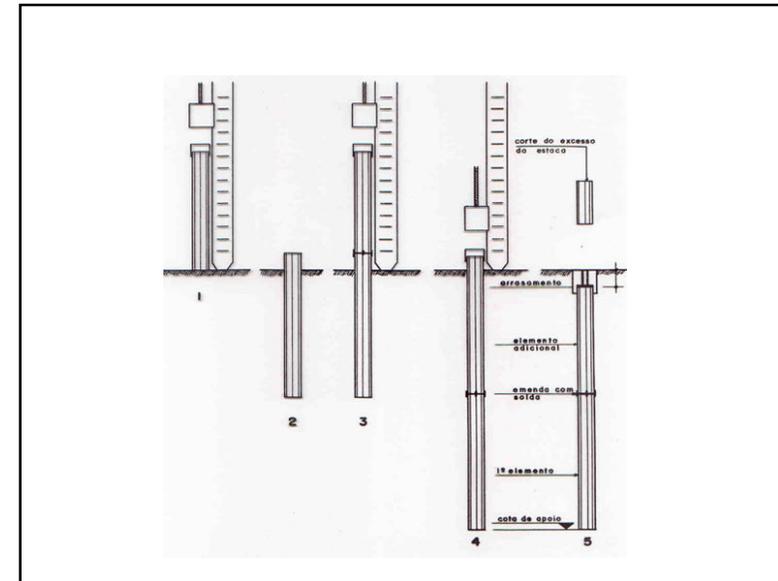
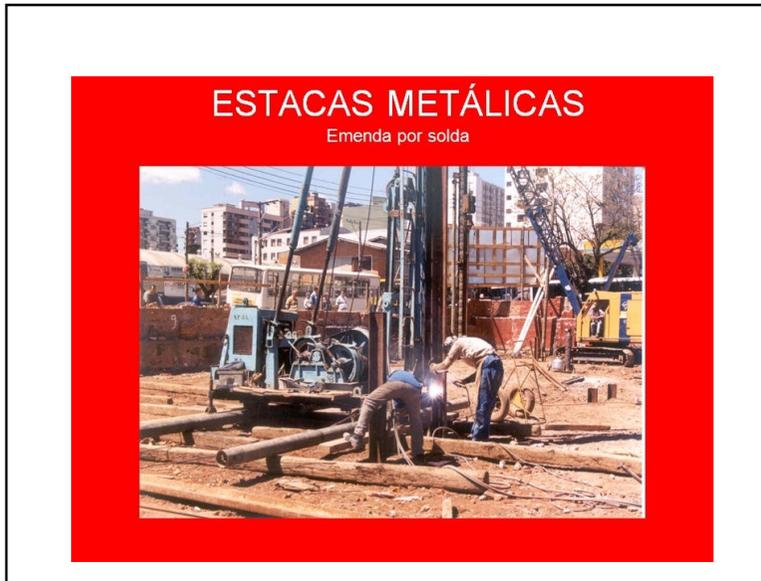
As estacas podem ser emendadas por solda com talas de reforço, ou por talas aparafusadas



ESTACAS METÁLICAS

Cravação de um elemento com martelo de queda livre



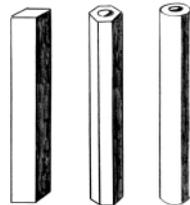


4.1.2.1.2 Pré-moldadas de concreto

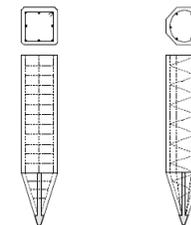
As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos.

As estacas pré-moldadas de concreto podem ser emendadas através de anéis soldados ou outros dispositivos que permitam a transferência dos esforços.

A fim de minimizar os efeitos danosos nas extremidades de estacas, quando da sua cravação, é colocado um reforço metálico (ponteira) na extremidade inferior, enquanto a cabeça recebe o reforço em anel metálico.



Quanto às dimensões destas estacas, podemos dizer que em média apresentam comprimento variando de 12 a 14 m, são confeccionadas com seções envolvidas por quadrados de 25 x 25 cm até o máximo de 40 x 40 cm e armadas com uma seção de ferro longitudinal, que corresponde a aproximadamente 1,5 % da seção de concreto. Os estribos podem ser de forma poligonal nas estacas quadradas ou espirais para as demais seções.



As estacas pré-moldadas apresentam vantagens e desvantagens sobre os outros tipos de estacas de concreto e também estacas de outros materiais.

Vantagens

- Podem ser construídas em série, no canteiro de obras ou fora deste.
- Podem ser rejeitadas as estacas que não apresentem boas características.
- Necessitam de equipamento relativamente leve para a sua cravação.
- Quando em contato com águas agressivas, pode-se dar um tratamento adequado antes da cravação.

Desvantagens

- O difícil manejo ocasionando algumas vezes a ruptura das estacas.
- Necessidade de maior armadura quando comparada com outras estacas de concreto destinadas a cargas iguais.
- Emendas de difícil execução.

ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO – Circulares



4.1.2.2 Estacas de madeira

4.1.2.2.1 Estacas de madeira em toras

A opção por estacas de madeira em toras se dá quando:

- Na região há abundância de árvores longilíneas, com diâmetro mínimo de 22cm, das espécies, aroeira, eucalipto, maçaranduba, peroba ou qualquer outra que resista a impacto.
- No local onde serão cravadas as estacas, o nível d'água do lençol freático possibilitará às estacas imersão completa e permanente.
- Via de regra obra a ser fundada é de pequeno porte, porém não é impossível sua aplicação em obras de grande porte.
- A obra é de uso provisório.

O topo das estacas deve ser protegido por cepos ou capacetes menos rígidos para minimizar danos durante a cravação.

Vantagens no o emprego de estacas de madeira:

- o fácil manuseio e a fácil cravação.

Desvantagens no o emprego de estacas de madeira:

- a pequena capacidade de carga (25 t),
- o comprimento máximo de 12 m,
- a necessidade da completa imersão em água, para evitar ataques de cupins ou de fungos se a estaca estiver na zona de variação do nível d'água.

4.1.2.2.2 Estacas de madeira de seção quadrada

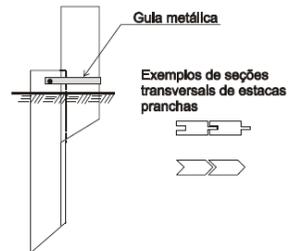
As estacas de madeira com seções quadradas ou retangulares são utilizadas quando se dispõe de madeira de primeira (boa qualidade), o que permite o descarte da casca e o seu falquejamento, abandonando-se, portanto o "branco" das toras, o que facilita tão somente o aproveitamento do cerne, ou seja, a parte mais resistente da madeira, isto faz com que estas estacas apresentem uma maior capacidade de carga.

4.1.2.2.3 Estacas pranchas de madeira

A opção por estacas pranchas de madeira se dá quando:

- da construção de ensecadeiras rasas,
- do escoramento de cavas para execução de fundações,
- da abertura de trincheiras para a implantação de tubulações.

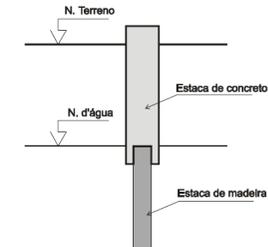
As estacas pranchas de madeira normalmente são possuidoras de encaixes (macho / fêmea) e com a ponta chanfrada, e para garantir o perfeito encaixe de duas estacas vizinhas durante a cravação da segunda, elas são gabaritadas na parte superior por uma guia metálica.



4.1.2.3 Estacas mistas

Por motivo de economia e tendo em vista o possível ataque de uma estaca de madeira ou aço por agentes agressivos, faz-se uso das estacas mistas de madeira e concreto ou aço e concreto.

Em face da pouca rigidez na emenda dos dois materiais componentes da estaca, as estacas mistas só podem ser utilizadas quando da ausência de cargas horizontais ou de momentos aplicados na cabeça das estacas.



4.1.2.4 Estacas moldadas in loco

4.1.2.4.1 Estacas tipo Franki (moldada in loco com tubo de revestimento)

Estaca de concreto armado moldada in loco que emprega um **tubo de revestimento** (camisa metálica) recuperável, com ponta fechada.

O tubo de revestimento é cravado dinamicamente no terreno, com ponta fechada, derramando-se dentro do mesmo mistura de brita e areia, socada energeticamente com um pilão de queda livre com peso mínimo que varia de 1 a 3 toneladas, caindo de vários metros de altura.

Sob os golpes do pilão, a mistura de brita e areia forma na parte inferior do tubo uma "bucha" estanque, fortemente comprimida contra as paredes do tubo. Ao se bater com o pilão nessa bucha, a mesma arrasta o tubo e, graças a ela, a água e o solo não podem penetrar, obtendo-se ao final da cravação uma forma absolutamente estanque.

Quando o tubo atinge a profundidade prevista, ele é levantado ligeiramente e mantido fixo aos cabos do bate-estacas, expulsando-se a bucha por meio de golpes do pilão, tendo-se o cuidado de deixar no tubo uma certa quantidade de bucha que garante a estanqueidade.

Nesta fase de execução, e ainda aos golpes do pilão introduz-se concreto seco no terreno provocando a formação de um bulbo que constitui a base alargada da estaca.

A seguir, coloca-se a armação da estaca, constituída de barras longitudinais e estribos soldados, passando-se então à fase de concretagem do fuste da estaca que consiste em compactar com o pilão pequenas quantidades de concreto, com fator água-cimento baixo, ao mesmo tempo em que se vai recuperando o tubo, tendo-se o cuidado de deixar no mesmo uma quantidade suficiente de concreto para impedir a entrada de água e de solo.

Vantagens das Estacas Franki

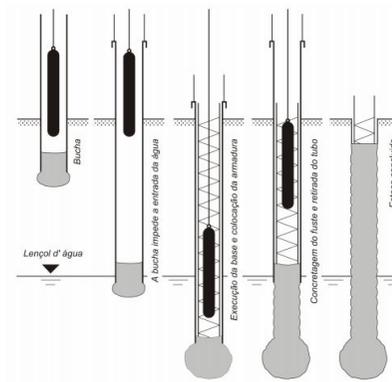
As estacas tipo Franki podem ser feitas com formas perdidas ou recuperadas, sendo este, porém, um processo caro;

Como todas as demais estacas moldadas no local, atinge-se o comprimento desejado, podendo assim, chegar a grandes profundidades. Além disso, há uma melhor estabilidade pela base alargada, boa verticalidade e superfície do fuste bastante rugosa em contato com o terreno bastante comprimido;
Possui a capacidade de desenvolver elevada carga de trabalho, suportando até 100ton;
O comprimento da estaca pode ser facilmente ajustado durante a cravação.

Desvantagens das Estacas Franki

Tratando-se de trabalho custoso e especializado, tal fundação só pode ser feita por companhias organizadas e protegidas com patentes de execução;

Seu processo executivo causa muita vibração, podendo danificar construções vizinhas.



Vista do bate estacas Franki



Armação da estaca tipo Franki



Vista do pilão

4.1.2.4.2 Estacas tipo Straus (moldada in loco com tubo de revestimento)

As estacas do tipo Strauss são moldadas "in loco", com processo relativamente simples e eficaz. A perfuração é executada com o auxílio de uma sonda, denominada "piteira", com a utilização parcial ou total de revestimento recuperável e posterior concretagem da fundação no local.

A estaca Strauss é indicada para casos em que a fundação deve ser profunda (até 20 metros) e o solo seco.

As principais características das Estacas Strauss são:

- Reduzida trepidação e, conseqüentemente, pouca vibração nas edificações vizinhas à obra.
- Possibilidade de execução da estaca com o comprimento projetado, permitindo cotas de arrasamento abaixo da superfície do terreno.
- Facilidade de locomoção dentro da obra.
- Capacidade de executar estacas próximas às divisas do terreno, diminuindo assim, a excentricidade nos blocos.
- Execução de estacas com capacidade de 20 ton, 30 ton e 40 ton.

Dimensionamento

A determinação das seções, as localizações e profundidades serão fornecidas pelo calculista das fundações, com seu dimensionamento de acordo com a NBR 6118 – "Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado" e NBR 6122 – "Projeto e Execução de Fundações".

Perfuração

Após a locação dos pontos das estacas, através de gabarito indicando seus eixos, inicia-se a perfuração, com a piteira posicionada dentro do primeiro tubo de revestimento (extremidade inferior dentada) e com golpes sucessivos, a piteira retirará o solo do interior, abaixo do tubo, que se introduzirá aos poucos no terreno, por efeito de seu peso próprio.

Quando o tubo estiver totalmente cravado, será rosqueado um novo tubo em sua extremidade superior livre e reiniciado o trabalho da piteira. Este procedimento será repetido até que se atinja a profundidade prevista para a perfuração ou as condições de suporte previstas para o terreno.

Concretagem

Ao atingir a profundidade desejada e procedida a limpeza do tubo, será lançado o primeiro volume de concreto no interior do tubo e apoiado com o auxílio de um pilão metálico, visando a formação de um "bulbo" na base da estaca.

Igual volume de concreto será novamente lançado e procedido novo apoio, iniciando-se a remoção dos tubos de revestimento, com auxílio de um guincho mecânico. Esta operação se repetirá até que o concreto atinja a cota desejada, com a máxima precaução, a fim de impedir sua descontinuidade, completando assim, eventuais espaços vazios e preenchendo as deformações no subsolo.

Armadura

Antes da concretagem dos últimos dois metros da estaca, ou a critério do calculista das fundações, será colocada uma armadura, onde as barras deverão emergir fora da cota de arrasamento da estaca, conforme detalhe do projeto de fundações.



4.1.2.4.3 Estacas tipo Hélice Contínua (moldada in loco escavada mecanicamente)

Estaca de concreto moldada in loco, executada através de um equipamento que possui um trado helicoidal contínuo, que retira o solo conforme se realiza a escavação, e injeta o concreto simultaneamente, utilizando a haste central desse mesmo trado. Uma vez concluída a concretagem, é introduzida a ferragem necessária.

É um sistema que proporciona uma boa produtividade e, por esse motivo, é recomendável que haja uma central de concreto nas proximidades do local de trabalho. Além disso, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação.

O sistema pode ser empregado na maioria dos tipos de solos, exceto em locais onde há a presença de matacões e rochas. Estacas muito curtas, ou que atravessam materiais extremamente moles também devem ter sua utilização analisada cuidadosamente.

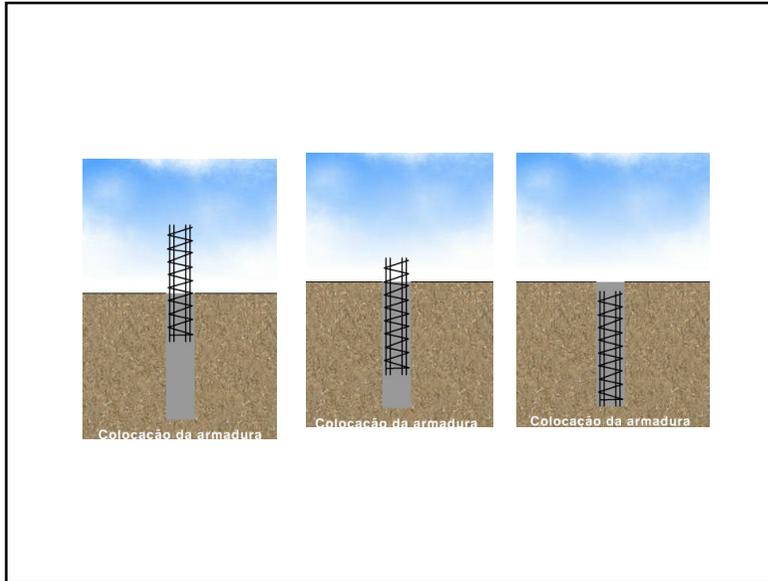
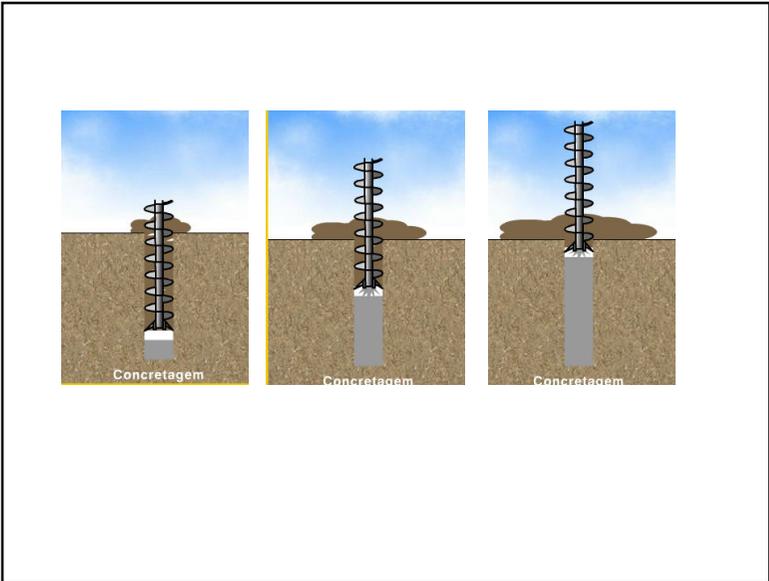
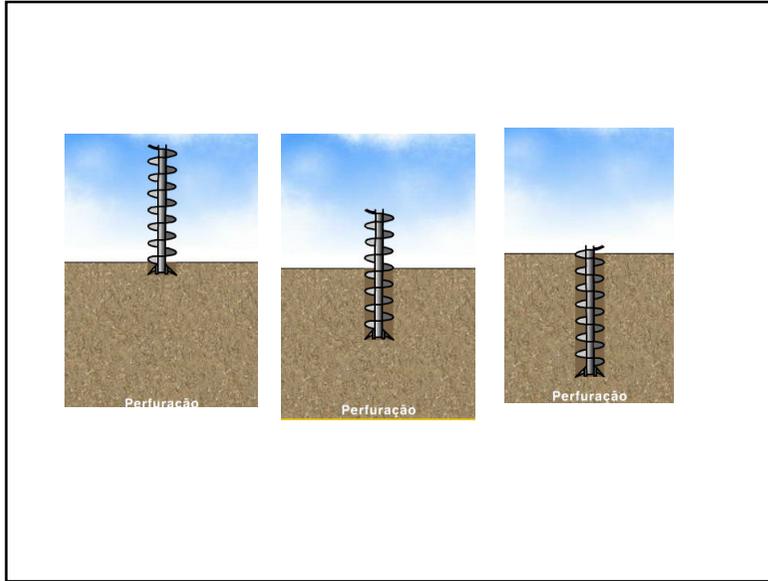
A escolha por esse sistema de fundação depende não só das características do terreno ou dos custos envolvidos, mas também de aspectos da vizinhança do canteiro.

Essas estacas são, por exemplo, mais indicadas do que estacas cravadas quando há restrições relacionadas à vibração ou a impactos sonoros.

A opção por estacas hélice contínua pode ser determinada também pela disponibilidade de equipamentos.

A determinação deve ser feita por consultores ou especialistas em fundações.





4.1.2.4.4 Estacas Ômega

A estaca Omega é uma estaca de concreto moldada "in loco", com ausência total de vibração ou distúrbios durante a execução e sem a retirada do solo da escavação comportando-se como uma estaca de deslocamento.

A estaca Omega foi desenvolvida na Bélgica a partir de 1993, difundindo-se inicialmente para os países vizinhos da Europa, Reino Unido e Austrália. No Brasil foi introduzida pela Fundesp no final de 1996.

O princípio da estaca Omega é baseado na forma do trado de perfuração, com o diâmetro e passo da hélice espiral aumentados progressivamente, de forma a utilizar a mínima energia necessária (torque), para deslocar e compactar lateralmente o terreno.

A metodologia executiva deste tipo de estaca é semelhante ao da Hélice Contínua, diferenciando apenas no processo de furação, pois não há retirada do solo e este é compactado à lateral do furo..

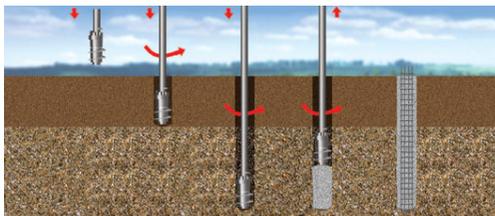
Perfuração: A perfuração consiste em fazer o trado penetrar por rotação, através de uma mesa rotativa hidráulica, como na hélice contínua, deslocando e compactando lateralmente o solo, sem transportá-lo a superfície.



Detalhe do trado de Estaca Ômega.

Os diâmetros do trado ômega disponíveis iniciam com 270mm a 470mm, com incrementos no diâmetro de 50mm. Não há nenhuma limitação teórica para os diâmetros do trado ômega, contanto que, haja quantidade de energia disponível (torque) para cravar o trado no terreno.

No que se refere à profundidade, é possível executar estacas de até 28m de profundidade, dependendo do tipo de solo e do equipamento, torque e diâmetros a serem utilizados.



4.1.2.4.5 Estacas tipo Raiz

(moldada in loco escavada mecanicamente)

Estacas concretadas "in-loco", injetadas, consideradas de pequeno diâmetro, elevada capacidade de carga baseada essencialmente na resistência por atrito lateral do terreno.

Escavadas com perfuratriz, executadas com equipamento de rotação ou rotoperussão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido.

É recomendado para obras com dificuldade de acesso para o equipamento de cravação, pois emprega equipamento com pequenas dimensões (altura de aproximadamente 2m). Pode, por meio de ferramentas especiais, atravessar terrenos de qualquer natureza, inclusive alvenarias, concreto armado, rochas ou matacões. Pode ser utilizada também para reforço de fundações existentes, fundações de novas pontes e viadutos, contenções de encostas.

Pode ser executada de forma inclinada, resistindo a esforços horizontais.

É uma estaca de **argamassa armada**, com fuste contínuo rugoso e armada ao longo de seu comprimento.

As estacas raiz foram empregadas inicialmente no reforço de fundações e ao longo dos anos, com o aprimoramento de novas técnicas, seu uso disseminou-se permitindo resolver diversos problemas na área de fundações, de contenção de taludes ou escavações, de consolidação de terrenos e outros.

Podem ser executadas na vertical ou inclinadas, com limitação de pé direito ou da área de trabalho, devido às dimensões reduzidas do equipamento de perfuração.

Pode-se salientar também:

- A alta produtividade obtida;
- A possibilidade de atravessar qualquer tipo de terreno inclusive rocha, matacão, concreto armado e alvenaria
- A ausência de vibração
- A ausência de descompressão do terreno
- O baixo nível de poluição sonora

Perfuração

A perfuração é efetuada pelo sistema rotativo ou roto-percussivo, utilizando um tubo de revestimento em cuja extremidade é acoplada uma coroa de perfuração adequada às características geológicas da obra. No caso de ser necessário atravessar camadas de concreto, matacões ou rocha, utiliza-se martelo de fundo com "bits" acoplado a hastes com diâmetro inferior ao diâmetro interno do tubo de revestimento. O material proveniente da perfuração é eliminado continuamente pelo refluxo do fluido de perfuração

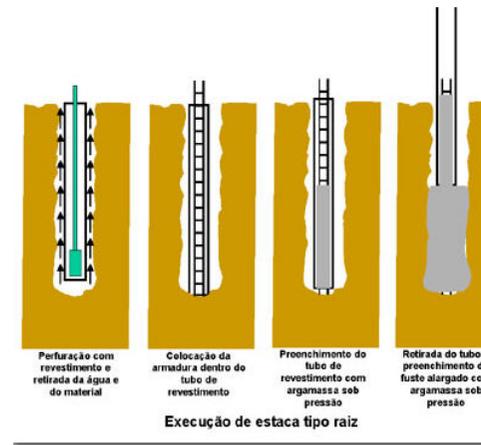
Armação

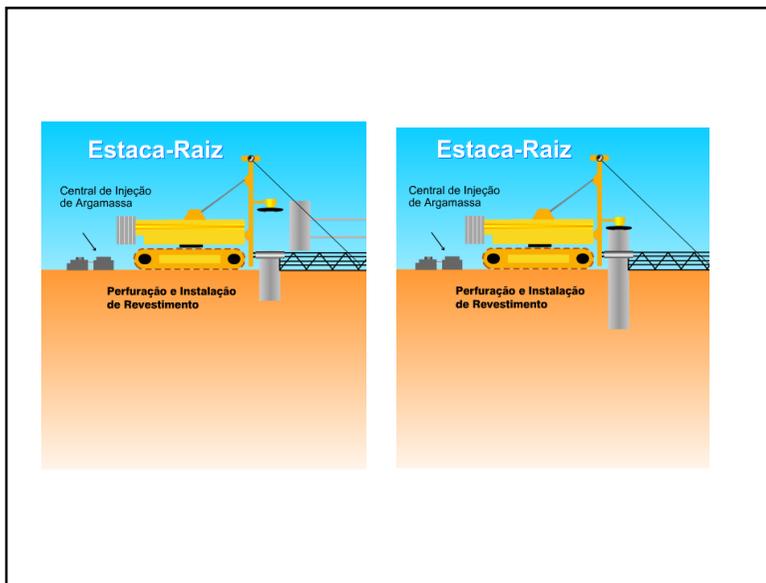
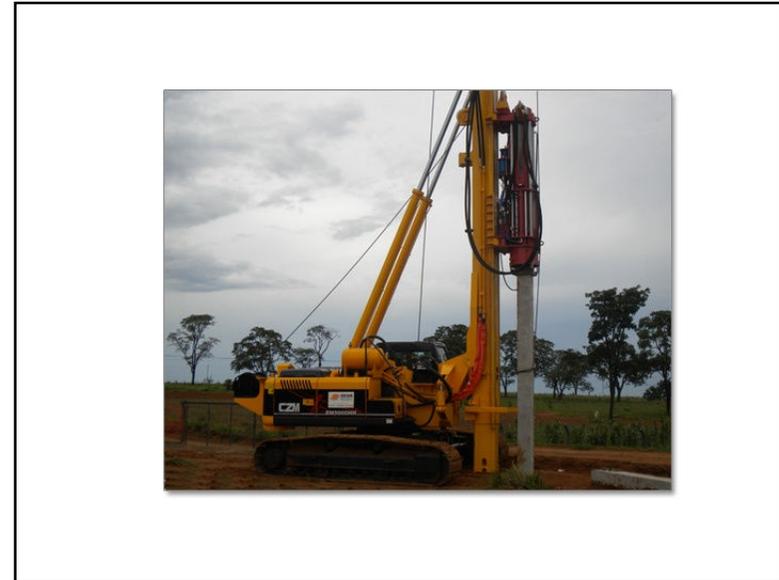
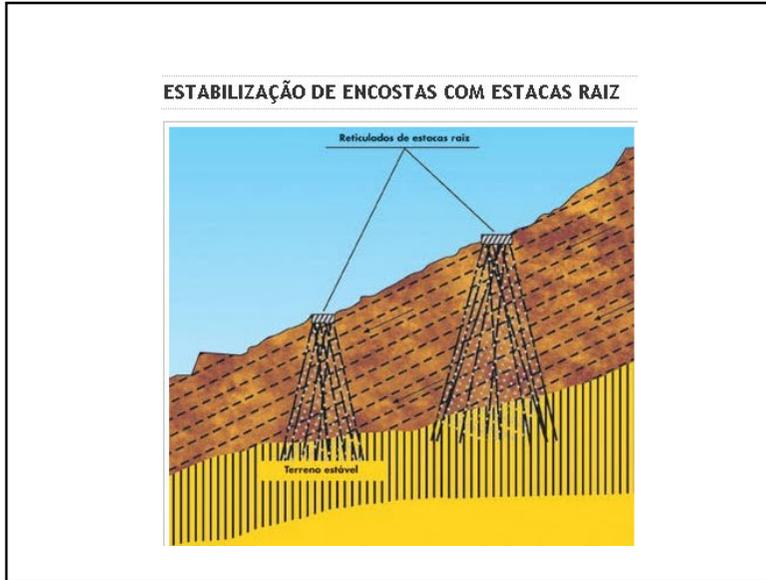
Concluída a perfuração da estaca com a inclinação e profundidade previstas, procede-se à colocação da armadura que tem o comprimento do fuste da mesma.

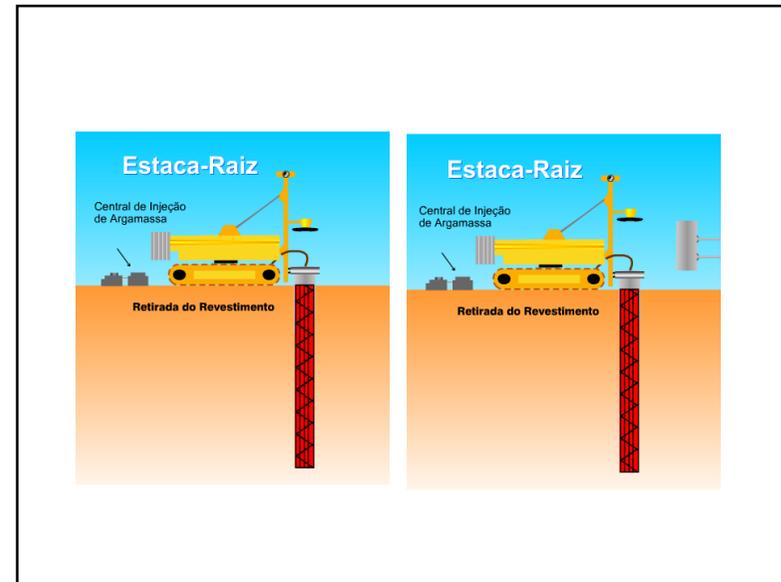
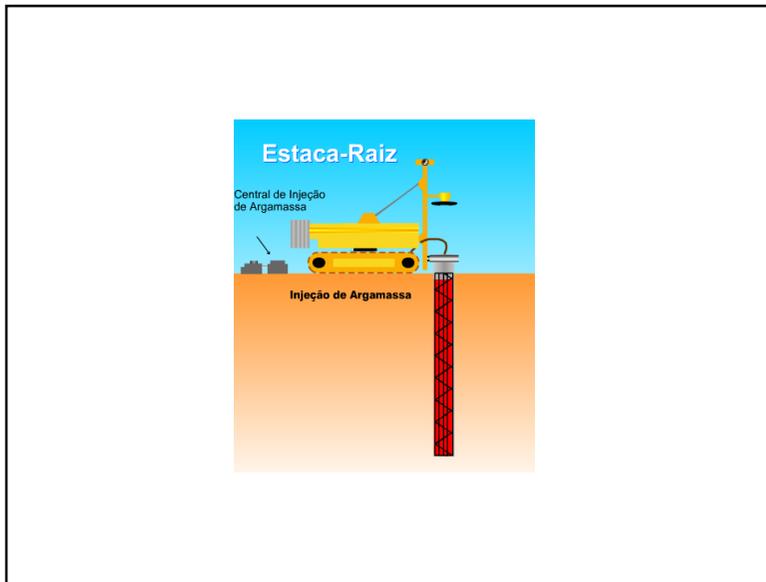
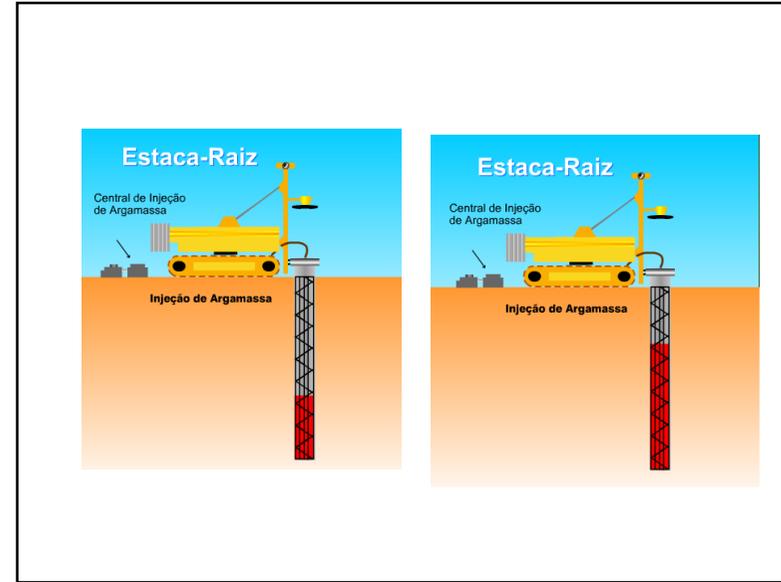
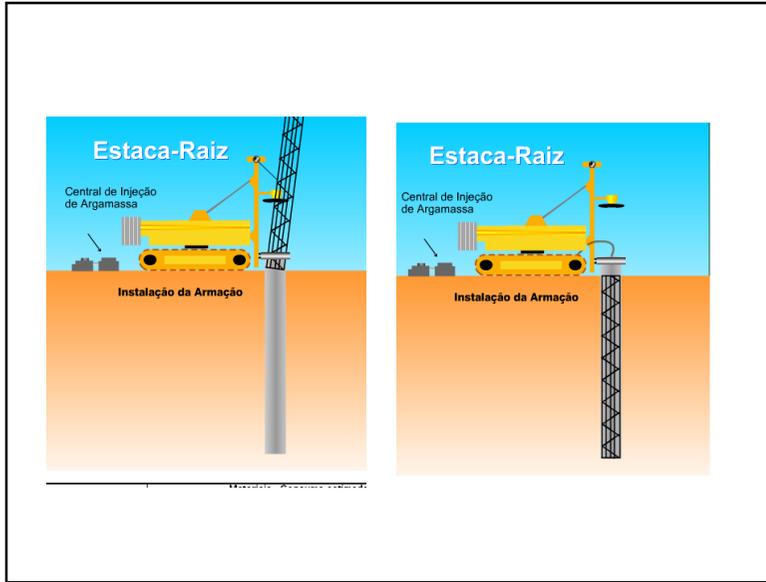
Injeção da argamassa

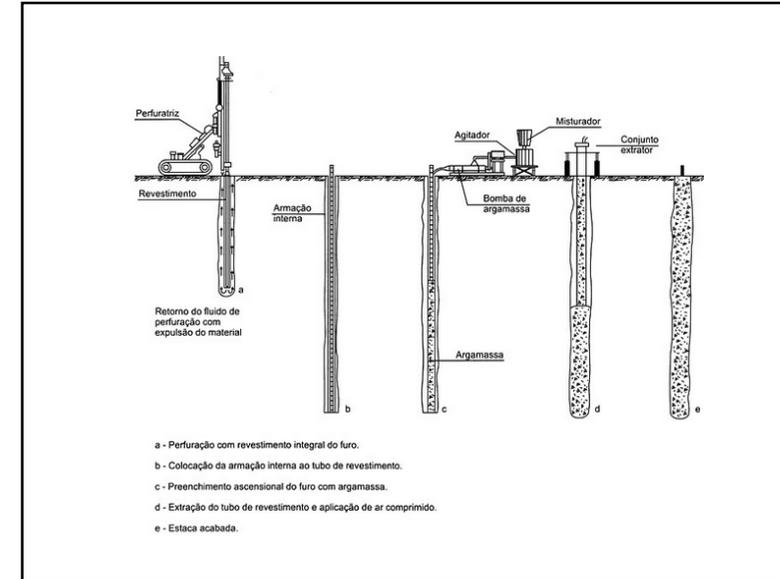
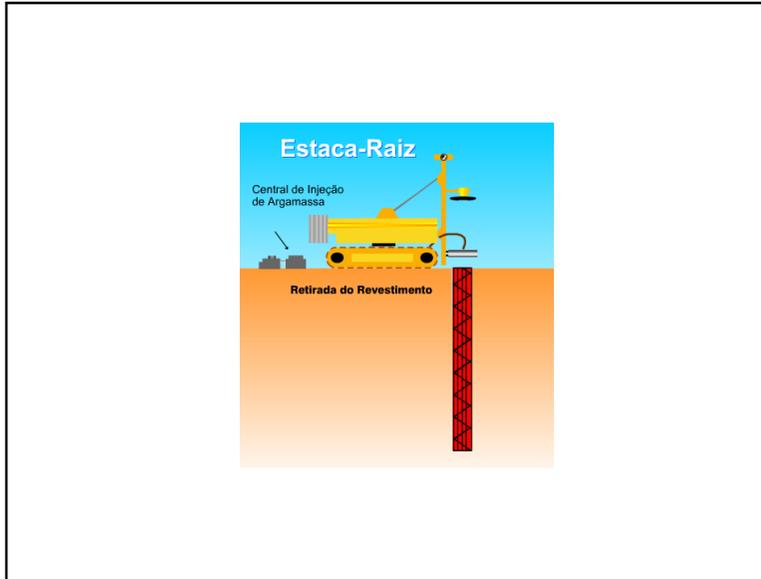
A injeção de argamassa é efetuada sob pressão, rigorosamente controlada. Inicialmente, coloca-se o tubo de injeção até o fundo da perfuração lançando a argamassa de baixo para cima, garantindo-se a troca do fluido de perfuração pela argamassa.

Estando toda a perfuração preenchida com argamassa, coloca-se um tampão no topo do revestimento procedendo-se a retirada do mesmo com o emprego de um extrator hidráulico e, concomitantemente executa-se a injeção de ar comprimido que é controlado para evitar deformações excessivas do terreno, garantindo a integridade do fuste e também a perfeita aderência da estaca com terreno.









4.1.2.4.6 Estacas Barretes

Na ocorrência de cargas elevadas em obras de vulto, o tipo de estaqueamento que também pode ser utilizado é o de estacas tipo barrete, que são estacas de secção retangular derivadas de um ou mais painéis de parede diafragma e utilizadas como elementos portantes de fundações em substituição às estacas de grande diâmetro

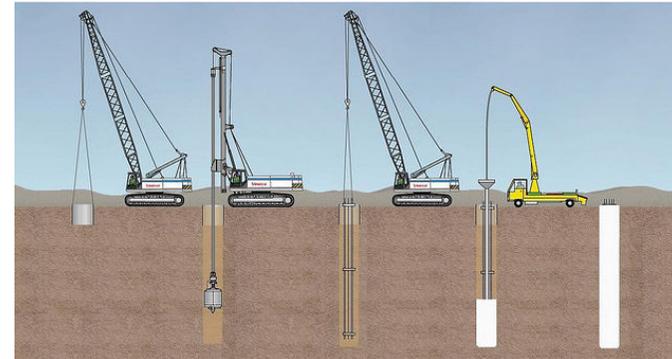
São estacas escavadas com uso de lama bentonítica, quando necessário, executadas com equipamentos de grande porte, como o clam-shell. Pode ser escavada abaixo do nível d'água, até a profundidade de projeto.

As barretes necessitam da execução preliminar de uma mureta-guia de concreto armado, com 10 cm de espessura e 100 cm de profundidade, de dimensões internas pouco maiores que o "clam shell".

Na execução, a escavação é preenchida pela lama simultaneamente à retirada do solo escavado.

Suas vantagens são:

- conhecimento imediato e real de todas as camadas atravessadas;
- ausência de vibração;
- gradual adaptação da estaca às condições físicas do terreno, com sensível incremento do atributo lateral;
- possibilidade de atingir grandes profundidades (até 70 metros);
- possibilidade de executar a estaca em praticamente todos os tipos de terreno, com nível de água ou não, e atravessar matações com a aplicação de ferramentas especiais (hidrofresa);



Processo de escavação de uma estaca barrete



As lamelas da parede diafragma podem ser usadas individualmente para resistirem a elevadas cargas verticais. Neste caso são geralmente denominadas de estacas barrete.



Barrete - Estação Republica - Metrô SP
Metrô SP



4.1.2.4.7 Estacas Mega

São estacas cravadas a reação, também denominadas estacas prensadas ou ainda estacas Mega, são constituídas por segmentos de concreto simples ou armado (vazados) ou tubos metálicos.

A principal característica deste tipo de estaca é a sua cravação estática através de macaco hidráulico, reagindo contra cargueira ou estrutura existente, se esta resistir aos esforços que serão aplicados.

A seta indica o movimento de cravação, ou seja, enquanto o macaco hidráulico abre, a estaca é cravada e usa a estrutura como reação.



Estacas de concreto



perfis de 30 tf



perfis de 20 tf

Cravação

Deve ser realizada através de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual.

A escolha do macaco hidráulico deve ser feita de acordo com o tipo e dimensão da estaca, características do solo, carga especificada no projeto e peculiaridades do local.

Em solos porosos a cravação pode ser auxiliada através da saturação do solo e em areia compactas com jatos de água pelo interior do segmento.

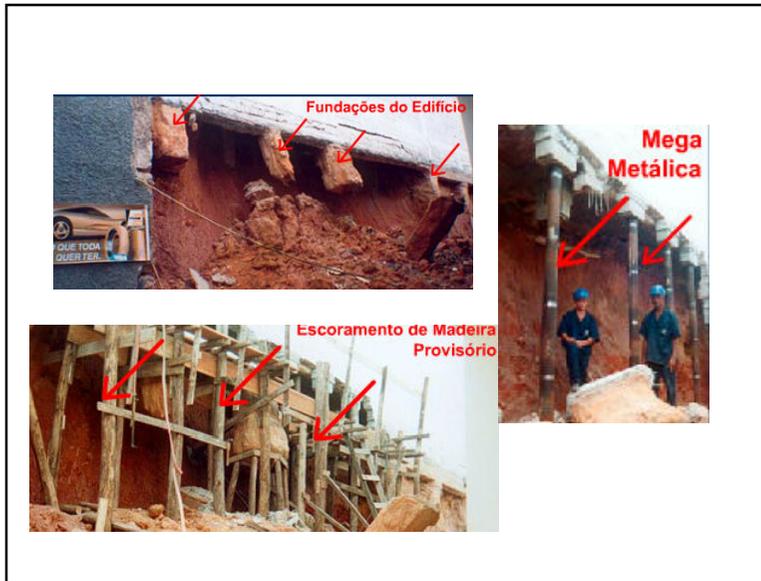
Quando os segmentos forem de concreto a emenda será feita por simples superposição ou através de solidarização especificada em projeto. A emendas de segmentos metálicos será feita por solda ou rosca.

Finalizada a cravação é colocado o cabeçote sobre a estaca para permitir o encunhamento que deve ser feito por cunhas e calços.

Características da estaca Mega

- Possibilidade de substituição das fundações existentes simultâneas ao uso da edificação.
- Acréscimo da capacidade suporte das fundações existentes.
- Modificação parcial de fundações existentes em virtude de uma eventual deficiência localizada (recalques diferenciais).
- Execução em locais pequenos e de difícil acesso a pessoas e equipamentos.
- Isenção de vibrações durante a cravação, reduzindo os riscos de uma eventual instabilidade que por ventura venha a ocorrer, devido à precariedade de fundações existentes.
- Aumento imediato da segurança da obra após a cravação sucessiva de cada estaca Mega.
- Limpeza da obra durante a execução, sem adição de água ou formação de lama.



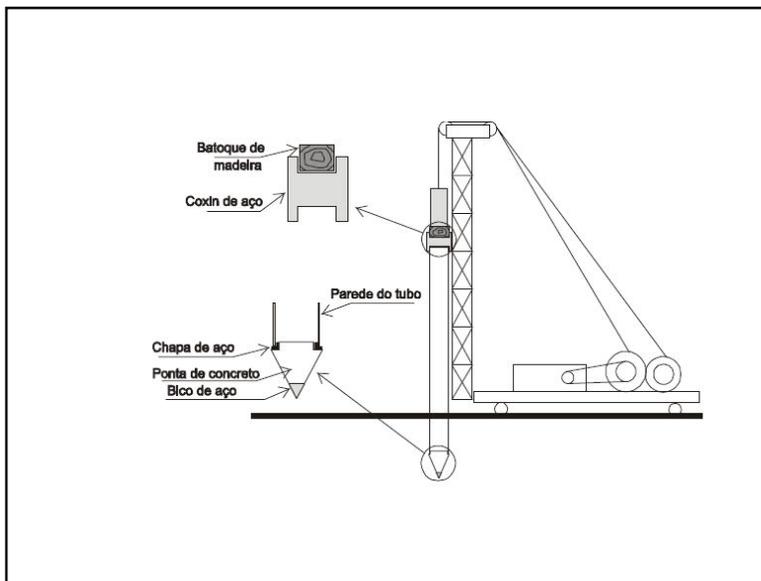


4.1.2.4.8 Estacas Simplex

A estaca simplex é cravada no terreno mediante a ação de um peso (martelo), com o qual são disferidos golpes sobre um tubo de aço (camisa), o qual tem adaptado em sua extremidade inferior uma ponteira de concreto armado, e na extremidade superior é posto uma proteção composta de um coxim de aço e um batoque de madeira.

A estaca simplex normalmente suporta cargas até 50 t e são confeccionadas no diâmetro de 40 cm. Para sua execução são requisitados, equipamento (bate estacas) pesado e mão de obra especializada.

Obs: As estacas simplex não são armadas, podem ser confeccionadas até o comprimento máximo de 20 m e são concretadas de forma semelhante às estacas Strauss, tendo também a camisa recuperada na medida do avanço da concretagem.



4.1.2.4.9 Estacas Duplex

A estaca duplex é confeccionada fazendo-se cravar uma estaca simplex por dentro de uma outra estaca simplex anteriormente cravada. A segunda estaca cravada tem sua cravação iniciada tão logo termine a concretagem da primeira, isto faz com que o concreto da primeira, comprima lateralmente o solo e aumente o diâmetro do conjunto de 40 cm para aproximadamente 54 cm.

Em face deste aumento no diâmetro e ao fato que a estaca duplex ser armada, sua capacidade de carga passa para 100 t.

4.1.2.4.10 Estacas Raymond

A estaca Raymond é uma estaca de concreto possuidora de camisa metálica perdida.

As estacas de tubo perdido não normalmente são executadas no Brasil devido ao seu alto custo.

4.2 Tubulões

Um tubulão é assim chamado por ser uma fundação de seção circular de grande diâmetro, ficando então com o aspecto de um grande tubo, posto normalmente na posição vertical ou com pequena inclinação. Os tubulões podem ser, escavados manualmente (a céu aberto, a ar comprimido) ou escavados mecanicamente.

4.2.1 Tubulões escavados manualmente a céu aberto

Tubulões a céu aberto consistem em um poço, acima do nível d'água, aberto manualmente de modo que não haja desmoronamento durante a escavação.

Quando há tendência de desmoronamento, reveste-se o furo com alvenaria de tijolo, tubo de concreto ou tubo de aço. O fuste é escavado até a cota desejada. Atingida a cota de fundação, é feito um alargamento da base, tipo uma sapata, coloca-se então a armadura e executa-se a concretagem. A concretagem deste tipo de fundação será feita em camadas, sendo que a cada camada de 50 cm haverá a necessidade de vibração.

É uma alternativa econômica para altas cargas solicitadas, superior a 250 Tf.



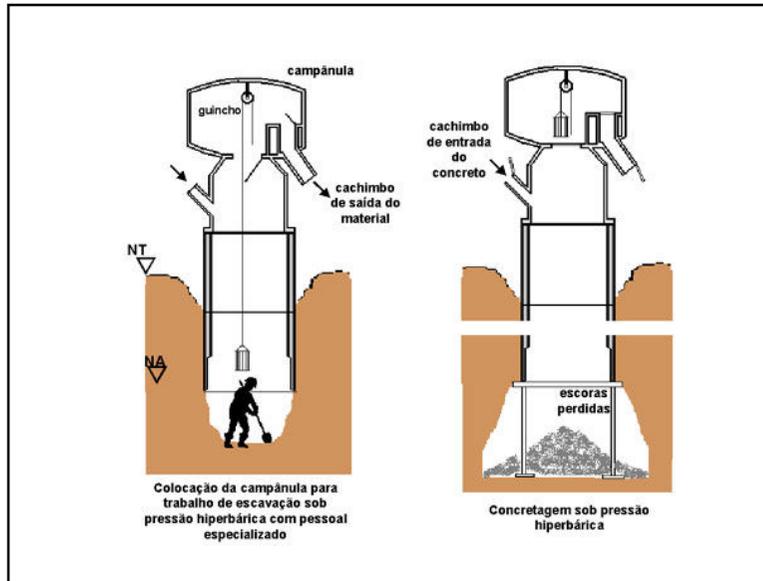
4.2.2 Tubulões escavados manualmente a ar comprimido

Tubulões com ar comprimido são utilizados quando existe água, exige-se grandes profundidades e existe o perigo de desmoronamento das paredes da estaca. Nesse caso, a injeção de ar comprimido no tubulões impede a entrada de água, pois a pressão interna é maior que a pressão da água, sendo a pressão empregada, no máximo, de 3 atm, limitando a profundidade em 30 m abaixo do nível d'água.

Custos elevados e riscos de acidentes no trabalho são fatores que limitam o processo de utilização dos tubulões a ar comprimido.

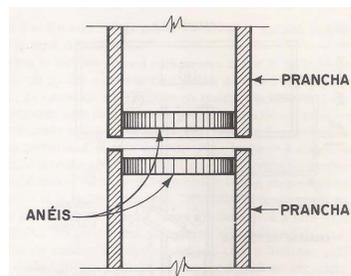
4.2.3 Tubulões escavados mecanicamente

Para a escavação mecânica de um tubulão é necessário, uma perfuratriz equipada com ferramenta de corte de grande diâmetro, como este equipamento tem a função restrita de executar fundações e por ser de grande custo só é empregado em obras de grande porte e quando o projeto de fundações apresentar um grande número de tubulões.



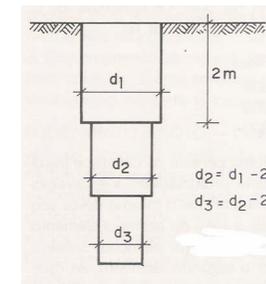
4.2.4 Tubulões tipo Chicago

O poço é aberto por etapas, no tubulão tipo Chicago. Numa certa profundidade, colocam-se pranchas de escoramento mantidas na posição por travamentos de anéis metálicos. Escorado o novo trecho, escava-se o novo terreno escorando-se como anteriormente, repetindo-se esta seqüência até atingir o terreno onde será feita a base.



4.2.3 Tubulões tipo Gow

O escoramento é feito por meio de tubos de chapas de aço da seguinte forma: crava-se um tubo de 2 m, escavando-se no seu interior; terminada essa primeira escavação, outro tubo de diâmetro menor é cravado por dentro do primeiro; executa-se nova escavação para, em seguida, receber novo tubo, e assim sucessivamente. Os tubos são recuperados à medida que a concretagem progride.



Bloco de Coroamento

Na extremidade superior de cada estaca ou grupo, é feito um bloco de coroamento da(s) estaca(s). É uma peça de medidas de largura e comprimento maior que a da estaca e tem finalidade de receber as cargas de um pilar e transferi-las para a fundação.

INFRA-ESTRUTURAS**Estabilização de escavações****Lama bentonítica**

Fluído utilizado para estabilização de paredes das escavações, sendo uma mistura de água e bentonita. A bentonita é uma argila que, em presença de água, forma uma película impermeável (.cake.) sobre uma superfície porosa, como é o caso do solo. Não mistura com o concreto e, além disso, tem a capacidade de tornar-se líquida quando agitada e gelificada quando cessado o movimento, permitindo o reaproveitamento do material.

Fluidos poliméricos

A crescente restrição ao uso de lamas bentoníticas por órgãos ambientais gerou uma demanda por uma nova tecnologia de estabilização de escavações. A utilização dos polímeros em substituição à bentonita esta intimamente associada ao fato de o polímero ser um produto biodegradável, o que facilita a disposição dos materiais provenientes das perfurações.

Nega de uma estaca cravada à percussão

Toda a estaca cravada por percussão, terá sua cravação dada como finda quando o parâmetro chamado "nega" for atingido.

Quando o elemento atinge a profundidade para a qual foi projetado, verifica-se a nega da estaca. Trata-se da medição do deslocamento da peça durante três séries de dez golpes de martelo. Com base nesses dados, o técnico responsável poderá avaliar rapidamente se a estaca está atendendo à capacidade de carga de trabalho necessária para o atendimento do projeto.

A nega nos informa, através de fórmulas dinâmicas, a capacidade de carga da estaca, função da penetração que ela terá quando lhe for aplicado um determinado número de golpes do martelo. As fórmulas dos **Holandeses** e a de **Brix**, são duas das fórmulas usadas para este cálculo.

Bibliografia

Técnicas de Construção – Wilson Ribeiro
O Edifício Até Sua Cobertura – Hélio Alves de Azeredo
PCC-2435: Tecnologia da Construção de Edifícios I. Escola Politécnica da USP. Dept. de Engenharia de Construção Civil
Tecnologia da Construção I – UNAMA
Fundações – Manual de Estruturas - ABCP
ABNT - NBR 6122-2010 - Projeto e Execução de Fundações
ABNT - NBR 12131 - Estacas - Prova de Carga Estática - Método de Ensaio
ABNT - NBR 13208 - Estacas - Ensaio de Carregamento Dinâmico

<http://www.solossantini.com.br/interna.asp?id=23>
<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Fundacoes3/estacaset.htm>
<http://www.geocities.ws/acompanhamentoobra/informacoes.htm>
<http://www.brasfond.com.br/fundacoes/eraiz.html>
http://www.rocafundacoes.com.br/estaca_raiz.asp#
http://www.benapar.com.br/novo/index.php?pagina=estacas_franki
<http://www.costafortuna.com.br/polimeros.html>