

Índice

- 1 Definição
- 2 Norma
- 3 Objetivo
- 4 Documentos de obra
- 5 Conceitos
- 6 Equipamentos, acessórios e ferramentas
- 7 Equipe de trabalho
- 8 Procedimentos executivos
- 9 Tabelas de dimensionamento estrutural
- 10 Modelo de boletim de execução de estaca-raiz, microestaca e estaca alluvial anker

1 Definição

Estacas-Raiz, microestacas e estacas alluvial anker são fundações moldadas no local, nas quais se utiliza a injeção sob pressão para se fazer a moldagem do fuste.

1.2 Microestaca

Depois de se fazer a perfuração, a instalação do tubo no furo e a injeção da bainha, é iniciada a injeção ponto-a-ponto e em estágios múltiplos, com obturador duplo através das válvulas-manchete. A microestaca é armada com tubo de aço ao longo de todo o seu comprimento.

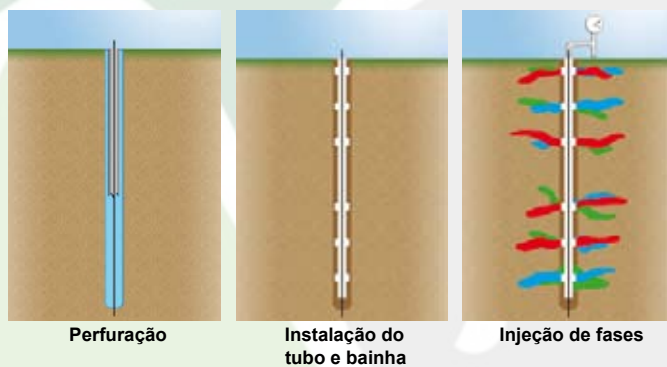


Figura 1 - Sequência da Microestaca

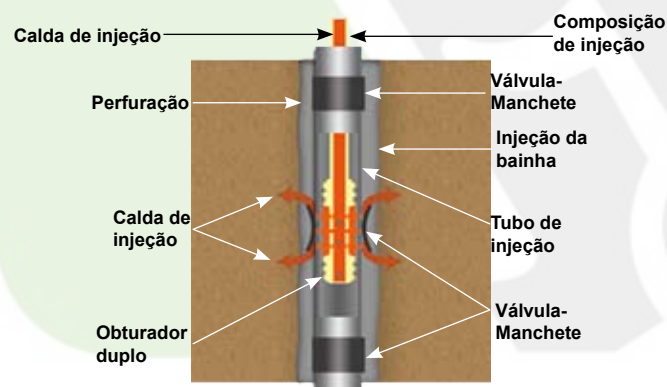


Figura 2 - Detalhe do obturador de injeção

1.1 Estaca-Raiz

Imediatamente depois de feita a perfuração e a instalação da ferragem, é feita a injeção ascendente, enquanto o tubo de revestimento é retirado e é aplicada baixa pressão no topo. Este procedimento pode ser substituído pela injeção do tubo com válvulas, descrito a seguir.

A estaca-raiz é armada com barras de aço e estribos ao longo de seu comprimento. Junto à ferragem se instala um tubo com válvulas, para injeção complementar. Depois de pelo menos 12 horas, se executa a injeção complementar.

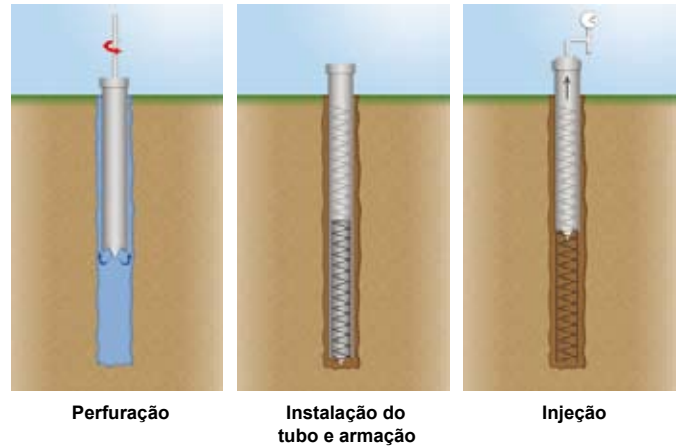


Figura 3 - Sequência da Estaca-Raiz

1.3 Estaca Alluvial Anker

Depois da perfuração, feita com o próprio tubo, que dispõe de ponta perfurante, é feita uma injeção única da bainha, através da própria haste de perfuração. Esta injeção também pode ser feita durante a perfuração, utilizando-se o fluido cimentante como elemento de refrigeração da ferramenta de corte e retirada do material cortado (lama de perfuração).

A alluvial anker é armada com tubo de aço ao longo do seu comprimento, e um capitel de concreto armado ou de placa de aço é assentado sobre a cabeça da estaca, melhorando a transferência das cargas para a estaca. Após este procedimento é lançada uma camada de brita e geogrelha entre as estacas.

Estas estacas são ideais para fundações em solos argilosos moles.

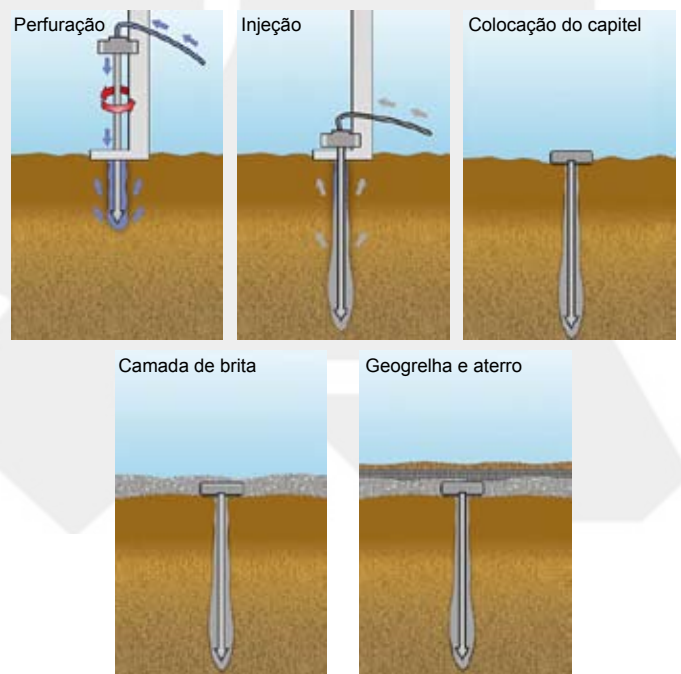


Figura 4 - Sequência da Alluvial Anker

2 Norma

Para microestaca e estaca-raiz existe norma específica da ABNT, "NBR 6122 (abril/1996) – Projeto e Execução de Fundações". Não há norma específica para a alluvial anker.

3 Objetivo

Este documento

- Estabelece diretrizes e condicionantes para execução, verificação e avaliação de estacas escavadas de pequeno diâmetro moldadas no local: estaca-raiz, microestaca e estaca alluvial anker.
- Descreve e fixa os equipamentos, ferramentas e acessórios mínimos necessários para a execução dos serviços.
- Especifica equipe mínima, definindo tarefas e responsabilidades de cada um.
- Especifica os materiais a serem utilizados.

4 Documentos de obra

Documentos que devem estar disponíveis na obra:

- Relatório de sondagens do local.
- Planta de locação com cotas de arrasamento, detalhes da armação e carga prevista para a estaca.
- Tabela de estacas com numeração, bloco, diâmetro, comprimento previsto, cota de apoio da ponta e cota de arrasamento.
- Relação dos encargos sob responsabilidade do cliente (exemplo: locação, licença, seguro etc).
- Relação dos materiais a serem fornecidos pelo cliente (exemplo: cimento, areia, armação montada etc).
- Boletim executivo de cada tipo de estaca, conforme mostram as Figuras 15, 16 e 17.

No decorrer da obra, devem ser fornecidos os boletins de controle das estacas ao cliente ou ao consultor de fundações.

5 Conceitos

Neste documento são aplicadas as seguintes definições.

5.1 Estaca em solo

Executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva, com tecnologia que mantenha um fuste íntegro, visando atender necessidades estruturais e geotécnicas de uso.

5.2 Estaca em solo e rocha

Executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva, com tecnologia que mantenha um fuste íntegro, visando atender necessidades estruturais e geotécnicas de uso. Em rochas, seja na passagem de matacões ou no embutimento no topo rochoso, a perfuração deve ser feita por dentro do tubo de revestimento, com a consequente redução do diâmetro neste trecho. A Figura 6 (na próxima página) mostra um fluxograma com as possibilidades de perfuração para execução de estaca-raiz, microestaca e estaca alluvial anker.

5.3 Diâmetros nominais

Servem como designação para o projeto da fundação, correspondem aos diâmetros externos, em milímetros,

dos tubos de revestimento utilizados na perfuração, para estaca-raiz. A Figura 5 (no final da página) indica a correspondência entre os diâmetros nominais e os externos dos tubos de revestimento. No caso da microestaca o diâmetro usual de perfuração varia de 75 a 150 mm. Nas estacas alluvial anker o diâmetro é de 63,5 mm.

5.4 Composição de injeção

Conjunto de tubos de PVC, ou galvanizados, unidos por conexões, utilizados para lavagem interna da composição dos tubos de revestimento e para preenchê-los com argamassa. Para microestaca, usam-se hastes com obturadores duplos para injeção da calda de cimento. Na alluvial anker, a injeção é feita através da própria haste de perfuração.

5.5 Broca de três asas ou tricône

Ferramenta de corte acoplada à composição de hastes de perfuração, normalmente formada por três ou mais faces, com passagem central para água. Pode ter pastilhas de aço ou pedaços de vídea soldadas. Sua função é destruir trechos do solo, realizando um pré-furo para posterior instalação do tubo de revestimento, e também para limpar internamente este tubo.

5.5.1 Ponteira perfurante

Na alluvial anker há uma ponteira de 13 cm, com passagem para água, na extremidade inferior do tubo (que funciona também como haste de perfuração).

5.6 Martelo de fundo tipo DTH

Down the hole ou Odex: equipamento de perfuração acionado por ar-comprimado. É introduzido no interior do tubo de revestimento, acoplado às hastes de perfuração, até fazer contato com a rocha (sã ou matacão), executando a perfuração por movimentos rotopercussivos. O martelo de fundo tem um bit de perfuração em sua extremidade inferior.

5.7 Martelo de superfície

Equipamento de perfuração acionado por ar-comprimado. É acoplado à perfuratriz, imprimindo movimento rotopercussivo às hastes de perfuração (internamente ao tubo de revestimento). Um bit de perfuração é acoplado à extremidade inferior da composição de perfuração.

5.8 Bit de perfuração

Utensílio de corte com tipos específicos e diferenciados, para ser utilizado em martelos de fundo ou em martelos de superfície. Pode ter botões ou pastilhas de vídea, que destroem a rocha pela aplicação simultânea de movimentos percussivos e rotatórios.

5.9 Boletim executivo

Documento no qual são registrados dados de execução de cada modelo de estaca (Figuras 15, 16 e 17).

Diâmetro nominal da estaca-raiz	mm	100	150	160	200	250	310	400
Diâmetro mínimo externo do tubo de revestimento	mm	89	127	141	168	220	273	355

Figura 5 - Correspondência entre o diâmetro nominal da estaca-raiz e seu tubo de perfuração

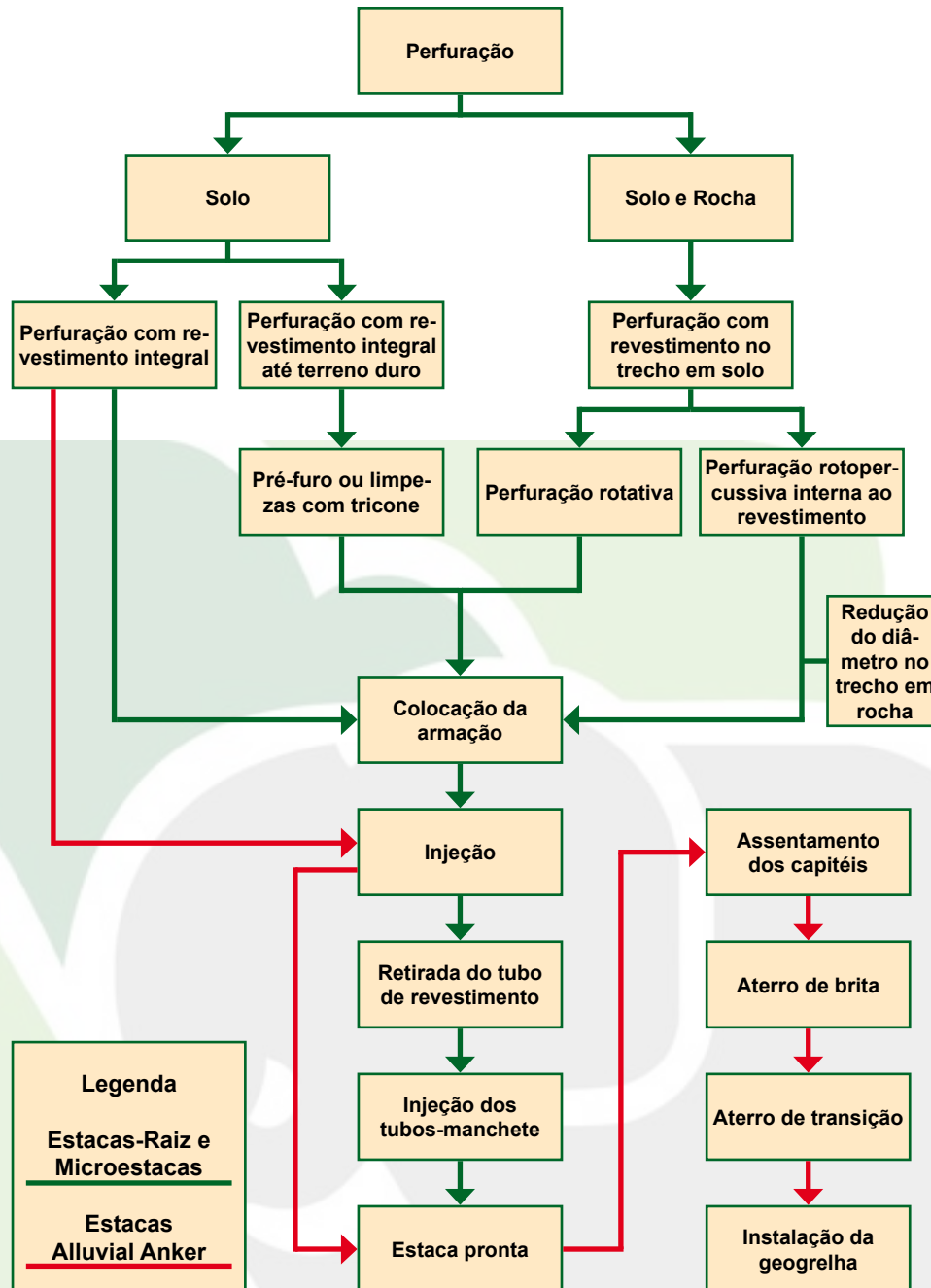


Figura 6 - Fluxograma executivo para Estacas-Raiz, Microestacas e Estacas Alluvial Anker

6 Equipamentos, acessórios e ferramentas

6.1 Generalidades

Para se definir equipamentos e acessórios necessários à execução das estacas, há duas situações dadas em função do tipo de solo:

- Estacas em solos
- Estacas em solos e rochas

6.2 Equipamentos e acessórios para estacas em solos

• Equipamentos

a) Perfuratriz rotativa, hidráulica, mecânica ou a ar-comprimido, montada sobre estrutura metálica, dotada ou não de esteiras para deslocamento, acionada por motor diesel, elétrico ou ainda por compressor pneumático. Deve estar capacitada para revestir integralmente todo o trecho em solo, utilizando-se do tubo de revestimento. Outro equipamento que execute estas funções pode ser utilizado.

b) Conjunto misturador de argamassa ou de calda de cimento acionado por motor.

c) Bomba de injeção de argamassa ou de calda de cimento acionada por motor.

d) Compressor de ar com capacidade mínima de vazão de 5 pcm e pressão máxima de 0,5 MPa. Caso sejam usadas bombas de injeção que trabalhem com pressões de injeção mínima de 0,3 MPa, não há necessidade do compressor de ar.

e) Bomba d'água acionada por motor capaz de promover a limpeza dos detritos da perfuração do interior do tubo de revestimento.

f) Conjunto extrator dotado de macaco e central de acionamento hidráulico com capacidade para extrair integralmente o tubo de revestimento do furo (opcional).

g) Reservatórios para armazenagem de água, com capacidade para perfuração contínua de, pelo menos, uma estaca.

h) Conjunto de gerador, para eventual ausência de ener-

gia elétrica no local onde são executados os serviços.

- Acessórios

a) Tubo de revestimento: conjunto de tubos de aço constituído por tubos segmentados, com roscas. Devem ser resistentes aos esforços provenientes da sua introdução no terreno pela perfuratriz. Seus comprimentos podem variar. Para a alluvial anker são utilizados tubos tipo SCH 40, e seu comprimento deve ser 50 cm maior que a profundidade do furo designada no projeto.

b) Sapata de perfuração: acessório dotado de pastilhas de vídea colocadas espaçadamente na sua extremidade. Seu diâmetro é ligeiramente maior que o do tubo de revestimento. O espaço entre as pastilhas é utilizado como passagem para água, cuja função é a de resfriar a ferramenta de corte e promover a limpeza do furo. A sapata de revestimento situa-se na extremidade inferior do mesmo.

c) Cabeça de revestimento: dotada de entrada de água e ou de ar na sua parte superior. Tem o mesmo diâmetro do tubo de revestimento utilizado para confeccionar a estaca. A cabeça de revestimento está situada na parte superior do mesmo.

d) Mangote de água: acessório provido de conexão, que liga o tanque de água à bomba d'água.

e) Mangote de injeção: acessório provido de conexão, que liga o misturador à bomba de injeção.

f) Mangueira de água: acessório provido de conexão com comprimento suficiente para ligar a bomba d'água à cabeça d'água, na perfuratriz.

g) Mangueira de injeção: acessório provido de conexão com comprimento suficiente para interligar a bomba de injeção à estaca em execução. Para estaca-raiz, a mangueira é conectada ao tubo de injeção de forma ascendente, depois de finalizada a perfuração e instalada a ferragem.

h) Obturador duplo, hastes metálicas, manômetro e estabilizador de pressão para microestaca.

i) Mangueira de ar-comprimido.

j) Composição de lavagem: conjunto formado por tubos ou de PVC ou galvanizados, para limpeza e injeção da estaca.

k) Composição de perfuração: no caso de haver necessidade de pré-perfuração do solo para facilitar a introdução do tubo de revestimento (execução de estacas em solos muito duros ou excessivamente plásticos), é preciso também se prever:

- Broca de três asas, tipo tricône, com diâmetro ligeiramente inferior ao do tubo de revestimento utilizado para confeccionar a estaca (diferença máxima de 1/2").

- Haste para tricône: peça provida de conexões, no comprimento integral da estaca e no diâmetro compatível com a broca tricône utilizada.

l) Ponteira: peça de aço com passagem para água, com 13 cm de extensão, soldada na extremidade inferior do tubo da estaca alluvial anker.

6.3 Equipamentos e acessórios para estacas em solos e rochas

6.3.1 Equipamentos

Devem ser acrescentados àqueles para solos:

a) martelo de superfície ou martelos de fundo tipo DTH.

b) compressor de ar compatível com a necessidade de operação dos martelos.

6.3.2 Acessórios

São os mesmos usados para solo, incluindo-se, no caso de perfuração por processo rotativo:

a) Sapata ou coroas diamantadas.

b) Barrilete amostrador.

c) Hastes para excutar perfuração com barriletes.

No caso de perfuração por processo rotopercussivo, deve-se prever:

a) Bits para perfuração rotopercussiva com martelo de superfície ou martelo de fundo DTH, no diâmetro especificado para a estaca a ser executada.

b) Lubrificador de linha para martelo de fundo.

c) Hastes para perfuração com martelo de superfície ou de fundo.

6.4 Ferramentas

As utilizadas tanto para solos quanto para solos e rochas são as seguintes:

Chaves de grifo, chaves de corrente tipo jacaré, marreta, ponteiro, metro, nível de bolha e fio de prumo.

7 Equipe de trabalho

7.1 Encarregado geral de serviços

a) Verifica: condições para entrada e movimentação de equipamentos no canteiro da obra; descarregamento de equipamentos, utensílios e ferramentas; instalação da central de injeção e implantação geral da obra.

b) Verifica programação de execução (sequência executiva) de acordo com características da obra e necessidades do cliente.

c) Coordena o DDS (diálogo diário de segurança) antes do início das atividades de cada dia e instrui em relação à segurança durante a execução dos serviços.

d) Orienta em relação à verificação do número da estaca, sua verticalidade e instalação do equipamento.

e) Orienta em relação aos procedimentos e acompanhamento da perfuração e injeção.

f) Verifica condições de drenagem superficial e retirada do material escavado da obra, de maneira que permita livre trânsito aos equipamentos e pessoal.

g) Obtém, do responsável pela obra, liberação formal da(s) estaca(s) a ser(em) executada(s), no tocante à sua locação e cotas, à medida que os trabalhos são desenvolvidos.

h) Mantém contato em campo com representante do cliente, em relação às solicitações e providências para continuidade normal da obra.

i) Aprova boletim elaborado pelo operador de perfuratriz e pelo injetador.

7.2 Operador de perfuratriz

a) Movimenta o equipamento de acordo com a sequência executiva.

b) Instala o equipamento no furo, observando locação e inclinação.

c) Verifica quantidade e tamanho dos tubos de revestimento colocados, para acompanhar a profundidade perfurada.

- d) Detecta mudanças de camadas do solo à medida que a perfuração avança.
- e) Detecta eventuais perdas d'água durante a fase de perfuração.
- f) Elabora registro dos dados de perfuração para inclusão no boletim.
- g) Orienta os auxiliares de perfuração quanto à utilização do ferramental necessário.

7.3 Injetador

- a) Prepara argamassa ou calda de acordo com o traço, a fim de atender a resistência especificada.
- b) Orienta e verifica a armação em relação à colocação e também ao atendimento às especificações de projeto. No caso de armação em tubos de aço pode haver necessidade de soldagem, se as emendas não tiverem roscas.
- c) Bombeia argamassa ou calda para construção do fuste, e calda de cimento para injeção de verificação e adensamento do solo.
- d) Orienta os auxiliares em relação à instalação do conjunto extrator e acompanha a retirada dos tubos.
- e) Orienta a colocação da cabeça de revestimento para aplicação de pressão de ar ou calda, para estaca-raiz; o deslocamento do obturador duplo, na microestaca; e o deslocamento da haste de perfuração, para alluvial anker.
- f) Orienta o posicionamento do obturador em cada válvula, para o caso de microestaca.
- g) Elabora o boletim de injeção.

7.4 Auxiliar geral

Auxilia os especialistas nas atividades principais.

* Devido à não simultaneidade das tarefas, um mesmo funcionário pode exercer várias funções, desde que esteja qualificado.

8 Procedimentos executivos e verificações

8.1 Fluxo de operações

O fluxograma (Figura 6) descreve, a partir do início da escavação, os estágios a serem seguidos conforme as situações de solo ou de solo e rocha, bem como as alternativas dos vários procedimentos para execução dos serviços, desde os iniciais até a estaca pronta.

8.2 Perfuração

8.2.1 Em solo

- a) Realize a perfuração do solo usando perfuratriz rotativa ou rotoperçussiva, com a descida do tubo de revestimento. Caso haja dificuldade para o avanço do tubo de revestimento, devido à ocorrência de solos muito duros ou de solos plásticos, devem ser empregadas brocas de três asas, do tipo tricône, para a execução de pré-furo ou ainda para limpeza do interior do furo.
- b) Desça o tubo com auxílio de circulação de água, de lama ou de ar comprimido injetado no seu interior, até a profundidade prevista em projeto. Nos casos de solos e rochas estáveis, pode-se abdicar da cravação do tubo de revestimento.
- c) Meça a profundidade da perfuração, utilizando a

composição de tubos de injeção. Introduza-a no interior do tubo de revestimento até atingir a cota de fundo da perfuração.

d) Confronte esta medida com aquela resultante da soma dos comprimentos dos segmentos dos tubos de revestimento empregados. Esta medida deve ser, no mínimo, igual à que foi projetada. Quando houver diferença entre as somas dos segmentos de revestimento introduzidos no solo e a profundidade medida, deve constar, no boletim executivo da estaca correspondente, a justificativa do processo decisório adotado para estes casos.

e) No caso da alluvial anker, como a perfuração é feita com o próprio tubo, observe que parte do tubo (50 cm) deve ficar acima do solo, onde serão assentados os capitéis.

8.2.2 Em solo e rocha

Devem ser repetidos os procedimentos anteriores, da perfuração em solo, até se atingir o matacão ou o topo rochoso.

a) Use sapata ou coroa diamantada acoplada ao barrilete amostrador, internamente à composição de tubos de revestimento, para retirar o testemunho da rocha (procedimento igual ao da sondagem rotativa).

b) Alternativamente, podem ser usados martelos pneumáticos ou hidráulicos. Estes martelos perfuram por sistema rotoperçussivo e trabalham no interior do tubo de revestimento.

8.3 Montagem e colocação da armação

a) Monte a armação da estaca em forma de gaiola, conforme a Figura 7, com os estribos helicoidais. Garanta a cobertura mínima de 20 mm. No caso de microestaca com armação de tubos metálicos, verifique suas roscas ou condição para a solda, obedecendo ao projeto; verifique a posição das válvulas-manchete e sua correta fixação ao tubo.

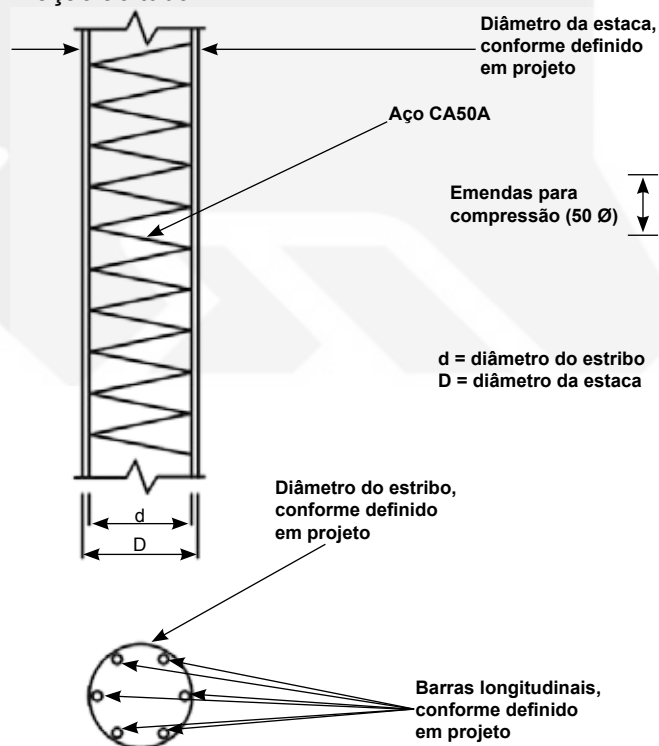


Figura 7- Detalhe da armação para estaca-raiz

- b) Quando necessário, emende as barras (em conformidade com a NBR 6118) ou os tubos de aço, garantindo sua axialidade por meio de gabaritos auxiliares.
- c) Execute a limpeza interna do tubo de revestimento, utilizando para isto a composição de lavagem, que deve ser introduzida até a cota inferior da estaca. A limpeza é considerada concluída quando a água de retorno não apresentar mais traços de material transportável.
- d) Desça a armação até a profundidade alcançada durante a perfuração, até ela estar apoiada no fundo do furo.
- e) O tubo de perfuração funciona como armação da alluvial anker.

8.4 Injeção

- a) Lance argamassa, ou calda de cimento, por meio da composição de injeção, usando bomba injetora e posicionando a extremidade inferior do tubo de injeção no fundo do furo. No caso de microestaca, a calda de injeção também será introduzida com auxílio de bomba injetora, por meio do obturador duplo na extremidade inferior da composição da injeção. Após a cura, injete a calda de cimento pelos tubos com válvulas-manchete, com pressões e volumes definidos em projeto. Na alluvial anker, a injeção é feita através da haste de perfuração.
- b) Faça a injeção de baixo para cima, no caso de estaca-raiz. Para microestaca, a injeção inicial deve preencher o espaço anelar entre o furo e o tubo. Isto pode ser obtido com o preenchimento do furo e a posterior introdução do tubo, ou pela injeção através da válvula inferior, após a instalação do tubo no furo. É a chamada injeção da bainha. Na alluvial anker a injeção da bainha é feita em uma só fase.
- c) Interrompa a injeção, no caso da estaca-raiz, apenas quando a argamassa emergente sair limpa, sem sinais de contaminação de lama ou detritos na boca do furo. No caso da microestaca, siga o procedimento de projeto, em que se prevê volumes, pressões e fases limites de injeção. É obrigatória a utilização do obturador duplo para injeção localizada em cada válvula-manchete. Na alluvial anker a injeção deve ser interrompida depois do preenchimento do tubo.

8.5 Retirada do revestimento

- a) Inicie a extração do revestimento, completando o volume da argamassa por gravidade sempre que houver abatimento da mesma no interior do tubo:
- Coloque a cabeça do revestimento a cada 4 m ou, no mínimo, três vezes por estaca (na ponta inferior, no meio, e a 2 m de profundidade desde a superfície), para permitir a aplicação de ar comprimido sob pressão moderada (de 0,3 MPa a 0,5 MPa);
 - No caso de se utilizar bomba de injeção de argamassa com pressão mínima de trabalho de 0,3 MPa, não há necessidade da aplicação do ar, pois a eventual complementação da argamassa na boca do revestimento será feita com a colocação da cabeça de revestimento e a injeção da argamassa sob pressão;
 - Como alternativa a este processo, no caso de estaca-raiz, pode-se instalar um ou mais tubos de injeção de fase única ao longo da ferragem, para posterior injeção da calda de cimento com pressão e volume controlados.

- b) Na retirada do revestimento, a armação não pode se deslocar verticalmente para cima.
- c) Independentemente da cota de arrasamento da estaca, o tubo deve ser preenchido com argamassa até que se atinja a superfície do terreno.
- d) No caso de microestaca, o revestimento deve ser retirado após a colocação do tubo de armação.
- e) O revestimento da alluvial anker permanece no furo.

8.6 Preparo da cabeça da estaca

Os procedimentos descritos a seguir devem ser entregues ao construtor/contratante quando do término dos serviços de estaqueamento.

- a) Como a injeção na estaca-raiz obriga seu preenchimento até a superfície do terreno, haverá excesso de argamassa, que deve ser demolido, no mínimo, um dia após a execução da estaca. Quando for preciso demolir a cabeça da estaca até a cota inferior à do arrasamento previsto, no caso da argamassa estar enfraquecida, deve ser feito um complemento de concreto estrutural, ou de argamassa, até a cota de arrasamento.
- b) Quebre a cabeça da estaca com o emprego de marretas e ponteiros. Porém, isto deve ser executado com

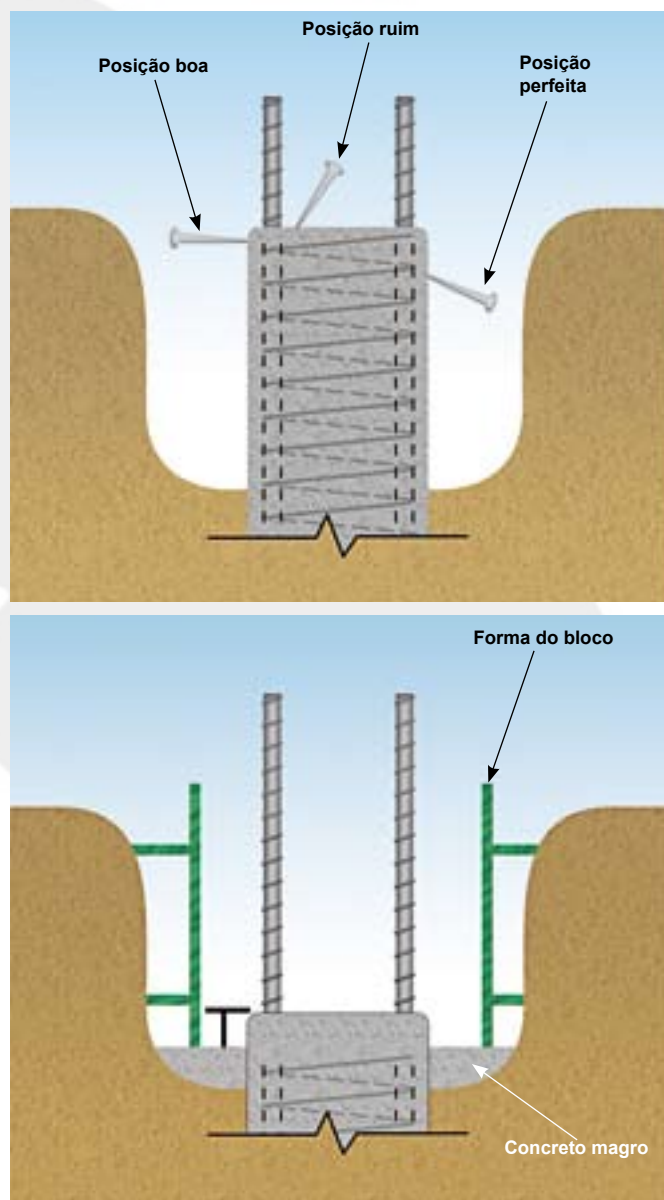


Figura 8 - Preparo da cabeça da estaca-raiz

pequena inclinação para cima, em relação à horizontal (Figura 8, página anterior).

c) Mantenha a seção resultante do desmonte do concreto plana e perpendicular ao eixo da estaca. Execute a operação de demolição de modo a não causar danos à estaca.

d) Embuta o topo da estaca após o arrasamento de, no mínimo, 5 cm dentro do bloco e acima do nível do lastro de concreto, tomando cuidado para que a armação, parte fundamental da resistência, fique ancorada adequadamente ao bloco de coroamento.

e) Para microestaca, siga o detalhe do projeto, que usualmente prevê a soldagem de chapa no topo do tubo ou a cobertura do feixe de barras de aço em seu interior (Figura 9).

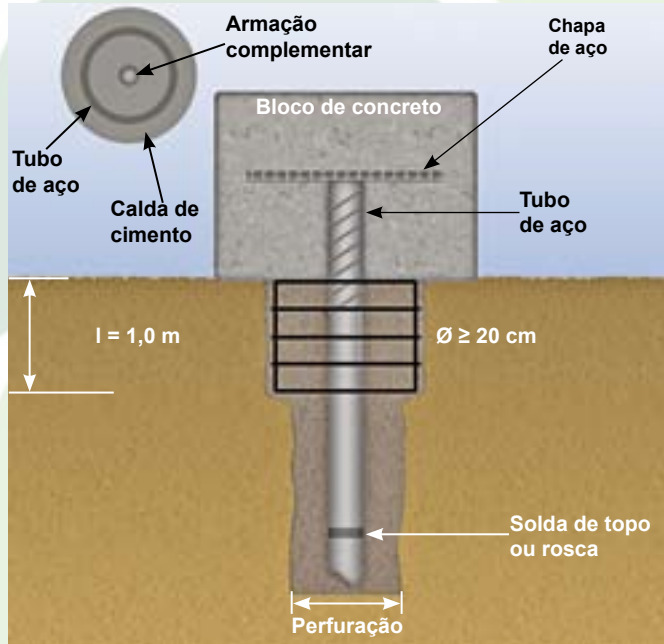


Figura 9 - Preparo da cabeça da microestaca

f) Sobre a cabeça da alluvial anker, assente criteriosamente o capitel (com as dimensões especificadas no projeto), evitando a geração de excentricidade (Figura 10).

9 Tabelas de dimensionamento estrutural

9.1 Estaca-Raiz

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA ESTACA-RAIZ (kN)								
Diâmetro da estaca (cm)	10	12	15	16	20	25	31	41
Armação de aço CA50A (mm)								
1 φ 16 ou 4 φ 8	100	100	150	150	250	400	600	
1 φ 25 ou 4 φ 12,5	150	150	200	250	300	450	650	
3 φ 16 ou 5 φ 12,5		200	250	250	350	500	700	1.100
4 φ 16		250	300	300	400	500	750	1.150
5 φ 16			350	350	450	550	750	1.200
6 φ 16 ou 4 φ 20				400	500	600	800	1.250
7 φ 16 ou 5 φ 20				450	550	650	850	1.300
6 φ 20 ou 5 φ 22					600	750	950	1.400
7 φ 20 ou 6 φ 22						800	1.050	1.500
Estribos Aço (mm)			5,0	5,0	6,3	6,3	6,3	6,3
Estribos Espaçamento (cm)			20	20	20	20	20	20
Estribos Diâmetro (cm)	6,7	6,7	8,3	8,3	9,9	14,0	19,0	25,0

Tabela extraída do artigo *Reavaliação do Dimensionamento Estrutural da Estaca-Raiz Face às Exigências do Ensaio MB-3462 da ABNT*, de Urbano Alonso, publicado na revista *Solos & Rochas*, vol.16-D páginas 41 a 44-D, abril de 1993.



Figura 10 - Execução de capitel para alluvial anker

g) Entre os capitéis é executado um aterro compactado com brita, que deve alcançar a altura dos mesmos. Depois, é lançado um aterro de transição e, sobre este, é colocada uma malha de geo-grelha bidirecional com resistência à tração de 75 kN/m e deformação máxima na resistência nominal de 12%, que também influi na distribuição da carga (Figura 11).



Figura 11 - Lançamento da camada de brita entre as estacas, já com os capitéis

Figura 12 - Dimensionamento estrutural da estaca-raiz

CONSUMO PROVÁVEL DE MATERIAIS NA INJEÇÃO DA ESTACA-RAIZ							
Diâmetro da estaca (cm)	10	12	15	20	25	31	41
Cimento (Kg/m)	12	18	25	45	60	95	160
Areia (l/m)	3	5	6	10	15	20	35

Figura 13 - Consumo provável de materiais

9.2 Microestaca

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA MICROESTACA TUBULAR							
Carga (kN)	Perfuração do solo (mm)	Tubo (ASTMA106)		Ferragem Complementar (CA50A)		Cimento estimado	
		Tipo	Peso (Kg/m)	Tipo	Peso (Kg/m)	Peso (Kg/m)	Volume A/C = 0,5 (l/m)
100	100	Ø 2 ½"	SCH40 8,63			25	20
200	100	Ø 2 ½"	SCH40 8,63	1Ø 20 mm	2,50	37	30
300	150	Ø 3"	SCH40 11,29	3Ø 16 mm	4,80	50	40
400	150	Ø 3"	SCH40 11,29	2Ø 25 mm	8,00	60	48
500	150	Ø 3"	SCH80 15,27	1Ø 25 mm	4,00	70	56

Tabela extraída do artigo *Contribuição aos Estudos das Microestacas Tubulares Injetadas*, de Guimarães Filho, J.D.; Gomes, N.S.; e Zirlis, A.C., publicado nos anais do VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, páginas 57 a 69.

Figura 14 - Dimensionamento estrutural da microestaca

10 Modelos de boletim de execução

10.1 Estaca-Raiz


BOLETIM DE ESTACA-RAIZ							
OBRA Nº	CLIENTE	LOCAL					
1. ESTACA							
CARGA..... DIÂMETRO..... NÚMERO..... BLOCO.....							
2. PERFURAÇÃO							
DATA ___/___/___ HORA DO INÍCIO ___:___ HORA DO TÉRMINO ___:___						PRODUNFIDADE DE	
Comprimento (m)						A	
Diâmetro do revestimento						DESCRIÇÃO DO SOLO	
Trecho revestido de a						COR	
Trecho não revestido de a							
LAVAGEM						Resumo Perfurado	
Água Limpa () Recirculação de Lama ()						SOLO	
Lama Bentonítica () Ar comprimido ()						ROCHA	
3. ARMAÇÃO		4. INJEÇÃO DE ARGAMASSA			5. PRESSÃO DE INJEÇÃO		
		DATA	TRAÇO	VOLUME INJETADO	 Kg/cm ²	
		H. INÍCIO	CIMENTO	Kg	Sacos		
		H. TÉRMINO	AREIA	l	Volume Kg/cm ²	
			ÁGUA	l	Total		
6. INJEÇÃO COMPLEMENTAR							
Traço A/C = 0,5 VOLUME INJETADO litros							
PRESSÃO DA INJEÇÃO Kg/cm ²							
7. VISTOS							
CLIENTE							
SOLOTRAT							
8. OBSERVAÇÕES GERAIS							

Figura 15 - Boletim de estaca-raiz

10.2 Microestaca


BOLETIM DE MICROESTACA														
OBRA Nº			CLIENTE				LOCAL							
<div style="float: right; text-align: right;">  </div>														
1. DADOS DA ARMAÇÃO														
Diâmetro Externo do Tubo			mm											
Diâmetro Interno do Tubo			mm											
Comprimento sem Válvulas			m											
Armação Complementar			m											
Comprimento com Válvulas			m											
Número de Válvulas			un											
Espaçamento entre Válvulas			m											
Emenda do Tubo														
Solda <input type="checkbox"/>			Rosca <input type="checkbox"/>											
2. DADOS DA PERFURAÇÃO														
MATERIAL			COMPRIMENTO			DIÂMETRO			INÍCIO					
SOLO									_ / _ / _					
ROCHA ALTERADA									FIM					
ROCHA SÃ									_ / _ / _					
PERDA D'ÁGUA									REVESTIMENTO					
() SIM			() NÃO						() SIM					
									() NÃO					
3. DADOS DA INJEÇÃO														
BAINHA		HI		HT		DATA		/ /		FATOR A/C			VOLUME	
VÁLVULA NÚMERO	1ª FASE			2ª FASE			3ª FASE			4ª FASE			PRESSÃO MÁXIMA DE INJEÇÃO (Kg/cm²)	VOLUME TOTAL
	/ /		/ /		/ /		/ /		/ /		/ /			
	HI	A/C		HI	A/C		HI	A/C		HI	A/C			
	HT			HT			HT			HT				
	PA	PI	V	PA	PI	V	PA	PI	V	PA	PI	V		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
TOTAIS														
PA - PRESSÃO DE ABERTURA			HT - HORA DO TÉRMINO (HORA:MIN)			NI - VÁLVULA NÃO INJETADA			V - VOLUME DE CALDA					
PI - PRESSÃO DA INJEÇÃO (Kg/cm²)			HI - HORA DE INÍCIO (HORA:MIN)			NA - VÁLVULA NÃO ABRIU			V (SACOS)					
4. OBSERVAÇÕES GERAIS				5. TOTAIS - RESUMO				6. VISTOS						
				FASE		VOLUME		SACOS		_____ CLIENTE _____ SOLOTRAT				
				BAINHA										
				VÁLVULAS										
				TOTAL										

Figura 16 - Boletim de microestaca

10.3 Estaca alluvial anker

BOLETIM DE ALLUVIAL ANKER				
OBRA Nº	CLIENTE:	LOCAL:		
1. ESTACA				
ESTACA..... INCLINAÇÃO CARGA				
2. PERFURAÇÃO				
DATA __ / __ / __	PROFUNDIDADE DE	TOTAL	DESCRIÇÃO	COR
HORA DO INÍCIO __:__:__	A	(m)	DO SOLO	
HORA DO TÉRMINO __:__:__				
3. TUBO SCH				
DIÂMETRO EXTERNO DIÂMETRO INTERNO				
TRECHO PERFURADO DE A				
MÉTODO DIÂMETRO DA SAPATA				
4. INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO				
DATA __ / __ / __ HORA DO INÍCIO __:__:__ HORA DO TÉRMINO __:__:__				
TRAÇO (VOL.)				
O VOLUME DE UM TRAÇO (1 SACO DE CIMENTO) MISTURADO NA OBRA É DE DE CALDA				
TRAÇOS INJETADOS TRAÇOS (B)				
VOLUME TOTAL TEÓRICO				
VOLUME REAL A x B				
EXCESSO DE CALDA				
DIÂMETRO REAL OBS.: 1.000 cm ³ = 1				
5. ARMAÇÃO		6. EQUIPAMENTOS		
TOPO	PRINCIPAL	PERFURATRIZ		
		BOMBA D'ÁGUA PERFURAÇÃO		
DIÂMETRO		BOMBA INJETORA		
		BOMBA D'ÁGUA PARA ABASTECIMENTO		
C/:		BOMBA D'ÁGUA PARA LIMPEZA		
7. OBSERVAÇÕES GERAIS				
8. VISTOS				
_____ SOLOTRAT		_____ CLIENTE		_____ FISCALIZAÇÃO

Figura 17 - Boletim de estaca alluvial anker