

ECV 114 – FUNDAÇÕES E OBRAS DE TERRA

***AULA 03: ASPECTOS RELEVANTES SOBRE A
EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES***

Prof. Ana Paula Moura
ana.paula.moura@live.com

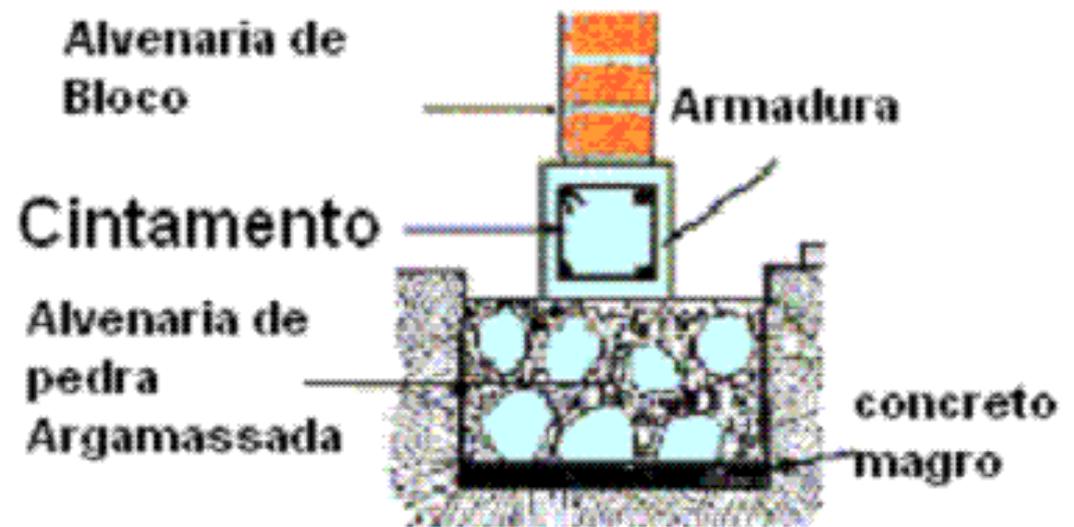
PROGRAMAÇÃO DA AULA

1) Aspectos relevantes sobre a execução das fundações (blocos, sapatas, radier, tubulão e estacas):

- Definições;
- Sequência executiva;
- Vantagens e desvantagens;
- Diretrizes da NBR 6122:2010.

1. EXECUÇÃO DE BLOCOS E ALICERCES

- 1) Escavação;
- 2) Apiloamento da base;
- 3) Lastro de concreto magro (5 a 10 cm);
- 4) Execução do embasamento;
- 5) Construção da cinta de amarração em concreto armado;
- 6) Camada de impermeabilização.



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

1) Escavação (folga de pelo menos 10 cm - opcional);



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

NBR 6122:2010 – ANEXO A

- A profundidade de escavação com equipamentos mecânicos deve ser paralisada no mínimo 30 cm acima da cota de assentamento prevista, sendo a parcela final removida manualmente.
- Deve haver inspeção da capacidade de suporte do material por um engenheiro.

2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

- 2) Limpeza do fundo da vala;
- 3) Apiloamento da base;
- 4) Lastro de concreto magro (mínimo de 5 cm);
- 5) Nivelamento da base;

Porque usar o lastro de concreto magro?



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

6) Preparação das laterais ou execução das formas;

7) Marcação dos pilares



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

8) Posicionamento da armadura;



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

8) Posicionamento da armadura;



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

9) Concretagem;
Caminhão betoneira
– calha para evitar
segregação
Espera do pilar



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

10) Reaterro compactado



2. EXECUÇÃO DE SAPATAS

Controle de execução:

- 1) Locação do centro da sapata e eixo do pilar;
- 2) Cota do fundo da vala;
- 3) Limpeza do fundo da vala;
- 4) Nivelamento do fundo da vala;
- 5) Inspeção técnica das dimensões e da tensão admissível;
- 6) Armadura da sapata e do arranque do pilar.

3. EXECUÇÃO DE RADIER

- 1) Marcar as cotas de nivelamento;
- 2) Nivelar o terreno;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

3) Compactação com rolo compressor (95%);
Retirar amostra para verificação do nível de compactação.



3. EXECUÇÃO DE RADIER

4) Abrir vala em todo o perímetro do radier;

5) Abrir vala apara passagem das tubulações hídricas;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

6) Inserir as formas nas valas para delimitar o radier;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

7) Fazer o alinhamento e nivelamento das formas;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

8) Lastro de brita de 7cm;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

9) Colocar uma lona e posicionar a armação;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

9) Colocar uma lona e posicionar a armação;



3. EXECUÇÃO DE RADIER

10) Posicionar as demais tubulações e eletrodutos;

* lembrar de tampá-las



3. EXECUÇÃO DE RADIER

11) Concretagem



3. EXECUÇÃO DE RADIER

11) Concretagem



3. EXECUÇÃO DE RADIER

11) Concretagem



3. EXECUÇÃO DE RADIER



3. EXECUÇÃO DE RADIER

Controle de execução:

- 1) Locação dos eixos dos pilares;
- 2) Cota do fundo da escavação;
- 3) Nivelamento do fundo da vala;
- 4) Posicionamento dos componentes das instalações enterrados.

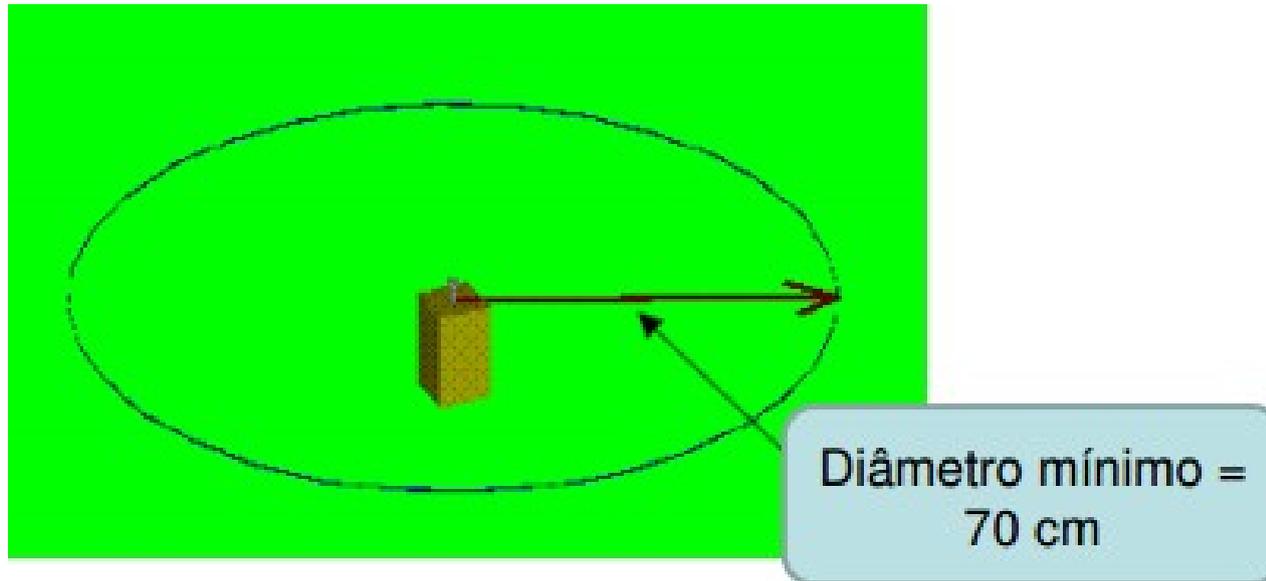
Resumindo...

Blocos, sapatas e radier:

- São fundações econômicas e de simples execução.
- O radier tem a vantagem dos recalques serem uniformes.
- Por se tratar de fundações superficiais, só podem ser utilizadas quando o solo sob a fundação apresenta resistência adequada.
- Não podem ser executadas na presença de água e são mais sujeitas a recalques.

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

- 1) Marcar o eixo do tubulão com um piquete de madeira;
- 2) Marcar a circunferência que delimita o tubulão com arame e prego, respeitando o mínimo de 70 cm;



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação

- Pode ser com pá, balde e sarrilho;
- Sempre dois operários



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação

- Pode ser com pá, balde e sarrilho;
- Sempre dois operários



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação

- Pode ser por perfuração mecânica com aparelho rotativo acoplado a um caminhão.



Laila Valduga

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação

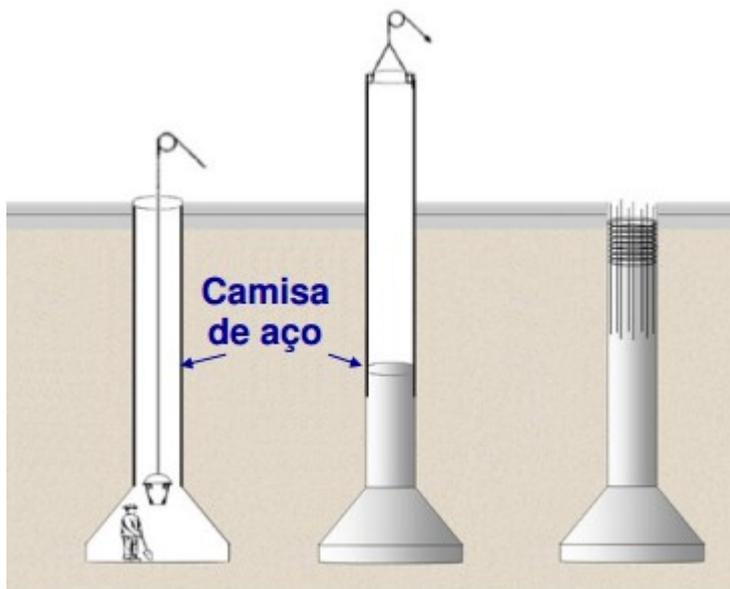
- Caso haja acúmulo de água (bombear a água)



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação

- Pode ser que alguma camada do solo não resista a perfuração e desmorone (no caso de solos arenosos). Neste caso é necessário o encamisamento da peça ao longo dessas camadas com tubos de aço ou concreto.



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

3) Escavação



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

4) Fazer o alargamento da base de acordo com o projeto.



PCC-USP



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

5) Inspeção do tubulão: dimensões, limpeza e resistência.



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

6) Posicionamento das armaduras

Cuidado para que durante essa operação torrões de solo não sejam derrubados dentro do tubulão.



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

6) Posicionamento das armaduras



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

7) Concretagem

- Concretagem com bomba com braço e mangote;
- Tubulões a céu aberto

– Concretagem

Concretagem com bomba com braço e mangote



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

7) Concretagem

- Concretagem com funil –
Concretagem com concreto simplesmente lançado da superfície com um funil de no mínimo 1,5m.

Cuidado para não acontecer a segregação do concreto e evitar que o concreto bata nas paredes do tubulão e se misture com a terra.



4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010

ANEXO J – Tubulões a céu aberto – Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010 – ANEXO J

- Não é necessário o uso de vibrador. Por esta razão o concreto deve ter plasticidade suficiente para assegurar a ocupação de todo o volume da base;
- Usar concreto com fluidez de modo que se espalhe pela base pelo impacto de descarga. Caso contrário, é necessário que um funcionário desça para espalhar o concreto;

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010 – ANEXO J

- A concretagem deve ser feita imediatamente após a conclusão da escavação. Caso a concretagem não seja feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita removendo o material solto ou eventual camada amolecida pela exposição ao tempo ou por água de infiltração.

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010 – ANEXO J

- O concreto deve satisfazer as exigências:
 - A) Consumo de cimento mínimo: 300 kg/m³;
 - B) Slump test entre 8 cm e 12 cm;
 - C) Agradado com diâmetro máximo de 25 mm (brita 2)
 - D) fck maior que 20 MPa

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010 – ANEXO J

Ficha de controle de qualidade do serviço:

- Nome do contratante, do executor e identificação da obra;
- Data e horário do início e fim da escavação e da concretagem;
- Identificação ou número do tubulão;
- Cota do terreno e cota de assentamento;
- Dimensões do fuste e da base;

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

NBR 6122:2010 – ANEXO J

Ficha de controle de qualidade do serviço:

- Profundidade ou cota de apoio da base;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Especificação dos materiais e insumos utilizados;
- Consumo de materiais por tubulão;
- Volume de concreto real e teórico;
- Anormalidades de execução e observações pertinentes.

4. EXECUÇÃO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO

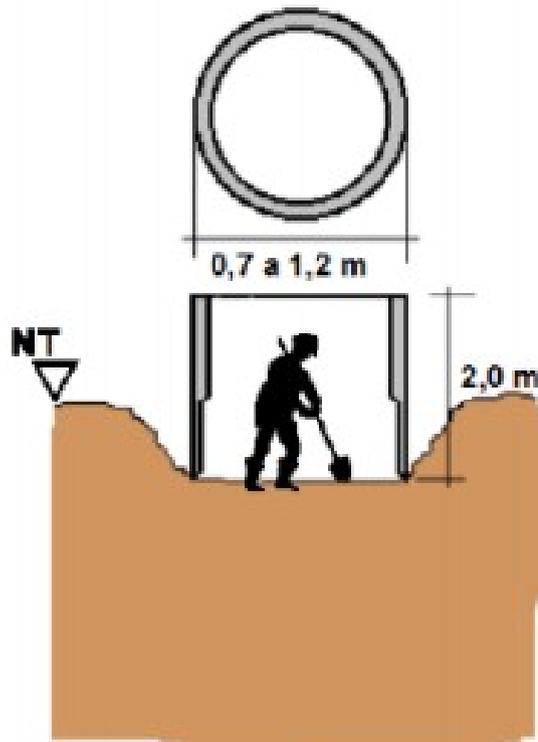
Controle de execução:

- 1) Locação do centro do tubulão;
- 2) Cota de fundo da base;
- 3) Verticalidade da escavação;
- 4) Verificar dimensões e posicionamento da armadura;
- 5) Concretagem: não misturar o solo com o concreto e evitar vazios na base alargada.

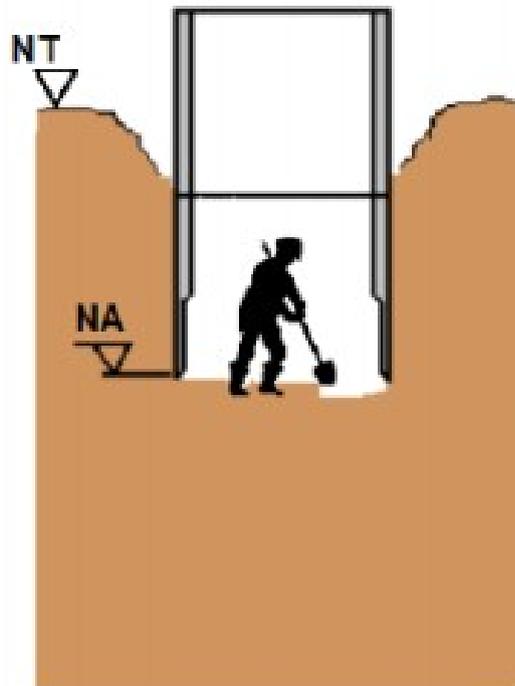
5. EXECUÇÃO DE TUBULÕES COM AR COMPRIMIDO

- Quando existe água (fundação ultrapassa consideravelmente o nível do lençol freático) usa-se injeção de ar comprimido no tubulão para impedir a entrada de água.
- Se a pressão interna imposta no tubulão for maior do que a exercida pela água que está no solo ela não entra.
- Durante a compressão o sangue dos homens absorve mais gases do que na pressão normal. A descompressão rápida pode causar morte por embolia. Ou seja, o trabalhador deve sofrer o processo de descompressão lenta (>15 min) numa câmara de emergência

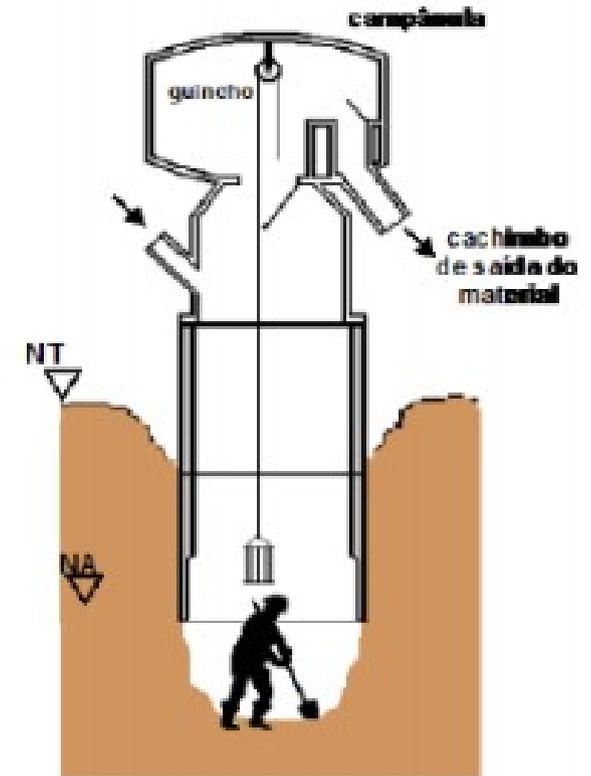
5. EXECUÇÃO DE TUBULÕES COM AR COMPRIMIDO



Preparação do terreno e colocação do anel de concreto



Escavação a céu aberto até o nível do lençol freático e colocação do segundo anel de concreto



Colocação da câmara para trabalho de escavação sob pressão hiperbólica com pessoal especializado

5. EXECUÇÃO DE TUBULÕES COM AR COMPRIMIDO



6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

“Estaca executada por perfuração do solo através de trado mecânico, sem emprego de revestimento ou fluido estabilizante. Um caso particular de estaca cravada mecanicamente é a estaca broca executada, usualmente, por perfuração com trado manual.”

Definição da NBR 6122:2010

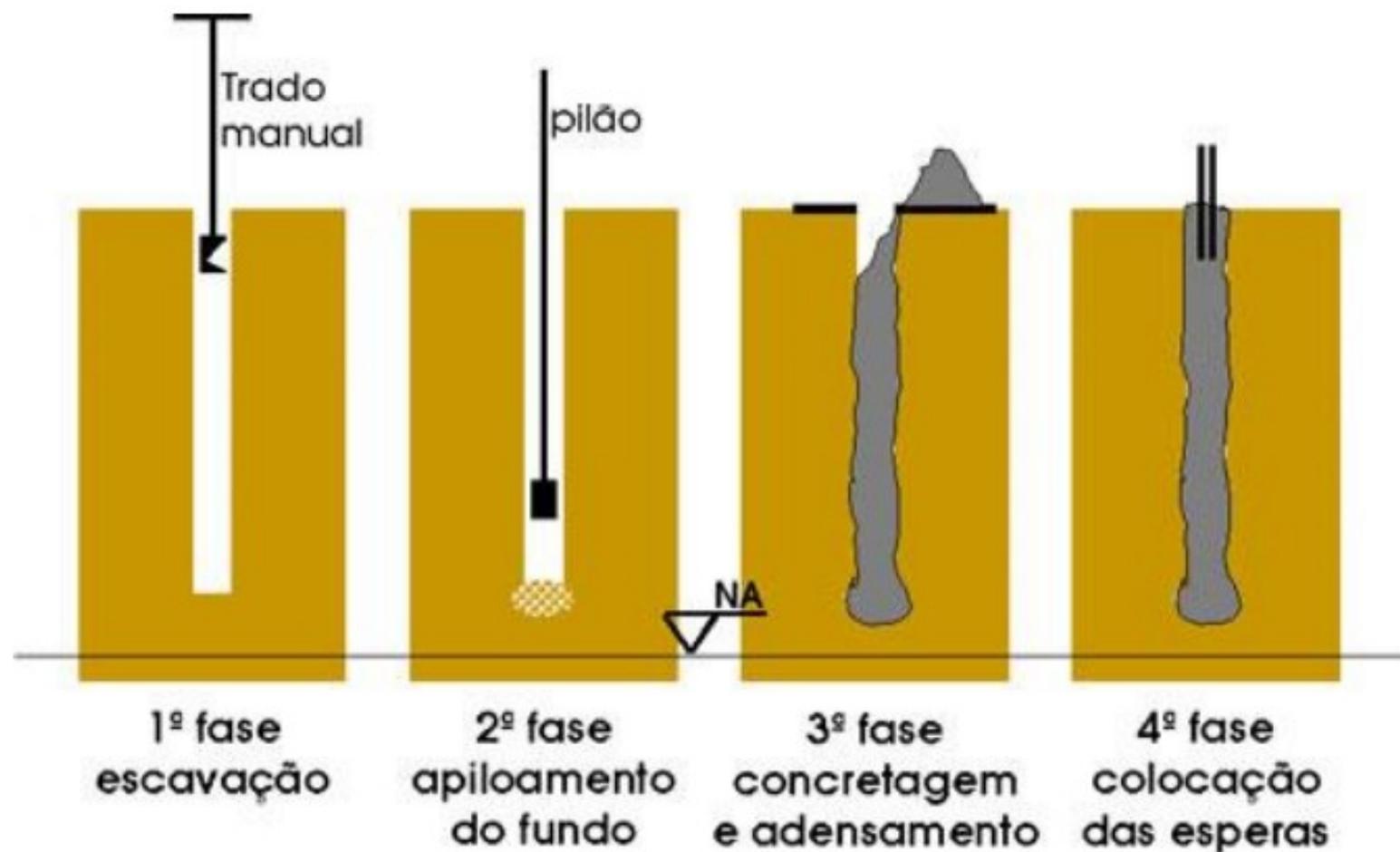
6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

Sequência executiva:

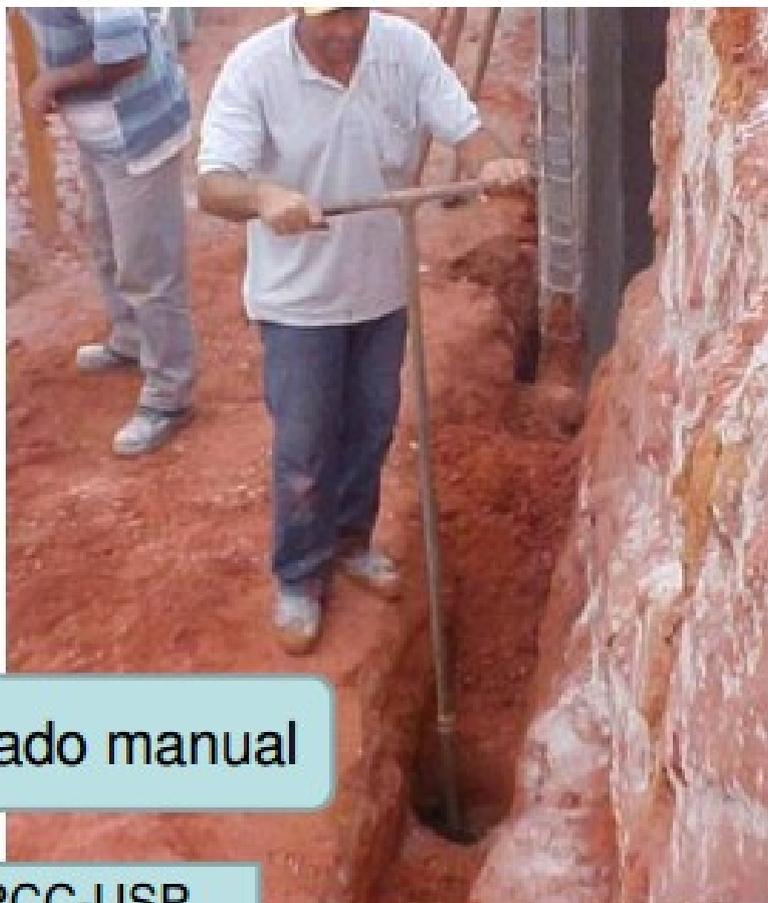
- 1) O trado é cravado no solo por meio de um torque e quando o trado está cheio, é sacado e retirado do solo;
- 2) Quanto a cota de assentamento é atingida, o furo é cuidadosamente limpo e na sua parte inferior é colocada brita, seguindo-se o apiloamento;
- 3) Inicia-se a concretagem da estaca, colocação da ferragem e vibração.

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.1 – TRADO MANUAL (BROCA)



6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE



Trado manual

PCC-USP

PCC-USP



Furo preparado com
trado manual

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.1 – TRADO MANUAL (BROCA)

Vantagens:

- Diâmetro de 15 a 30 cm, sendo 20 cm o usual;
- Econômica e de simples execução.

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

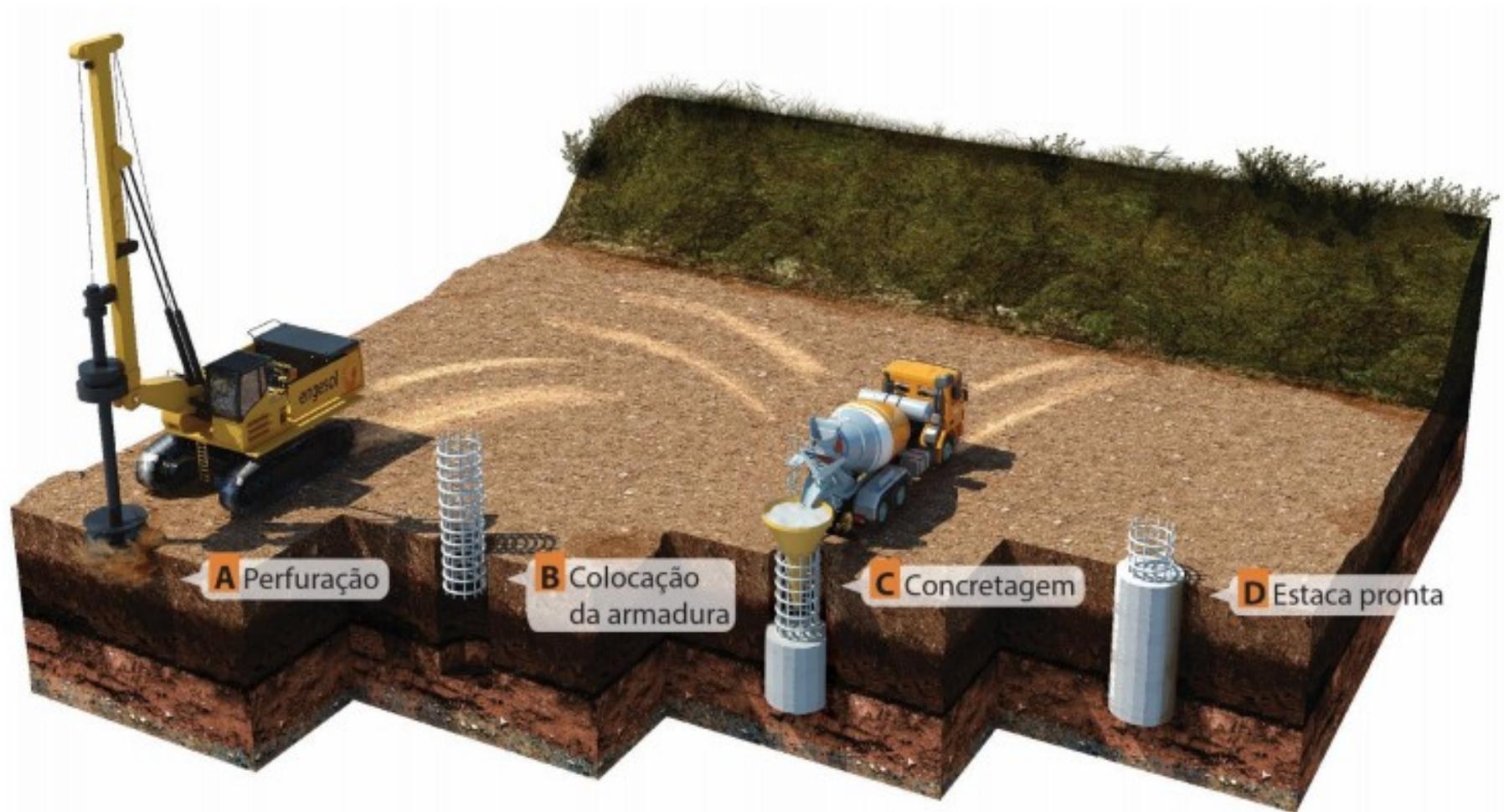
6.1 – TRADO MANUAL (BROCA)

Desvantagens:

- Casos com baixa intensidade de carga;
- Limitada pelo nível d'água;
- Não tem garantia da verticalidade;
- Há perigo de mistura solo-concreto;
- Comprimento máximo aproximado de 6 metros.

6. ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO



6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO



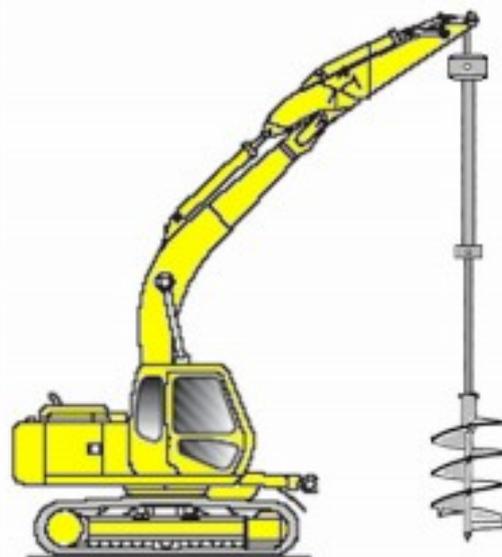
6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO



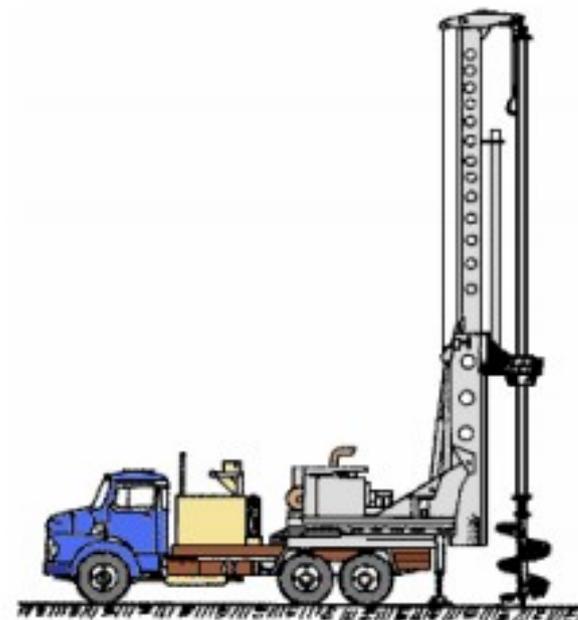
Em trator simples

- **Baixo custo**
- **Baixa produtividade**
- **Diâmetros menores**



Sobre esteiras

- **Alta produtividade**
- **Facilidade de acesso**

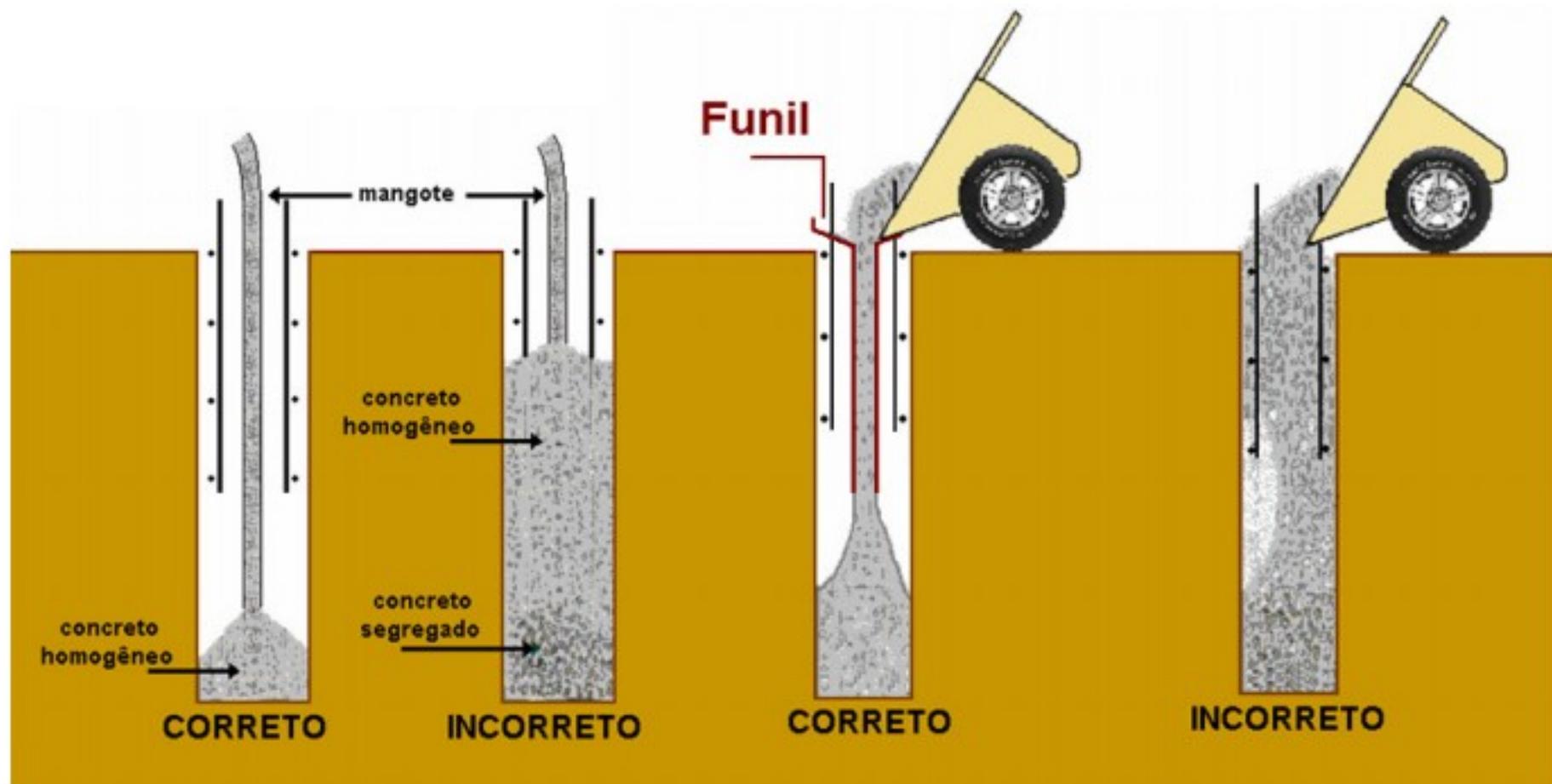


Sobre caminhão

- **Excelente verticalidade**
- **Acesso limitado**
- **Até diâmetros médios**

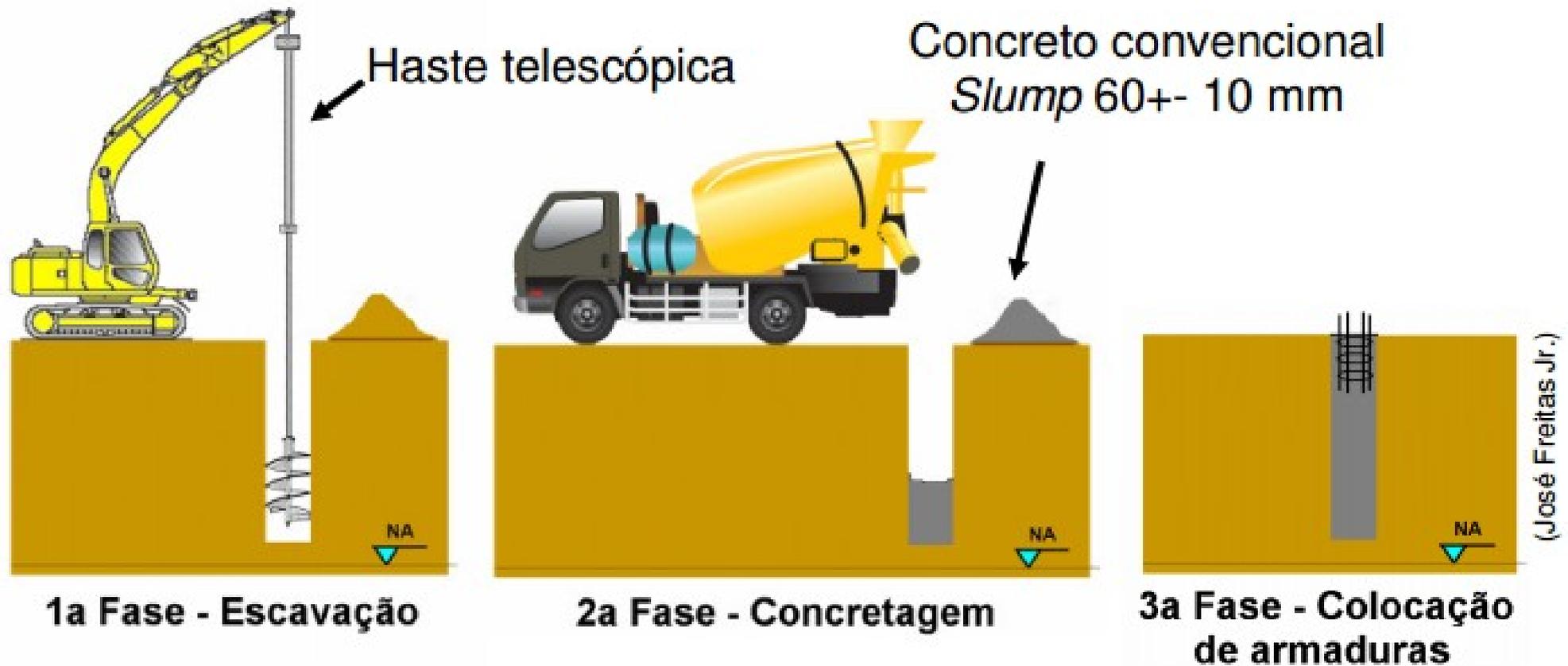
6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO



6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO



6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO

Vantagens, desvantagens e características:

- Alta velocidade de execução comparada ao trado;
- Diâmetro de até 1,2 m e profundidade de 16 m;
- Não tem base alargada;

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

6.2 – TRADO MECANIZADO

Vantagens, desvantagens e características:

- Hélice só na extremidade da haste telescópica;
- Máquinas sobre esteiras acessam qualquer local;
- Produção diária muito grande em solos bons;
- Aspecto de limpeza na obra.

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

NBR 6122:2010

ANEXO E – Estacas escavadas com trado mecânico, sem fluido estabilizante – Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

NBR 6122:2010 – ANEXO E

- São estacas moldadas in loco, por meio da concretagem de um furo executado por trado espiral, sendo empregadas onde o perfil do subsolo tem características tais que o solo se mantenha estável sem necessidade de revestimento ou de fluido estabilizante. A profundidade é limitada ao nível do lençol freático.

6. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

NBR 6122:2010 – ANEXO E

- A concretagem deve ser feita no mesmo dia da perfuração, através de um funil que tenha comprimento mínimo de 1,5m para orientar o fluxo de concreto.
- Observar as características do concreto a ser utilizado e preencher a ficha de controle para registro da qualidade dos serviços.

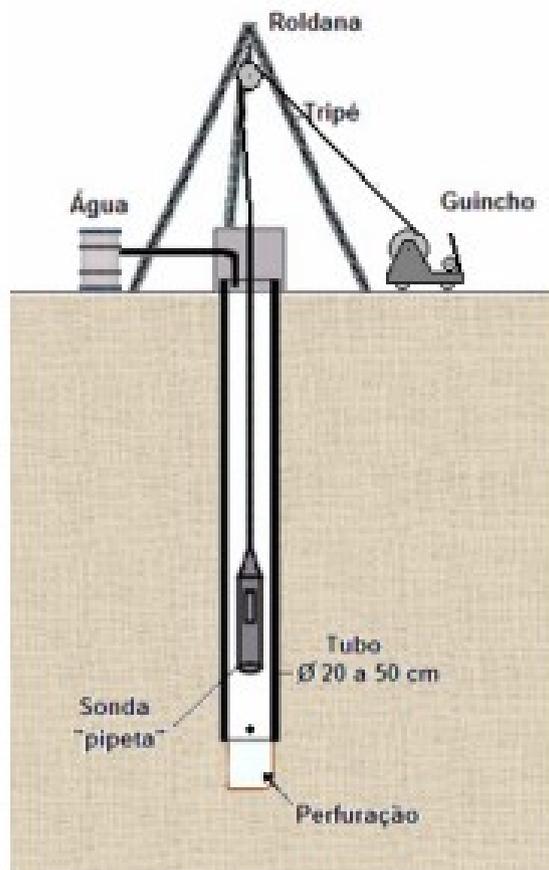
7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

“Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto.”

Definição da NBR 6122:2010

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

- Equipamento necessário:



- Tripé de madeira ou de aço;
- Guincho acoplado a motor a explosão ou elétrico;
- Sonda de percussão, com válvula para retirada de terra na sua extremidade inferior;
- Soquete de 300 kg (aproximadamente);
- Tubos de aço com 2,0 a 3,0 m de comprimento (rosqueáveis entre si);
- Guincho manual para retirada da tubulação;
- Roldanas, cabos e ferramentas;

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

Fases de execução:

- 1) Posicionamento da piteira;
- 2) Execução de furo guia para introdução da coroa (tubo com extremidade dentada);
- 3) Introdução da coroa no solo;
- 4) Retirada do solo no interior do tubo;
- 5) Concretagem e eventual inserção da armação;
- 6) Retirada do tubo guia.

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

“A execução é iniciada através da aplicação de repetidos golpes com o pilão ou a piteira para formar um pré furo com profundidade de 1,0 a 2,0 m, dentro do qual é colocado um segmento curto de revestimento com coroa na ponta. A seguir prossegue-se a perfuração com repetidos golpes da sonda e eventual adição de água que vai removendo o solo. Na medida em que o furo é formado, os tubos de revestimento vão sendo introduzidos até que a profundidade prevista seja atingida. Concluída a perfuração é lançada água no interior dos tubos para sua limpeza. A água e a lama são totalmente removidas pela piteira e o soquete é lavado.”

NBR 6122:2010

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS



Torre para execução da estaca Strauss



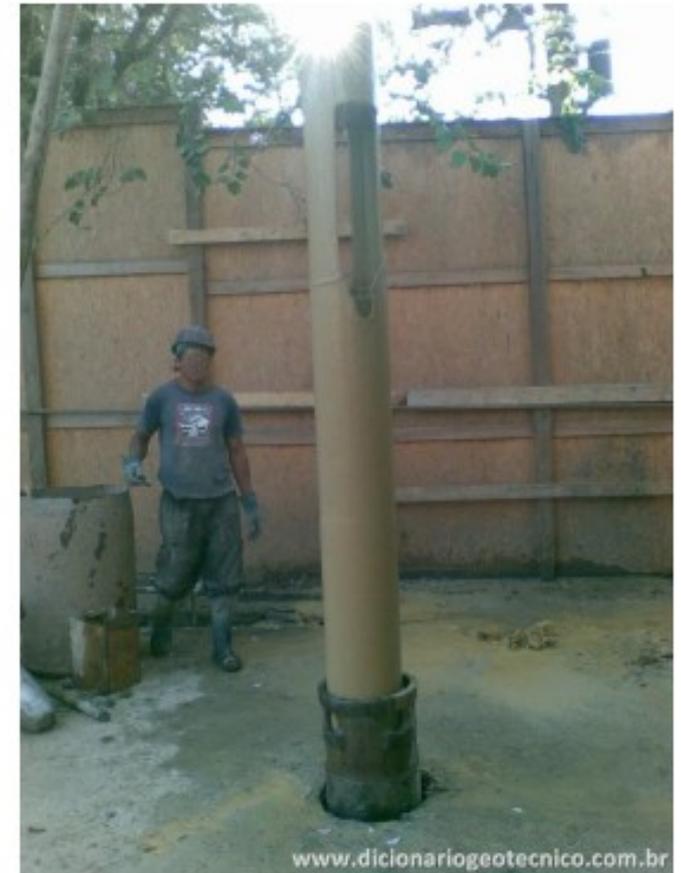
7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS



Vista geral do equipamento

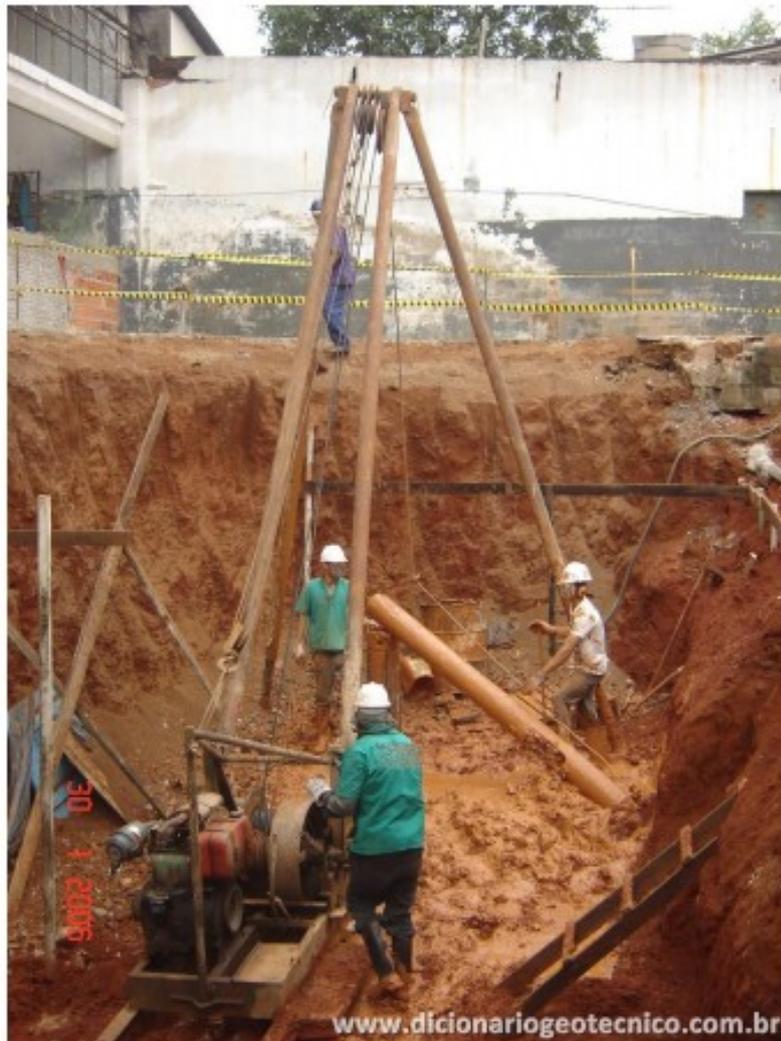


Cravação do tubo de revestimento



Início escavação

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS



7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS



7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

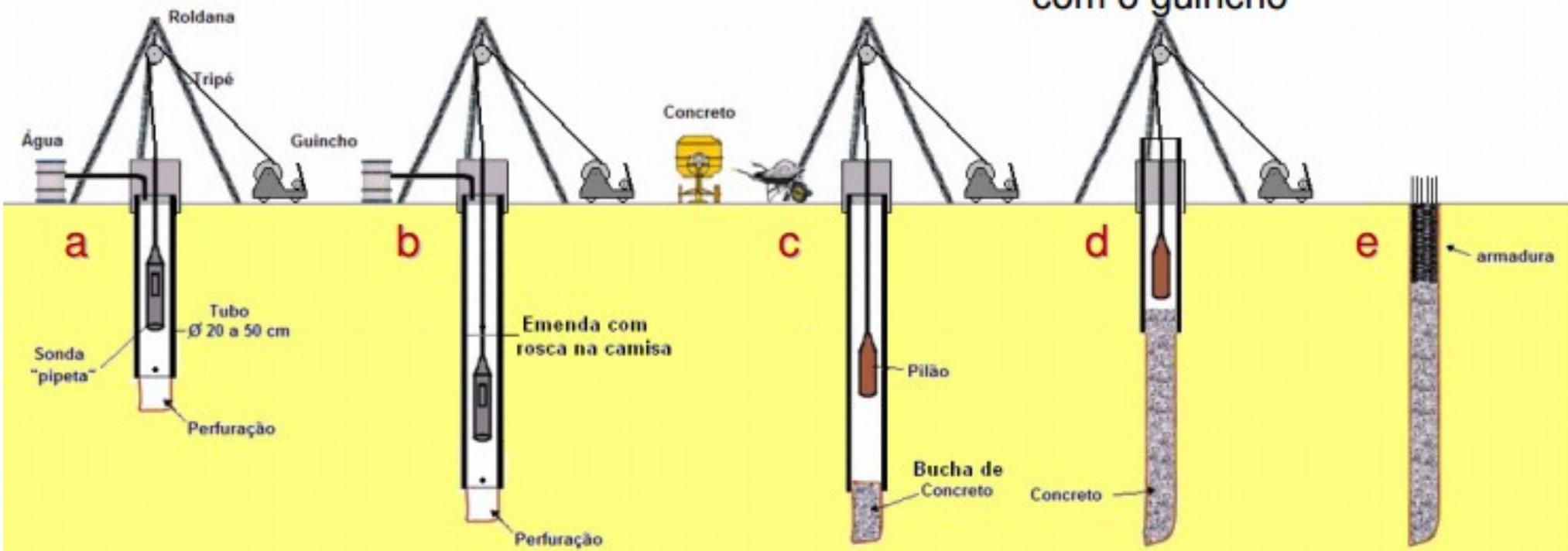
Escavação com a sonda e cravação de camisas.

Escavação aprofunda com emendas da camisa.

Concreto é lançado na camisa e apiloado para formação do bulbo.

Apiloamento do concreto e retirada da camisa com o guincho.

Colocação das armaduras.



7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

Vantagens:

- Pode ser empregada em terrenos acidentados devido a simplicidade do equipamento utilizado;
- Ausência de vibração;
- Facilidade de locomoção dentro da obra;
- Fácil ajuste de comprimento;
- Verificação do solo;
- Custo baixo.

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

Desvantagens:

- Baixa produtividade se comparada às escavadas com trado mecânico;
- Limitada ao nível do lençol freático;
- Execução lenta e obra muito suja;
- Sujeita a penetração de lama no concreto.

Obs: Profundidade de até 24 m e diâmetro usual de 30 cm a 45 cm.

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

NBR 6122:2010

**ANEXO G – Estacas moldadas in loco Strauss -
Procedimentos executivos**

Algumas diretrizes...

7. EXECUÇÃO DE ESTACA STRAUSS

- O revestimento integral assegura a estabilidade da perfuração e garante as condições para que não corra a mistura do concreto com o solo ou o estrangulamento do fuste da estaca;
- Não deve ser utilizado em areias submersas ou argilas muito mole saturadas;
- Observar as características do concreto a ser utilizado e preencher a ficha de controle para registro da qualidade dos serviços.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

“Estaca armada e preenchida com argamassa de cimento e areia, moldada in loco executada através de perfuração rotativa ou roto percussiva, revestida integralmente, no trecho em solo, por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis.”

Definição da NBR 6122:2010

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

1) Posicionamento da perfuratriz:

Para posicionar corretamente a perfuratriz, o terreno deve estar nivelado. Antes de começar a perfuração, é importante conferir a verticalidade e o ângulo de inclinação do tubo metálico em relação à estaca locada.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

2) Perfuração:

Para executar a perfuração, o equipamento injeta água com golpes de baixa pressão ao mesmo tempo em que insere o tubo metálico de modo rotativo cuja extremidade tem uma coroa especial com elevado poder de corte. O tubo perfura até atingir a profundidade indicada em projeto.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ



8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

2) Perfuração:

Sapatas de perfuração: São acopladas à extremidade inferior do revestimento, sendo dotadas de sulcos semicirculares na face cortante e têm diâmetro ligeiramente maior que a composição. O objetivo dos sulcos é facilitar o fluxo d'água para lubrificar e resfriar a sapata e as pastilhas.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

2) Perfuração:

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. 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.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

2) Perfuração:

Martelos de perfuração: Destinam-se a romper materiais rochosos ou muito duros que não podem ser desagregados pelas sapatas ou pelos tricones. Devem trabalhar concentricamente no interior da composição de revestimento.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ



8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

2) Perfuração:

As funções do fluxo d'água são as seguintes:

- desagregação do solo no interior do revestimento e do solo localizado frontalmente à coroa;
- lubrificação e resfriamento da ferramenta de perfuração;
- remoção de todo o solo desagregado mediante um fluxo altamente turbulento.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

3) Limpeza

Assim que a perfuração atingir a cota de projeto, ainda são injetados golpes de água dentro da estaca, sem avançar a perfuração, apenas para promover a limpeza interna do tubo.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

4) Armadura

É o diâmetro de cada estaca que determina a quantidade de armadura a ser empregada nos fustes. O importante é garantir que, durante a concretagem, os estribos - geralmente em aço CA-50 - permaneçam na posição correta. Para isso, utilizam-se espaçadores plásticos ou em argamassa espaçados conforme projeto para manter a estrutura centralizada e o cobrimento determinado em projeto.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ



8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Fases de execução:

5) Concretagem

Durante a concretagem, que acontece de baixo para cima até que a argamassa extravase pela boca do furo, o macaco hidráulico deve ser programado para que a retirada dos tubos metálicos não aconteça de maneira muito rápida a fim de não comprometer a distribuição uniforme da massa.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

Vantagens:

- Perfuração sem barulho e sem vibrações;
- Furo sempre revestido;
- Elevada resistência;
- Não limitada por matacão ou rocha.

Desvantagens:

- Baixa produtividade e alto custo de mão de obra e materiais.

8. EXECUÇÃO DE ESTACA RAIZ

NBR 6122:2010

ANEXO L – Estacas Raiz - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

- Observar as características do argamassa a ser utilizada e preencher a ficha de controle para registro da qualidade dos serviços.

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

“Estaca moldada in loco executada pela cravação, por meio de sucessivos golpes de um pilão, de um tubo de ponta fechada por uma bucha seca constituída de pedra e areia, previamente firmada na extremidade inferior do tubo por atrito. Esta estaca possui base alargada e é integralmente armada.”

NBR6122:2010

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

Processo executivo:

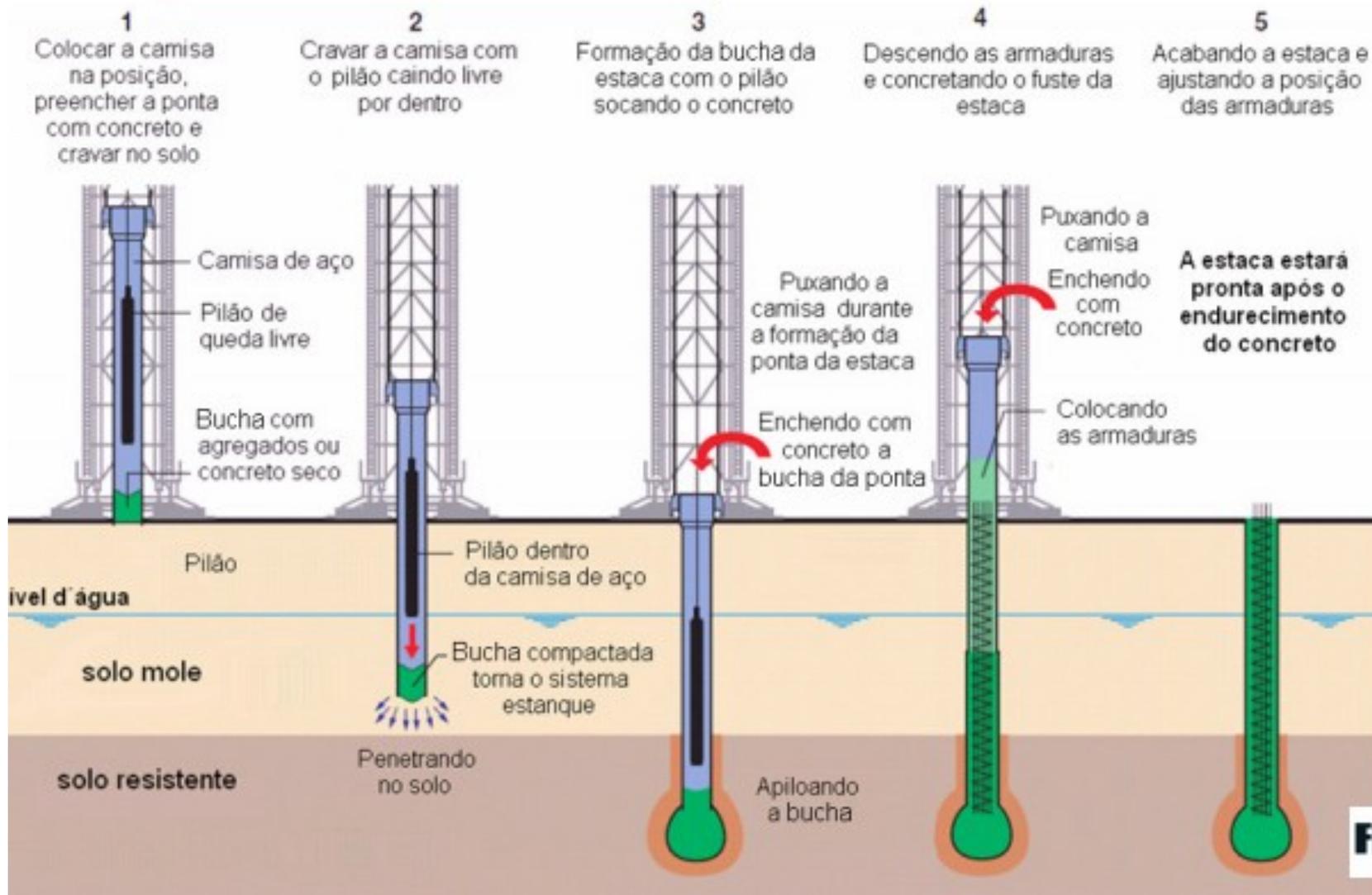
- 1) Lançamento de areia e brita ou concreto farofa para formação da bucha na ponta do tubo;
- 2) Cravação do tubo Franki com a bucha mediante pilão de queda livre. Ao se bater com o pilão na bucha, o mesmo arrasta o tubo, impedindo a entrada de solo ou água.

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

Processo executivo:

- 3) Na profundidade de projeto o tubo é preso e a bucha expulsa por golpes de pilão e fortemente socada contra o terreno, de maneira a formar uma base alargada;
- 4) Colocação da armadura ancorada na base;
- 5) Formação do fuste introduzindo concreto apilado e retirando-se o tubo ao mesmo tempo (manter altura de concreto de segurança).

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI



9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

Vantagens:

- Grande capacidade de carga – Alto grau de atrito lateral e de base;
- Podem ser executadas a grande profundidade;
- Não são limitadas pelo lençol freático.

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

Desvantagens:

- Alta vibração do solo durante a execução;
- Grande área necessária para o bate estacas.

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

NBR 6122:2010

ANEXO H – Estacas Franki - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

- Observar as características do concreto a ser utilizado e preencher a ficha de controle para registro da qualidade dos serviços.

9. EXECUÇÃO DE ESTACA FRANKI

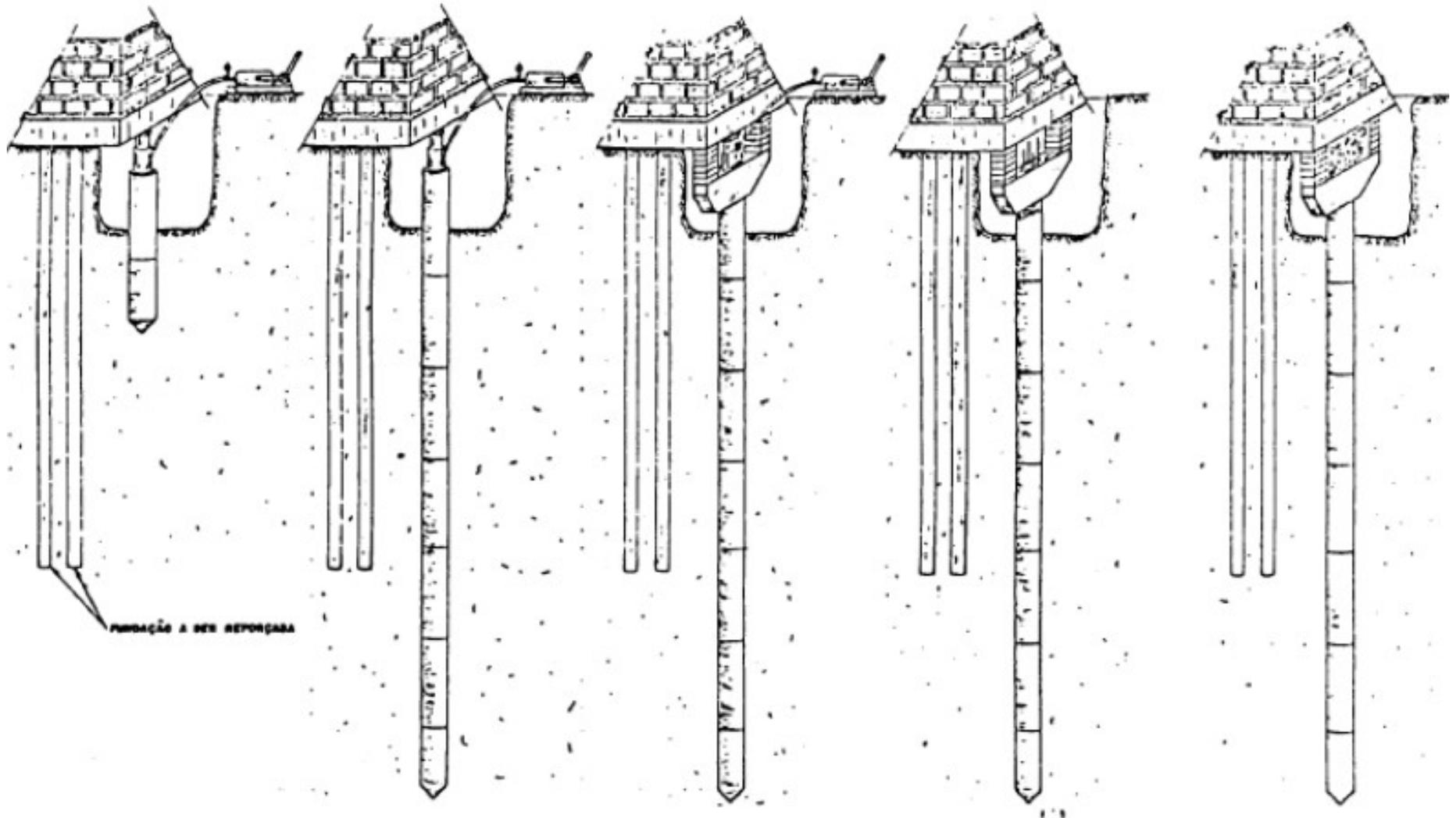
- As estacas Franki são executadas através da cravação de um tubo por meio de sucessivos golpes de um pilão em uma bucha seca de pedra e areia aderida ao tubo. Atingida a cota de apoio, procede-se a expulsão da bucha, execução da base alargada, instalação da armadura e execução do fuste de concreto apilado com a simultânea retirada do revestimento.

10. EXECUÇÃO DE ESTACA MEGA, DE REAÇÃO OU PRENSADA

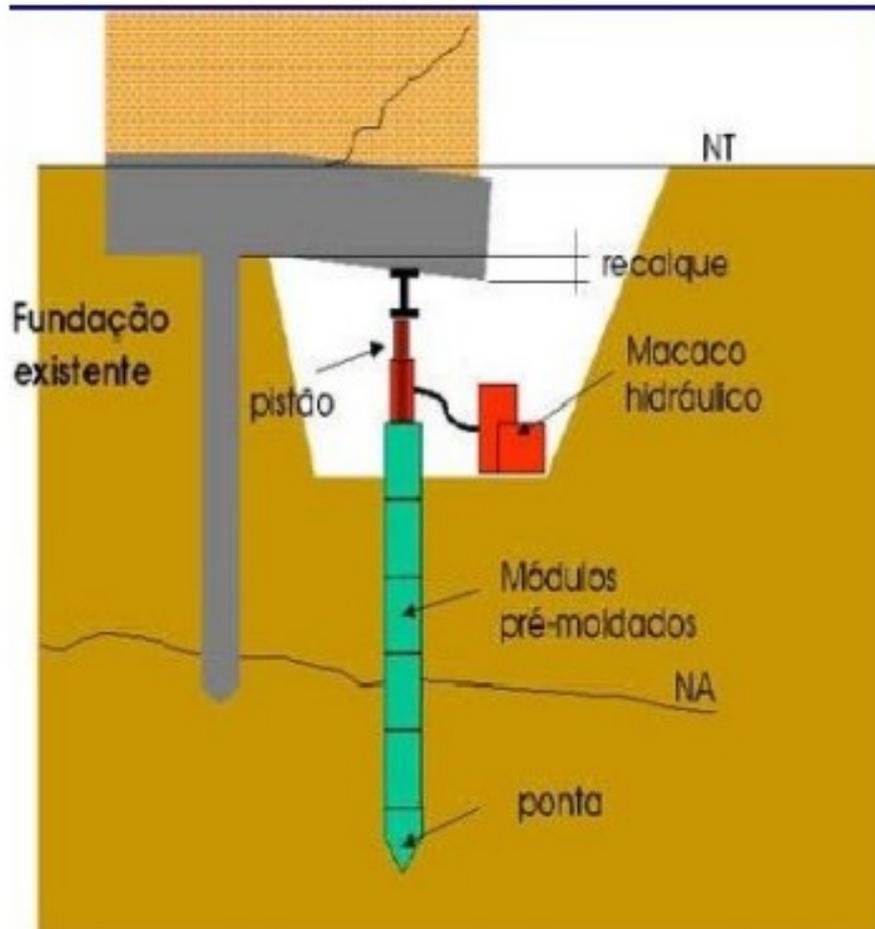
“Estaca introduzida no terreno por meio de macaco hidráulico reagindo contra uma estrutura já existente ou criada especificamente para esta finalidade.”

NBR6122:2010

10. EXECUÇÃO DE ESTACA MEGA, DE REAÇÃO OU Prensada



10. EXECUÇÃO DE ESTACA MEGA, DE REAÇÃO OU Prensada



10. EXECUÇÃO DE ESTACA MEGA, DE REAÇÃO OU PRENSADA

NBR 6122:2010

ANEXO N – Estacas cravadas a reação (estacas prensadas ou mega) - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

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

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

“ESTACA HÉLICE CONTINUA MONITORADA: Estaca de concreto moldada in loco, executada mediante a introdução, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado simultaneamente com a sua retirada, sendo que a armadura é introduzida após a concretagem da estaca.”

NBR6122:2010

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

“ESTACA HÉLICE CONTINUA DE DESLOCAMENTO MONITORADA: Estaca de concreto moldada in loco, que consiste na introdução de um trado apropriado no terreno, por rotação, sem que haja retirada de material, o que ocasiona um deslocamento do solo junto ao fuste e a ponta. A injeção de concreto é feita pelo interior do tubo central em torno do qual estão colocadas as aletas do trado simultaneamente à sua retirada por rotação.”

NBR6122:2010

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Sequência executiva:

- 1) Introdução no terreno de uma haste tubular dotada de uma hélice contínua, que perfura o terreno por aplicação de um torque;
- 2) Na parte inferior da haste tubular existe um tampão a ser perdido, que impede a penetração do solo no seu interior;

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Sequência executiva:

3) Alcançada a cota de assentamento inicia-se a concretagem da estaca por bombeamento de concreto pela haste tubular sob pressão constante, retirando-se a composição de perfuração sob velocidade constante.

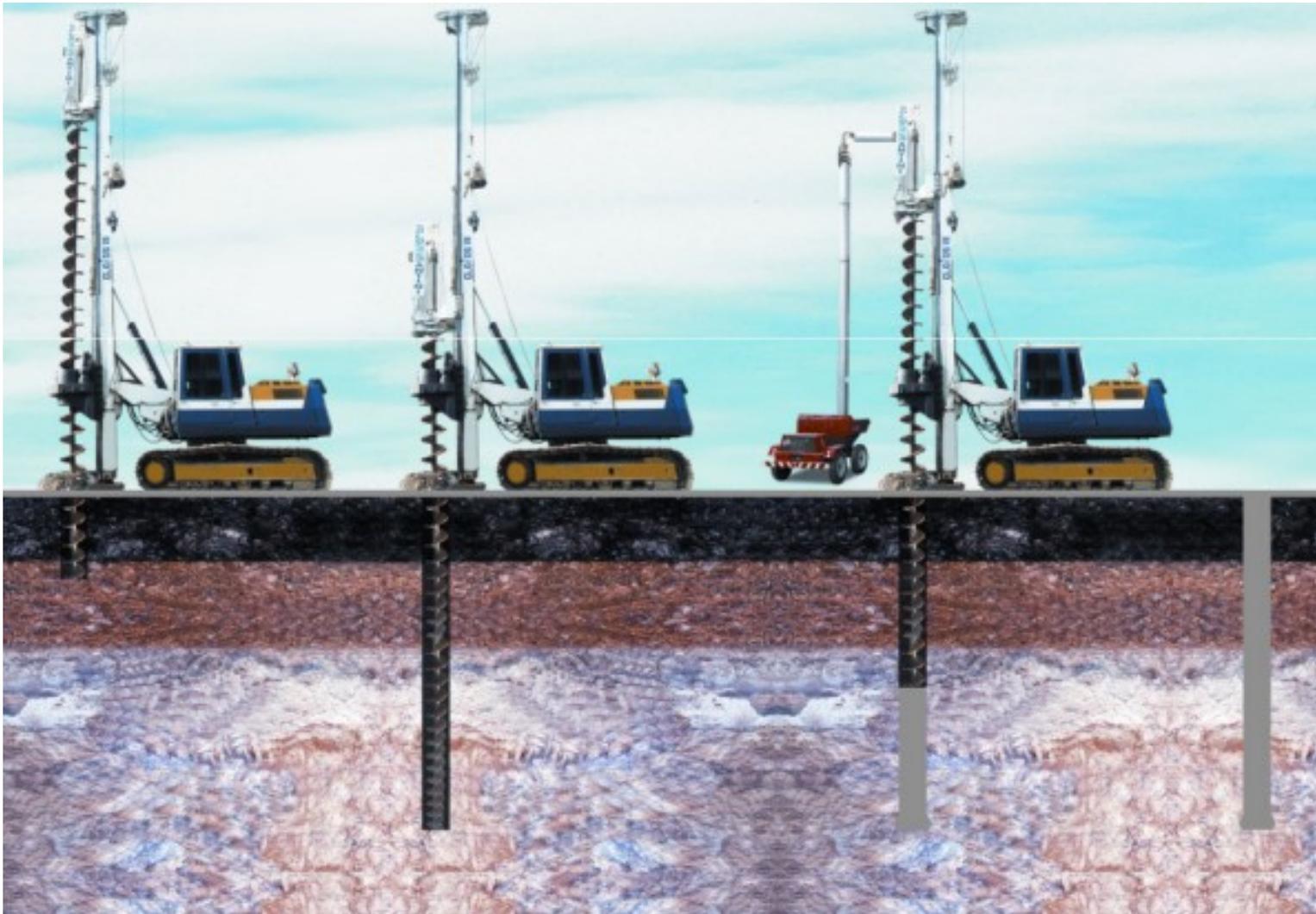
4) Durante a remoção da haste um limpador mecânico retira o solo que está aderente entre as pás da hélice contínua.

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

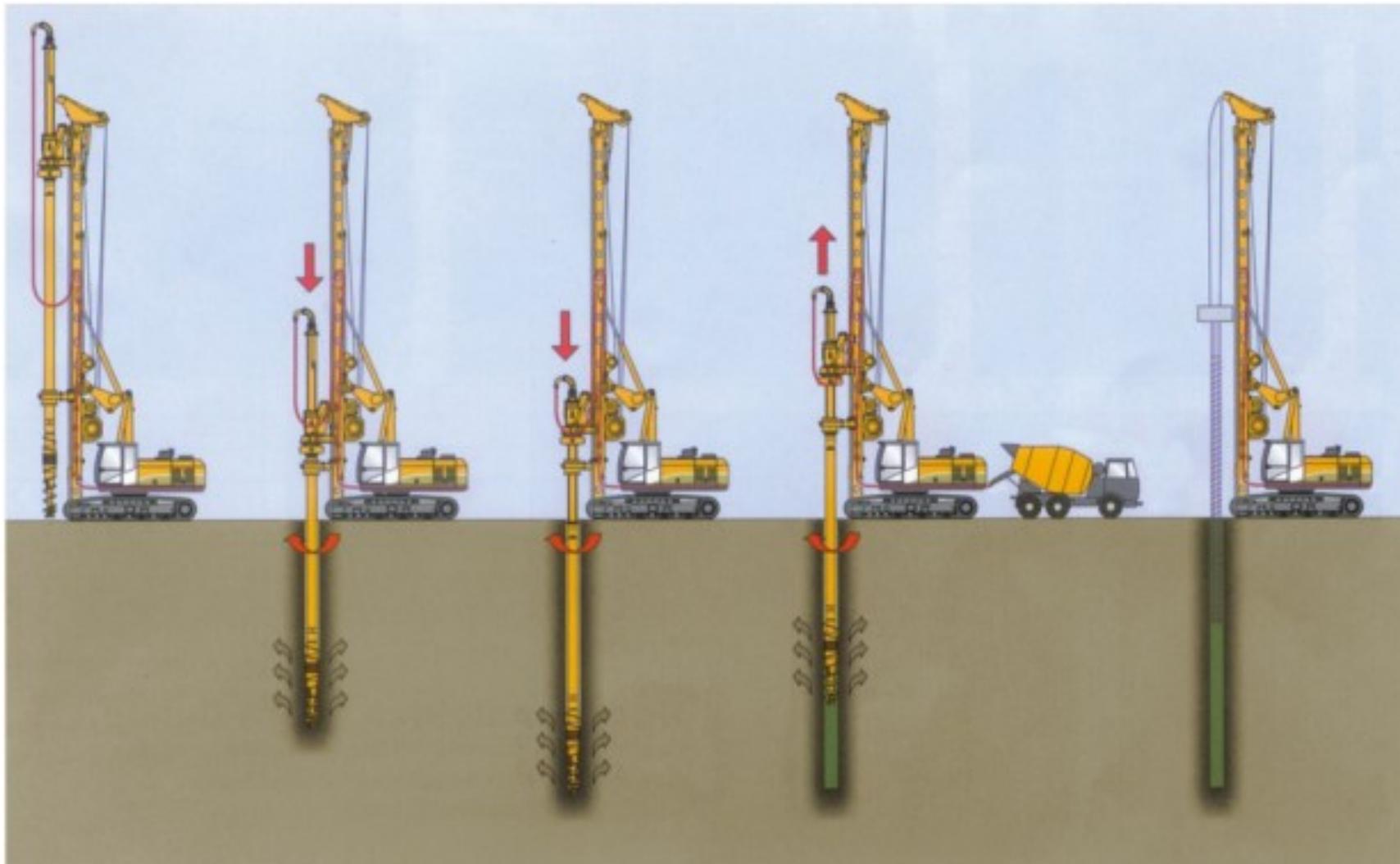
Sequência executiva:

5) Imediatamente após o término da concretagem, a armação é inserida dentro do concreto, por gravidade ou com o auxílio de um vibrador.

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA



11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA



11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Vantagens:

- Os equipamentos monitoram continuamente a execução das estacas, garantindo controle de qualidade de execução da estaca;
- Permite a execução de cerca de 200 m a 300 m de estaca por dia condições normais de terreno;
- Não é limitada pelo nível do lençol freático;

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Vantagens:

- Como o concreto é bombeado sob pressão, preenche continuamente o volume escavado, fornecendo maior resistência por atrito lateral da estaca.

Desvantagens:

- Custo relativamente elevado e disponibilidade do equipamento;
- Não é aconselhável em solo com presença de matacão.

11. EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

NBR 6122:2010

**ANEXO F – Estacas hélice contínua monitorada -
Procedimentos executivos**

**ANEXO M – Estacas hélice de deslocamento monitorada -
Procedimentos executivos**

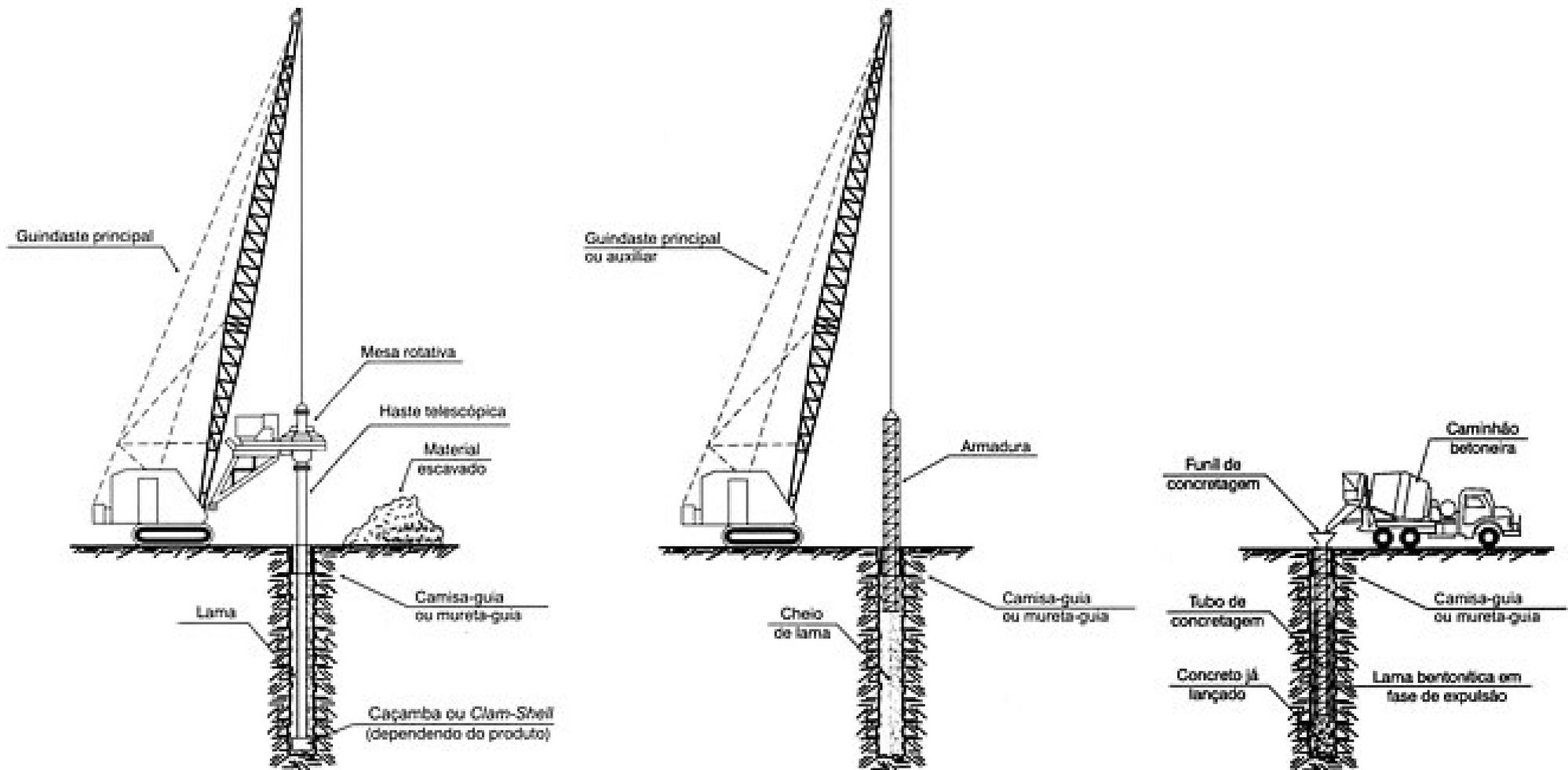
Algumas diretrizes...

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

“Estaca moldada in loco, sendo a estabilidade da parede da perfuração assegurada pelo uso de fluido estabilizante ou água quando tiver revestimento metálico. Recebe a denominação de estaca escavada quando a perfuração é feita por uma caçamba acoplada a uma perfuratriz, e estaca barrete quando a seção for retangular e escavada com a utilização de clam-shell.”

NBR6122:2010

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Sequência executiva:

1) A escavação do poço para moldagem da estaca é feita mecanicamente através de equipamento rotativo equipado com haste telescópica (Kelly) provida de trado ou caçamba;

2) A perfuração se inicia com a colocação de um tubo metálico com diâmetro 10-15 cm maior que o diâmetro da estaca a ser escavada e comprimento suficiente para proteger o início da escavação contra desbarrancamento (1,50 a 2,50 m).

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Sequência executiva:

- 3) A partir do extremo inferior do tubo de boca até a cota final de assentamento da estaca, as estacas são escavadas sem proteção lateral, ficando a cargo da lama betonítica a responsabilidade pela estabilização.
- 4) Ensaaios para qualificação da lama;

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Sequência executiva:

5) Armadura;

6) Concretagem submersa, com introdução do concreto via estaca, de baixo para cima, bombeando a lama de volta para os tanques.

Obs: A armadura não permanecerá no interior da escavação em contato com a lama por muito tempo para que não se forme a camada de gel que poderá prejudicar a aderência concreto e aço.

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Características gerais da lama estabilizadora:

- Serve para proteger contra desmoronamentos as paredes de escavações realizadas em solos instáveis ou abaixo do lençol d'água;
- Apresenta propriedades tixotrópicas, ou seja, tem um comportamento fluido quando agitada mas é capaz de formar um gel quando em repouso;

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Características gerais da lama estabilizadora:

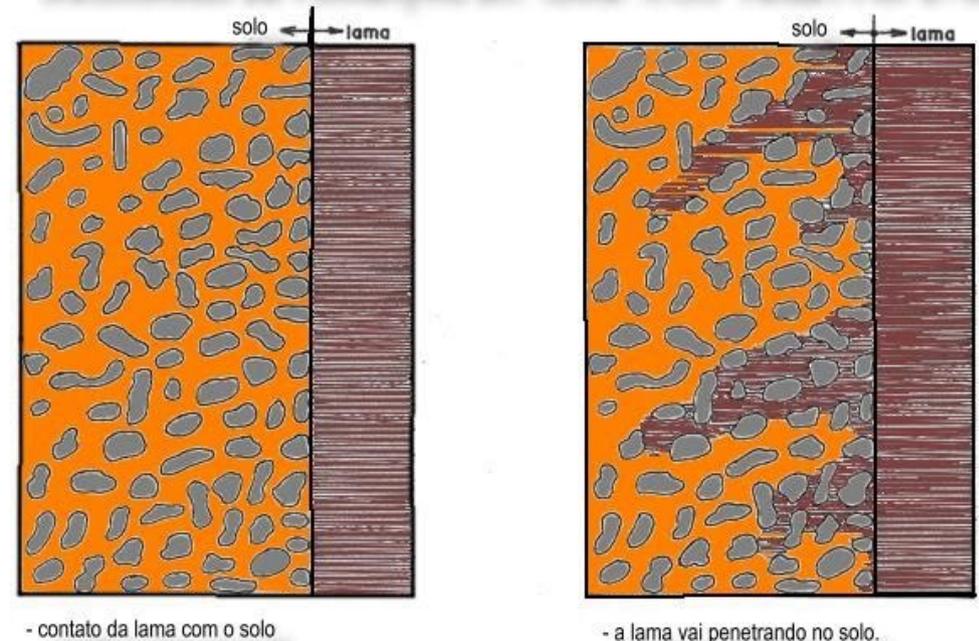
- Pode ser reciclada por meio de desarenação ou mistura com lama nova, para atingir os parâmetros recomendados, mas com o emprego continuado a lama pode perder a sua eficiência e deve ser totalmente trocada, de tempos em tempos;

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Características gerais da lama estabilizadora:

- Cria uma película impermeável nas paredes da escavação, chamada 'cake', formada pela penetração da lama nos vazios do solo, permitindo que a lama exerça empuxo contra as paredes da escavação, para estabilizá-la.

MECANISMO DE FORMAÇÃO DO "CAKE" E DO "FILME PROTETOR"



12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Vantagens:

- Baixo nível de vibração e ruído;
- O comprimento pode ser alterado para adaptar o projeto às variações do solo local;
- Pode ser instalada em grandes diâmetros;
- Pode ser executada em comprimentos longos.

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

Desvantagens:

- Em caso de solos compressíveis, pode ocorrer estrangulamento da seção;
- Sujeita a penetração de lama no concreto devido ao processo executivo.

12. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUIDO ESTABILIZANTE

NBR 6122:2010

ANEXO I – Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

“Estaca moldada in loco, armada, executada através da perfuração rotativa ou roto percussiva e injetada com calda e cimento por meio de um tubo com válvulas (manchete).”

NBR6122:2010

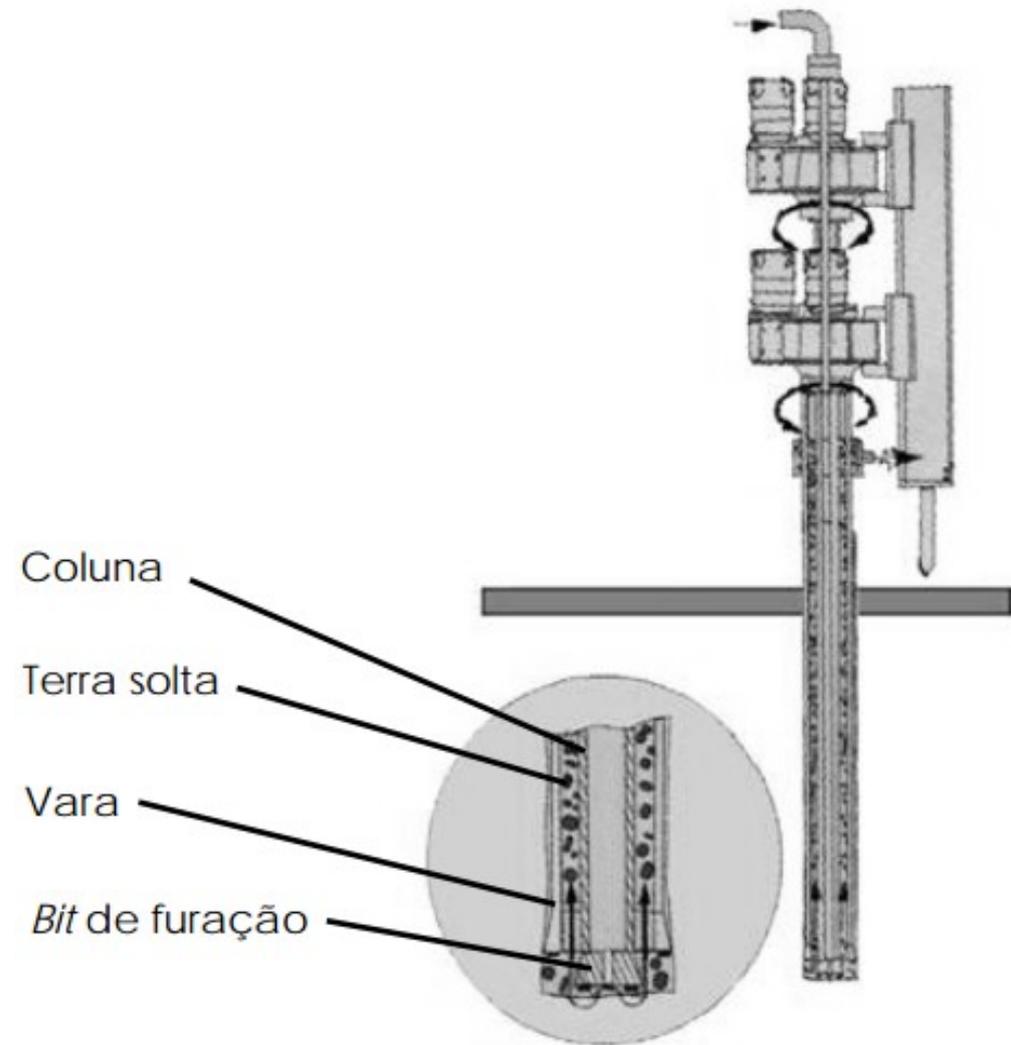
13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

Sequência executiva:

- 1) Marcação ou implantação;
- 2) Perfuração a trado ou varas e bit;

A remoção do solo é executada com jacto de água se se utilizar varas e bit (que também efetua a limpeza) ou extraída pela rosca do trado.

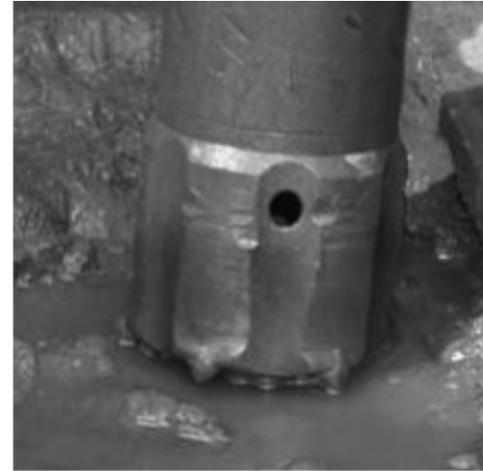
13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA



13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA



Varas de furação



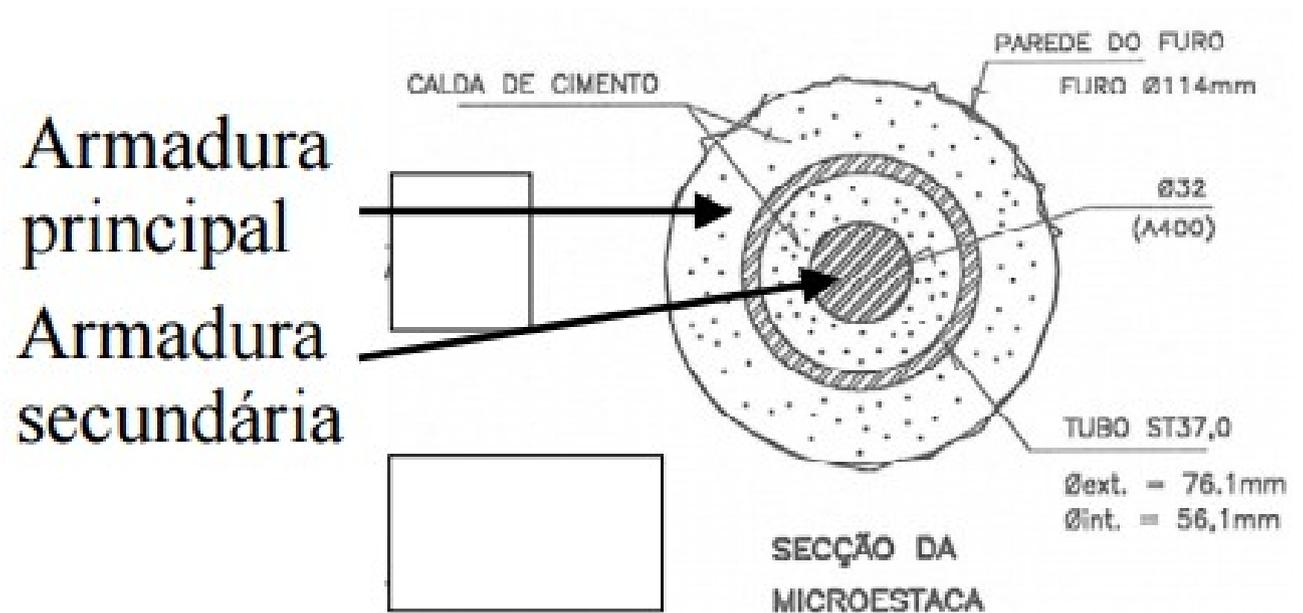
Bits ou cabeças de furação

13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

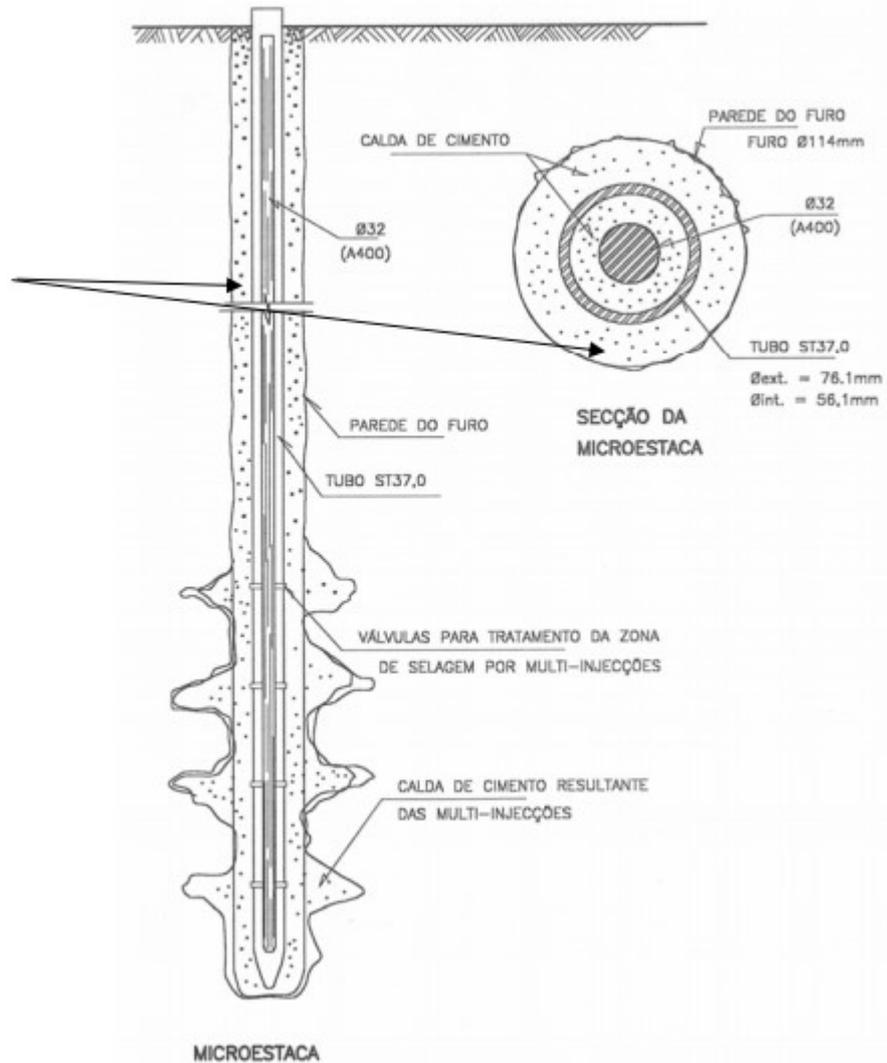
Sequência executiva:

3) Colocação da armadura e do tubo manchete;

4) Injeção da calda.



13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA



13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

Vantagens:

- Diâmetro reduzido;
- Melhoria do solo;
- Baixa vibração e ruído.

13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

Desvantagens:

- Firmas e mão de obra especializadas;
- Limitação da capacidade de carga em função dos pequenos diâmetros;
- Reduzida capacidade para transmitir cargas por ponta.

13. EXECUÇÃO DE ESTACA ESCAVADA COM INJEÇÃO OU MICRO ESTACA

NBR 6122:2010

ANEXO P – Estacas escavadas com injeção ou micro estacas - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Metodologia de execução:

- Cravação geralmente por meio de bate-estacas;
- Aplicação de golpes do martelo no topo da estaca: peso do martelo de 70 a 120% do peso da estaca;
- Uso de capacete para melhorar a distribuição das tensões e não danificar a estaca;
- Evitar altura de queda do martelo muito elevada pois pode ocasionar o esmagamento da cabeça da estaca.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Cravação por percussão: bate estacas: queda livre, martelo hidráulico.



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Cravação por vibração

- Martelo vibratório.

Cravação por prensagem

- Pressão na cabeça da estaca por macacos hidráulicos que reagem contra uma plataforma ou a própria estrutura.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Controle da cravação:

“**Nega (S)**: medida da penetração permanente de uma estaca, causada pela aplicação de um golpe de martelo ou pilão, sempre relacionada com a energia de cravação. Dada a sua pequena grandeza, em geral é medida para uma série de dez golpes.” *NBR6122:2010*

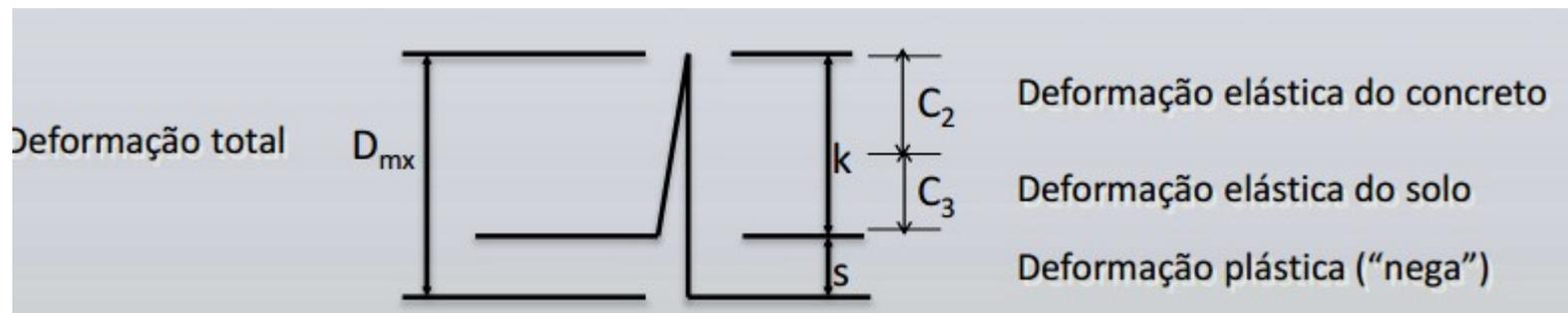
$$P_{mart} \cdot h_{queda} = P_{estaca} \cdot \eta_{nega} (1,00 \text{ a } 0,70)$$

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Controle da cravação:

“**Repique (k)**: medida parcela elástica do deslocamento máximo de uma estaca decorrente da aplicação de um golpe do martelo ou pilão.”

NBR6122:2010

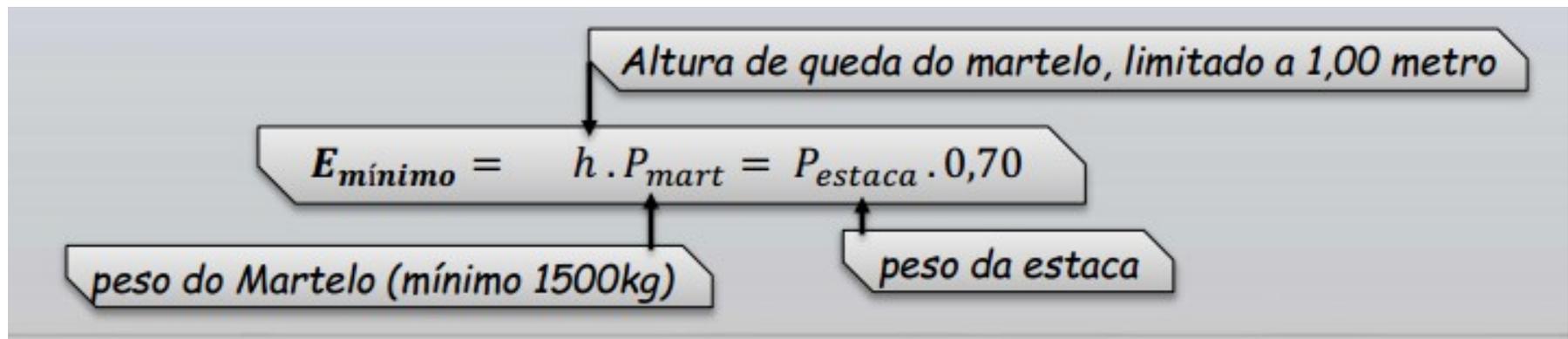


14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Durante a cravação da estaca deve-se executar o gráfico de cravação que consiste em contar a quantidade de golpes aplicado no topo da estaca por metro de cravação.

→A cravação deve ser executada com energia potencial constante em cada metro de queda.

→A energia mínima de cravação deve ser:



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Vantagens:

- Rapidez de execução;
- Limpeza da obra;
- Terreno na ponta fica compactado;
- Possibilidade de inspecionar a estaca antes da cravação;

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Vantagens:

- Controle de qualidade na execução da estaca;
- O nível d'água não afeta o processo construtivo;
- Grandes comprimentos;
- Podem ser instaladas a uma cota superior a do terreno.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Desvantagens:

- Mais onerosas;
- Dificuldade de ajuste do comprimento (concreto);
- Podem ser danificadas por excessiva energia de cravação;
- Inadequada em solos contendo elementos duros;
- Ruído.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

10.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

“Estaca cravada, constituída de elemento estrutural produzido industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos.”

NBR6122:2010

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

- Comprimento padrão;
- Cravabilidade: $N_{spt} < 40$ ou 50 ;
- Geralmente não requer pré-furo;
- Corrosão: espessura de sacrifício aprox. 1,5 mm;
- Emendas.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

Vantagens:

- Produtividade alta;
- Facilidade de manipulação devido ao pequeno peso das peças;
- Baixo nível de vibrações;
- Elevada resistência estrutural;
- Produto com qualidade estrutural certificada.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

Vantagens:

- Existência no mercado de grande número de formatos geométricos e bitolas, possibilitando a otimização entre as cargas atuantes e as cargas resistentes;
- Otimização das perdas devido à inexistência de quebras e possibilidade de emendas;

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

Vantagens:

- Fácil de ser emendada, não oferecendo dificuldade de ajustes no comprimento;
- Os pedaços cortados podem ser aproveitados;
- Uso de aço anti corrosivo.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.1 Estaca cravada metálica ou de aço:

Desvantagens:

- Poluição sonora;
- Restrição de comprimento e necessidade de emendas;
- Dificuldade em ultrapassar camadas mais resistentes;
- Custo alto;
- Não aconselhável em solo com presença de matacão.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

NBR 6122:2010

ANEXO C – Estacas metálicas ou de aço - Procedimentos executivos

Algumas diretrizes...

Peso do martelo mínimo = 10 kN

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.2 Estaca cravada pré-moldada ou pré-fabricada de concreto:

“Estaca constituída de segmentos de concreto pré moldado ou pré fabricado e introduzida no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou martelo vibratório. Para fins exclusivamente geotécnicos não há distinção entre estacas pré moldadas e pré fabricadas, e para os efeitos desta Norma elas serão denominadas pré-moldadas.”

NBR6122:2010

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.2 Estaca cravada pré-moldada ou pré-fabricada de concreto:

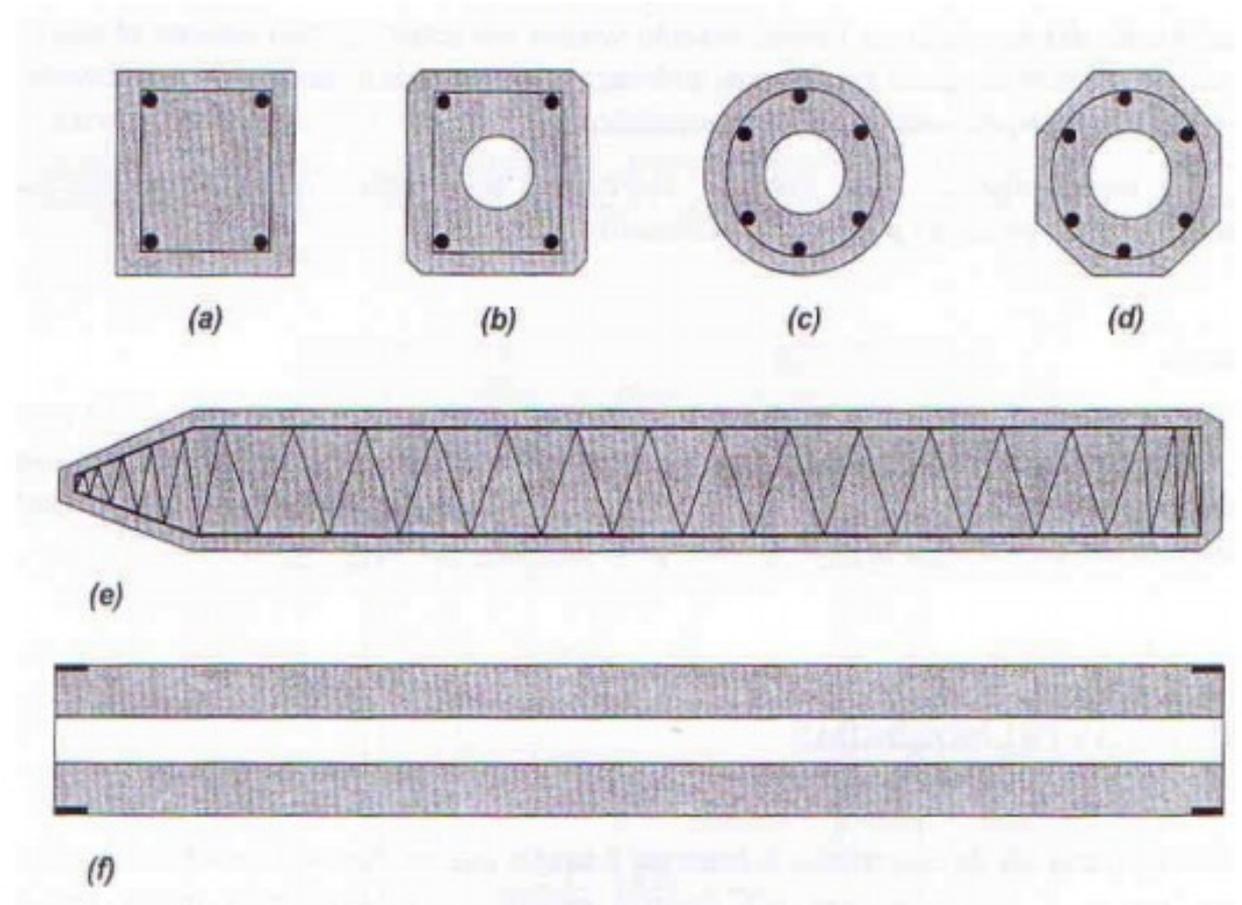
Pré fabricada ou Pré moldada:

- NBR 9062:2006 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.
- Pré-moldado: produzido fora do local de emprego e controle de qualidade menos rigoroso;
- Pré-fabricado: confeccionado externamente, forma industrial, padrão mais rigoroso, documentação, etc. produto.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS



Concreto armado e protendido



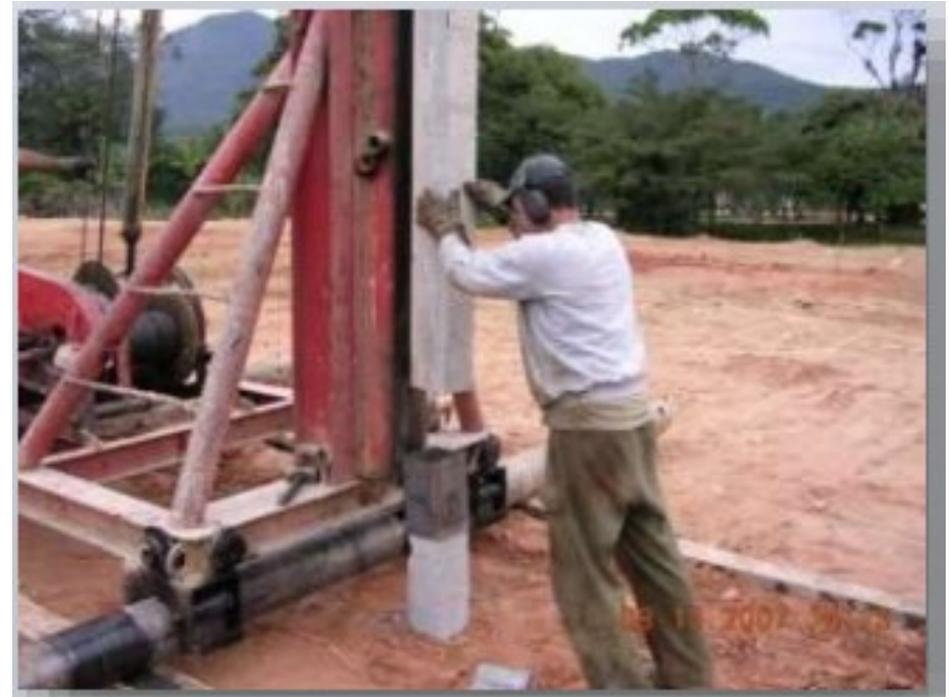
14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Emenda com solda:



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

Emenda com luva:



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

As estacas devem ser fornecidas à obra:

- Sem sinais de falhas de concretagem (bicheiras), retilíneas e de bitola constante;
- Fissuras limitadas.



14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.2 Estaca cravada pré-moldada ou pré-fabricada de concreto:

Vantagens:

- Durabilidade decorrente do controle de fabricação;
- Controle de qualidade a que elas são submetidas na sua fabricação e na sua cravação;
- Podem ser fabricadas em concreto armado ou protendido;
- Dependendo do fornecedor, a seção transversal da estaca pode ser maciça ou vazada: quadrada, redonda, sextavada, estrela, etc.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.2 Estaca cravada pré-moldada ou pré-fabricada de concreto:

Vantagens:

- Custo;
- Boa resistência a agentes agressivos;
- Suporta bem as alternâncias de secagem e umedecimento;
- Segurança na hora de ultrapassar camadas muito moles.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

14.2 Estaca cravada pré-moldada ou pré-fabricada de concreto:

Desvantagens:

- Comprimentos padrão de 4 a 12 m;
- Pesada e sensível ao transporte;
- Não aconselhável em solo com presença de matacão;
- Dificuldade de corte, emenda e adaptação as variações do terreno;
- Danos a edificações vizinhas (vibração) e durante a cravação.

14. EXECUÇÃO DE ESTACAS CRAVADAS

NBR 6122:2010

**ANEXO D – Estacas pré-moldadas de concreto -
Procedimentos executivos**

Algumas diretrizes...

Peso do martelo mínimo = 20 kN

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- 2) ABEF/ABMS (1996) Fundações - Teoria e Prática. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.
- 3) VELLOSO, D. & LOPES, F. R. Fundações. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 568 p.
- 4) Material de aula do professor Marcelo Medeiros – UFPR.
- 5) Material de aula do professor Douglas Bittencourt – PUC Goiás.