

# FUNDAÇÕES

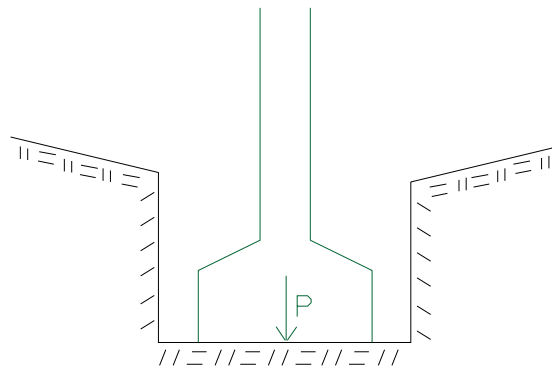
*“Elemento da estrutura encarregado de transmitir as cargas da edificação ao solo”*

## CLASSIFICAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

- ✓ diretas, indiretas
- ✓ superficiais (rasas), profundas

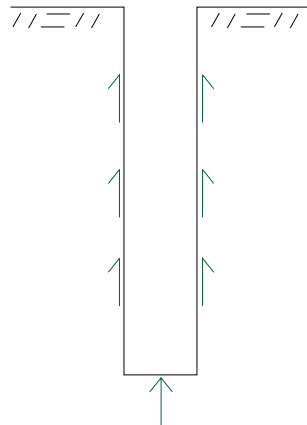
• FUNDAÇÕES DIRETAS	• SUPERFICIAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BLOCOS DE FUNDAÇÃO</li> <li>• SAPATAS</li> <li>• RADIER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>isoladas</li> <li>contínuas</li> <li>combinadas</li> <li>especiais</li> </ul>
	• PROFUNDAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TUBULÕES</li> <li>• CAIXÕES</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a céu aberto</li> <li>a ar comprimido</li> </ul>
• FUNDAÇÕES INDIRETAS	• PRÉ-MOLDADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>madeira</li> <li>aço</li> <li>concreto</li> </ul>	
	• MOLDADAS NO LOCAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Franki</li> <li>Strauss</li> <li>Rotativa</li> <li>Broca</li> <li>Injetadas</li> </ul>	

- Fundações Diretas: a carga é transmitida ao solo por pressões sob a base da fundação



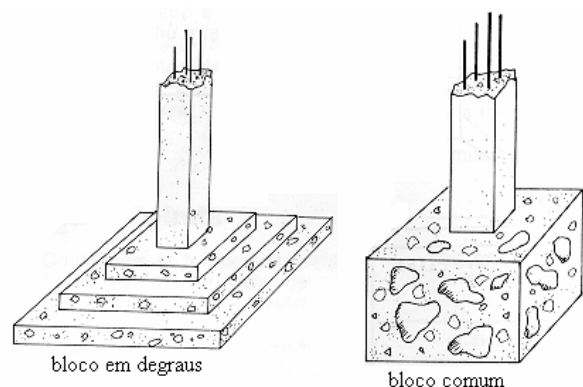
$$\tau = \frac{P}{\text{ÁREA}}$$

- Fundações Indiretas: a carga é transmitida pelas pressões sob a base e por atrito ou adesão ao longo da superfície lateral.



## BLOCOS DE FUNDAÇÃO

- grande rigidez
- concreto simples, ciclópico ou alvenaria de pedra
- resistem por compressão simples

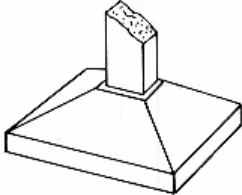


### Seqüência de execução:

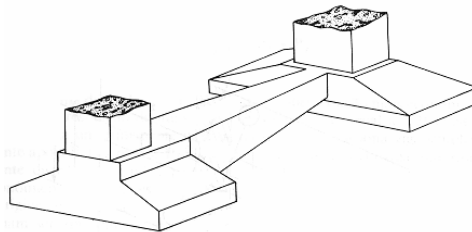
1. abertura da vala
2. apiloamento do fundo
3. lastro de concreto magro  $e = 5\text{cm}$  (cimento =  $150 \text{ Kg/m}^3$ )
4. montagem das fôrmas
5. concretagem

## SAPATAS

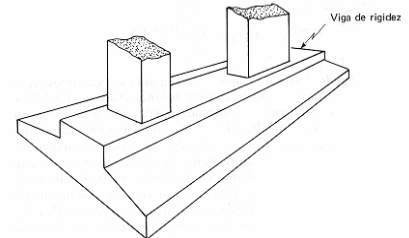
- ↘ pequena altura em relação à base
- ↘ alvenaria de tijolos, alvenaria de pedras, alvenaria de blocos, concreto armado
- ↘ trabalham à flexão



sapata isolada



sapata de divisa



sapata associada/sapata corrida

### Seqüência de execução:

1. escavação (abertura da vala)
2. apiloamento do fundo
3. lastro de concreto magro  $e = 5\text{cm}$  (cimento =  $150\text{ Kg/m}^3$ )
4. alvenaria de pedras: assentamento com argamassa (junta =  $3\text{cm}$ ); viga de respaldo
5. concreto armado: montagem da fôrma, concretagem

### Cuidados:

1. obediência ao projeto
2. cotas de assentamento diferentes
3. limpeza
4. concretagem
5. presença de água

## RADIER

- ↘ placa de concreto armado
- ↘ característica monolítica: minimiza recalques diferenciais
- ↘ solos moles
- ↘ custo inicial elevado



disposição da armadura

**Seqüência de execução:**

1. compactação e nivelamento do terreno
2. camada de areia nivelada ou lastro de concreto magro
3. camada de brita nº 2 compactada
4. colocação da armadura (malha)
5. sarrafos laterais
6. concretagem

**Cuidados:**

1. compactação do solo de apoio
2. espessura da laje
3. espaçamento da armadura
4. cobrimento de concreto
5. infiltração de água

## TUBULÕES

- ↘ fundação direta e profunda
- ↘ elementos: cabeça, fuste, base
- ↘ concretagem de poço aberto no terreno
- ↘ escavação manual ou mecânica
- ↘ alargamento da base
- ↘ a ar comprimido, a céu aberto

Armadura

- ↘ Tubulão sujeito à **compressão**: armadura na cabeça
- ↘ Tubulão sujeito à **flexo-compressão**: armadura ao longo do fuste

## TUBULÃO A CÉU ABERTO

- ↘ poço perfurado a céu aberto, com ou sem revestimento, manual ou mecânico
- ↘  $\phi$  mín = 70 a 80cm
- ↘ alargamento manual da base
- ↘ limitante: nível do lençol freático
- ↘ em solos **coesivos**, acima do NA.

### Tubulão a céu aberto com revestimento

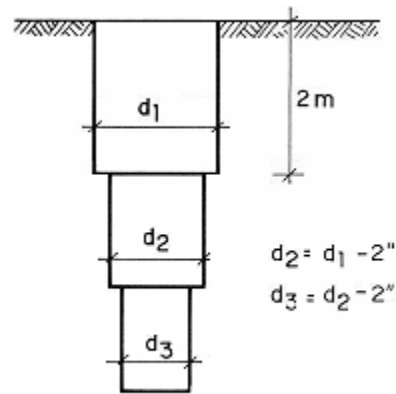
#### Tipo Chicago:

- ↘ poço aberto em etapas (escava/escora)
- ↘ alargamento da base com fuste revestido
- ↘ concretagem com retirada do revestimento



### Tipo Gow:

- ↘ “escora/escava”
- ↘ escoramento com tubos metálicos telescópicos
- ↘ escavação manual (pá e picareta)
- ↘ uso em solos **não coesivos** (areias), **acima do NA**
- ↘ **abaixo do NA:** esgotamento com bomba

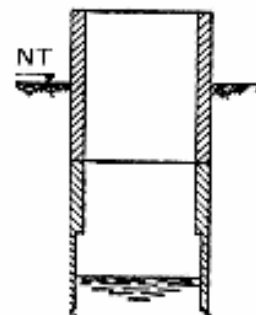
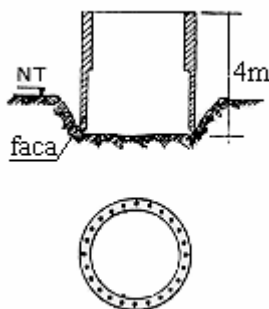


### TUBULÃO A AR COMPRIMIDO (Pneumático)

- ↘ locais com N.A. elevado, onde não seja possível o esgotamento da água
- ↘ injeção de ar comprimido mantém a água fora da perfuração
- ↘ encamisamento de concreto ou aço
- ↘ profundidade máxima: 34 metros abaixo do N.A. (3,4 atm) – **Mal do ar comprimido**

#### Tubulão a ar comprimido com encamisamento de concreto

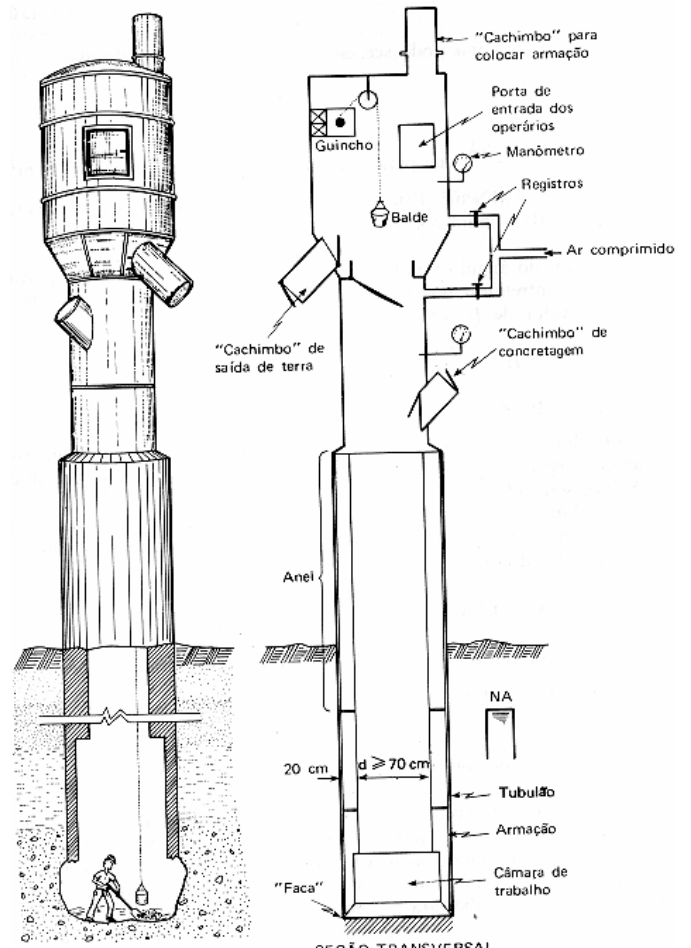
- colocação da camisa e escavação (manual ou mecânica) até o N.A. a céu aberto; escavação (manual) abaixo N.A., alargamento e concretagem da base (manual) sob ar comprimido.



Tubo com 4 metros de altura e >20cm de espessura, armado, concretado no local ou transportado

### Seqüência de execução:

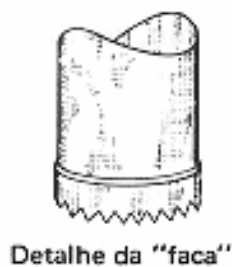
1. concretagem de tubo de revestimento
2. escavação interna manual
3. concretagem de novo tubo quando o primeiro nivelar com o terreno
4. instalação do equipamento de ar comprimido quando não for mais possível o esgotamento da água
5. alargamento da base com escoramento do revestimento de concreto
6. concretagem



### Tubulão a ar comprimido com encamisamento de aço

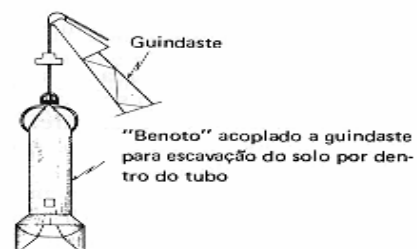
- a) *cravar a camisa*: martelo vibratório, percussão ou sistema *benoto* de cravação e escavação simultâneas
- b) escavação:
  - o até o alargamento da base, mesmo abaixo N.A.
  - o para alargamento, instalar equipamento de ar comprimido
  - o soldar novo tubo até atingir a cota desejada
  - o concretagem com retirada do revestimento OU
  - o camisa não-recuperável: conta como armadura. Descontar 1,5mm no dimensionamento (espessura da chapa): corrosão

### Sistema *benoto*



Detalhe da "faca"

Camisa metálica



Dispositivo para escavação

**Seqüência de execução:**

1. Posicionamento do equipamento com a “faca”
2. Movimento rotacional oscilatório da faca, com percussão – escavação simultânea
3. Solda de novos tubos de revestimento
4. Alargamento da base com ar comprimido
5. Concretagem com retirada do revestimento

**Vantagens:**

- ↘ ar comprimido somente no alargamento da base
- ↘ vedação da água pelo embutimento da camisa em camada impermeável (alargamento da base a céu aberto)
- ↘ camisa não recuperável: conta para armadura

**Cuidados com trabalho sob ar comprimido:**

- ↘ pressão máxima: 3,4 atm
- ↘ tempos de compressão e descompressão (lenta e progressiva)
- ↘ permanência de equipe médica à disposição
- ↘ renovação de ar garantida dentro da campânula

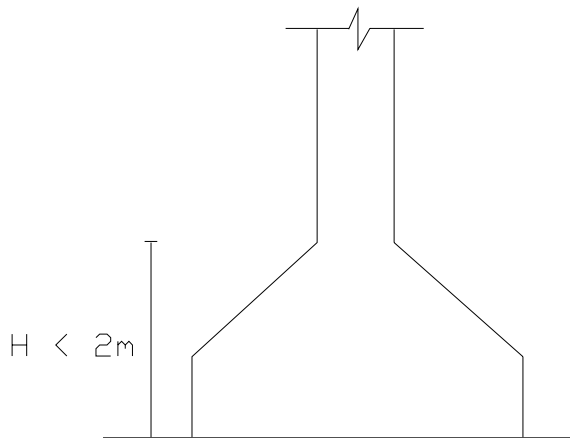
**CUIDADOS NA EXECUÇÕES DE TUBULÕES****↘ nível da água**

- tubulões escavados a céu aberto:
  - acima N.A. natural
  - acima N.A. bombeado
  - locais sem risco de desmoronamentos



### ➤ alargamento da base

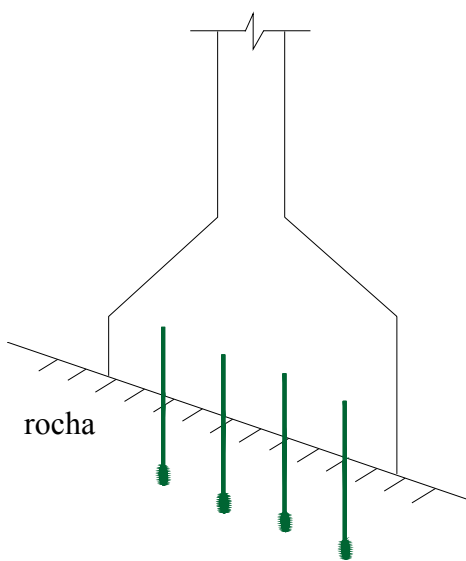
NBR 6122 – item 7.4.5.3



Para evitar desmoronamentos (solo instáveis):

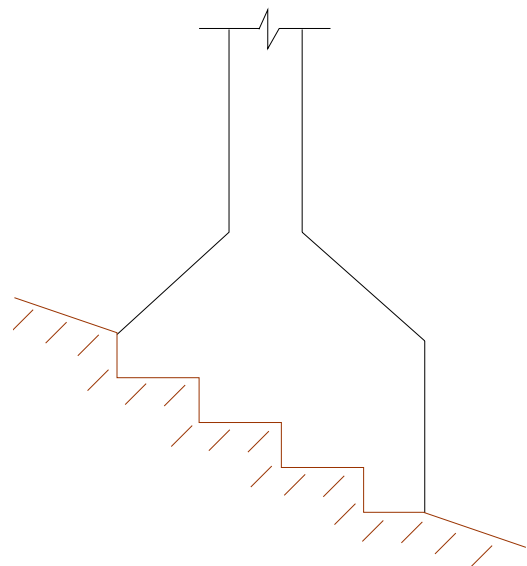
- injeção de nata de cimento
- aplicações superficiais de argamassa de cimento
- escoramento
- tempo entre alargamento da base e concretagem: < 24 horas
- inspeção **SEMPRE** antes da concretagem

### ➤ base sobre rocha inclinada



chumbamento

ou



escalonamento

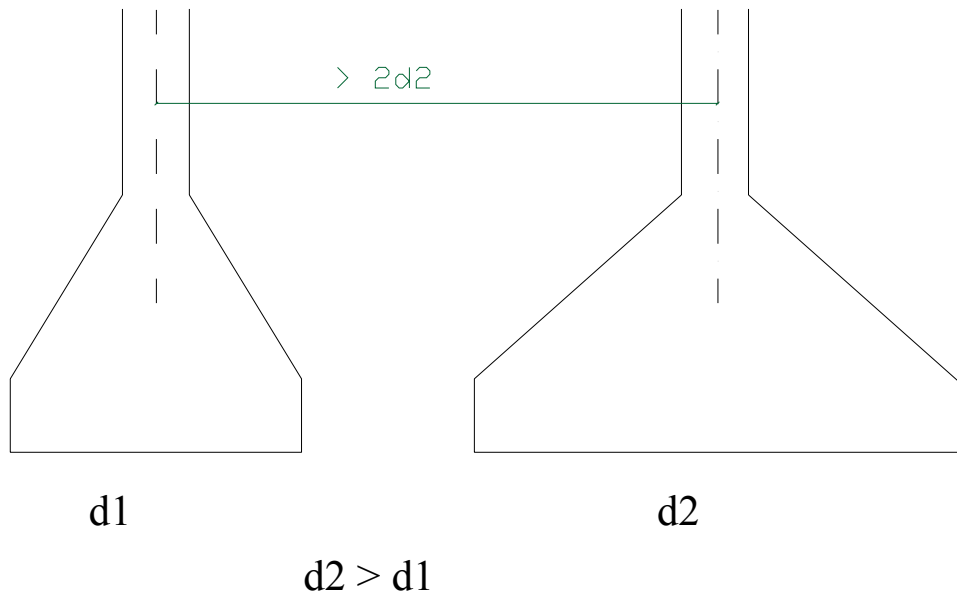
### ➤ tratamento na cabeça do tubulão

### ➤ limpeza do fundo da escavação

### ➤ concretagem com calha ou tremonha

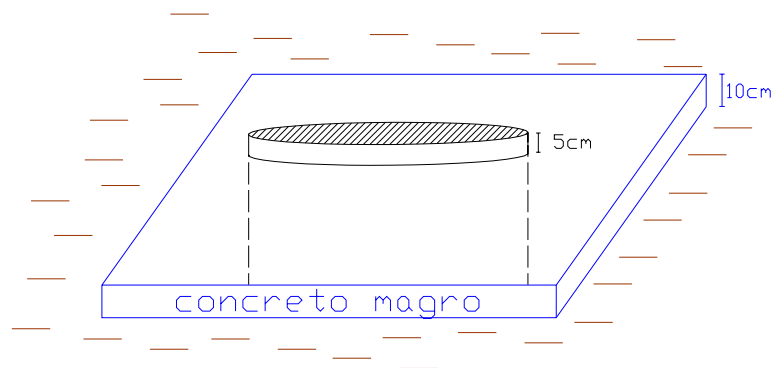
### ➤ choque do concreto com a armadura → segregação

✚ execução simultânea de tubulões muito próximos



✚ NBR 6122 – item 7.4.7.11

- Lastro de concreto magro e  $\geq 10\text{cm}$  para bloco de coroamento de ESTACAS e TUBULÕES; o topo dessa camada deve ficar 5cm abaixo do topo acabado da estaca ou tubulão.



## ESTACAS

- transmitem cargas a camadas profundas, contêm empuxos de terra, compactam terrenos através da vibração
- peças alongadas cilíndricas ou prismáticas, de madeira, metal ou concreto
- ESTACAS DE DESLOCAMENTO (cravadas): troncos de árvores, perfis metálicos, concreto pré-moldado; Franki
- ESTACAS ESCAVADAS (moldadas no local): Strauss, brocas, rotativas, injetadas de pequeno diâmetro
- Classificação segundo a forma de transmissão da carga ao solo: *estacas de ponta, estacas de atrito, estacas mistas, estacas flutuantes, estacas de tração, estacas de flexão*

## ESTACAS DE DESLOCAMENTO

### Estacas de madeira

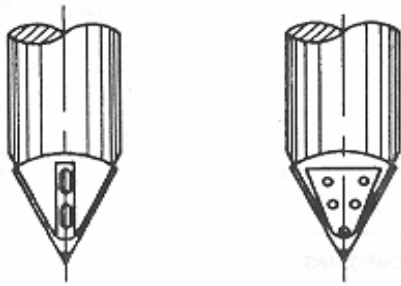
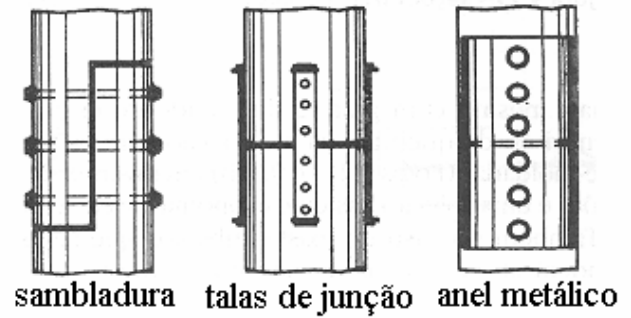
- elementos de fundação mais antigos: troncos de árvores cravados no solo com bate-estacas (elevada resistência às operações de manuseio)
- $\phi$  médio = 20 a 40cm; comprimento < 12 metros
- obras provisórias: *eucalipto*;
- obras permanentes: madeira de lei (*peroba rosa, aroeira, maçaranduba, ipê, braúna*)
- elevada resistência às operações de manuseio
- cargas admissíveis de estacas de madeira

Diâmetro (cm)	Carga (kN)
20	150
25	200
30	300
35	400
40	500

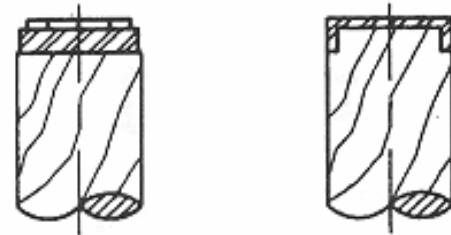
**Cuidados:**

- ✓ **apodrecimento** (acima do N.A.; ambientes marinhos)
- ✓ emendas
- ✓ vibração
- ✓ cravação

## TIPOS DE EMENDAS



REFORÇO DE PONTA



REFORÇO DE TOPO

**Estacas metálicas**

- perfis laminados ou soldados (H, I); trilhos simples ou múltiplos; chapas dobradas de seção circular (tubos), quadrada e retangular
- elevada resistência ao manuseio e cravação (trabalha bem à flexão)
- pouco deslocamento de solo: pouca vibração; fácil cravação
- carga máxima:
  - PERFIS - 400 a 700 kN
  - TRILHOS - 200 a 600 kN
- emendas: solda, luvas ou parafusos

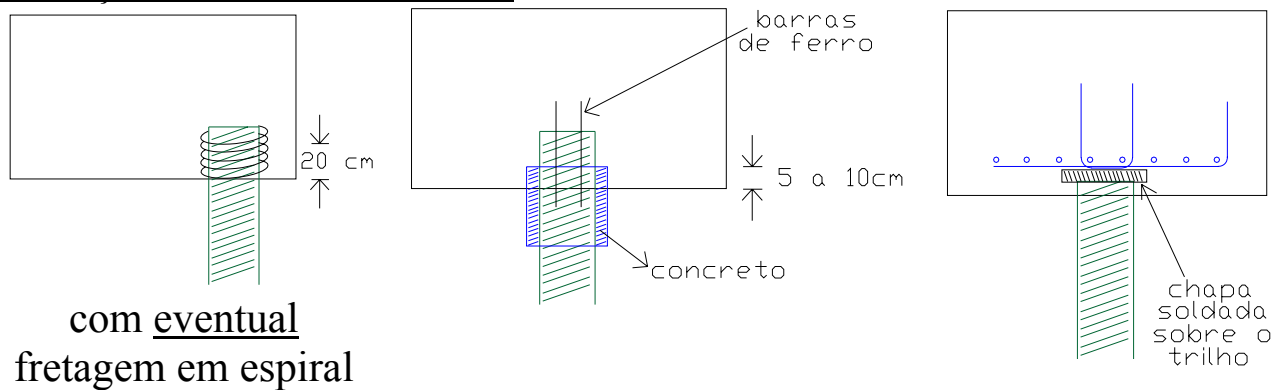
**Cuidados:**

- ✓ corrosão
- ✓ ligação estaca/bloco de coroamento
- ✓ cravação (encurvamento; prumo)



Corrosão:

- ✓ NBR 6122 – descontar 1,5mm da seção resistente se não protegida
- ✓ Locais agressivos: PROTEÇÃO: - encamisamento do concreto;  
- estaca mista;  
- pintura protetora

LIGAÇÃO ESTACA/BLOCOEstacas pré-moldadas de concreto

- controle de qualidade na confecção e cravação
- concreto armado ou protendido
- concreto adensado por vibração ou centrifugação
- cura a vapor
- seções mais comuns: circular (maciça ou vazada), quadrada, hexagonal, octogonal
- carga máxima: 300 a 3300 kN; comprimentos: 6, 8, 10 e 12 metros

**Cuidados:**

- ✓ içamento
- ✓ emendas
- ✓ cravação (proteção da cabeça; energia; choque excêntrico; nega falsa; prumo)
- ✓ elevação da superfície do solo



**Desvantagens:**

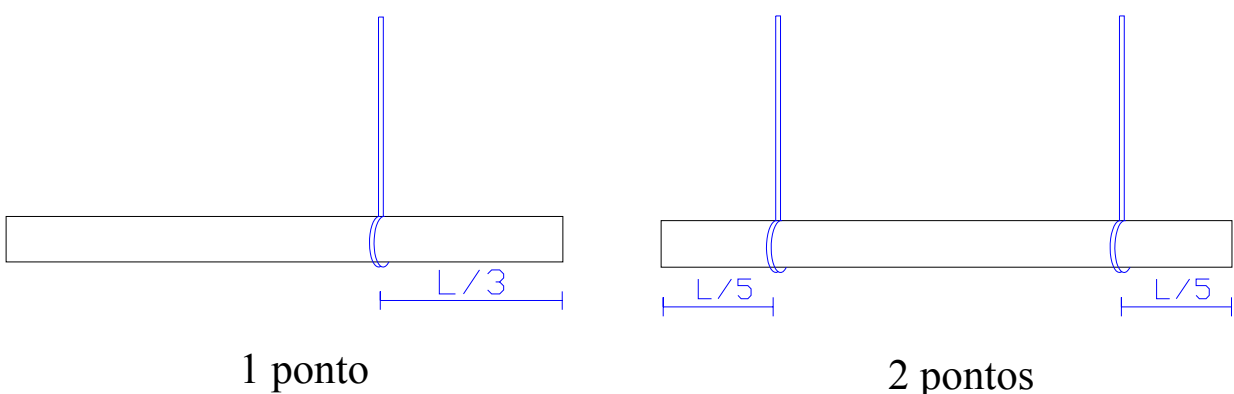
- ✓ vibração
- ✓ necessidade de armadura
- ✓ dificuldade de construir no comprimento necessário: emendas e arrasamento

**Cura a vapor de estacas pré-moldadas de concreto**

➤ ambiente de vapor de água (100% UR);  $T \approx 70^{\circ}\text{C}$ ; sob pressão ou não

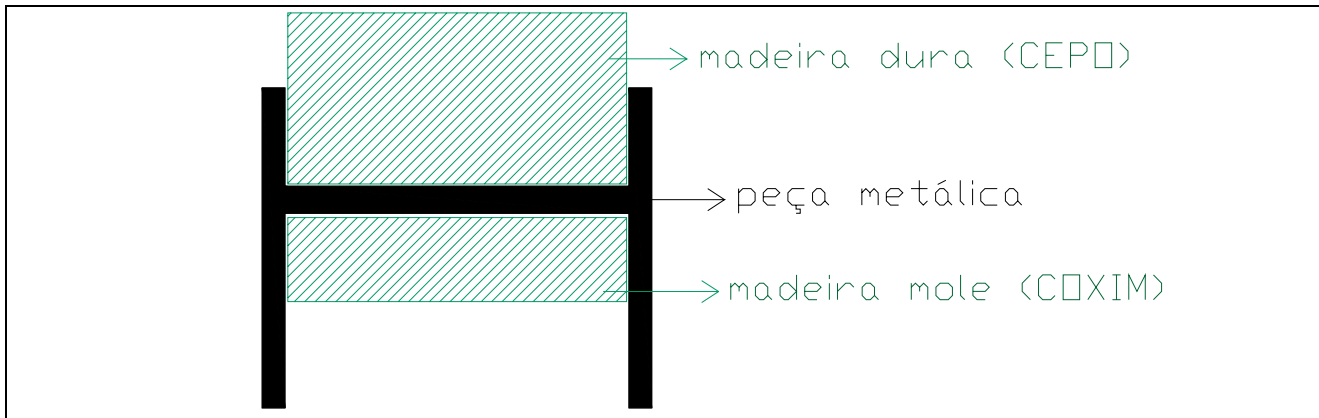
ALTA T  
ALTA UR } RÁPIDO ENDURECIMENTO  $\Rightarrow$  DESFORMA + RÁPIDA

➤ Resistência do concreto com 1 dia de cura a vapor = resistência do concreto curado 28 dias em câmara úmida

**Içamento de estacas pré-moldadas de concreto**

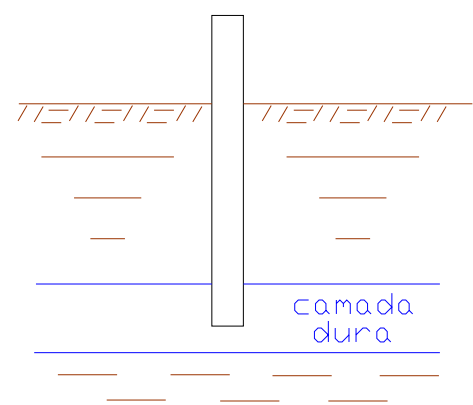
## Proteção na cabeça da estaca durante a cravação

↘ Amortece os golpes do pilão



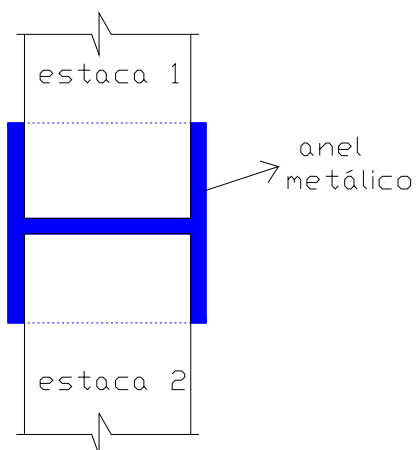
## Excesso de energia de cravação

- ↘ Danifica a cabeça ou a ponta
- ↘ Pode causar ruptura do fuste
- ↘ Para minimizar o problema:
  - Dispositivos de aço na cabeça e na ponta (ESTACA MISTA)
  - Pré-furação
  - Cravação com circulação de água

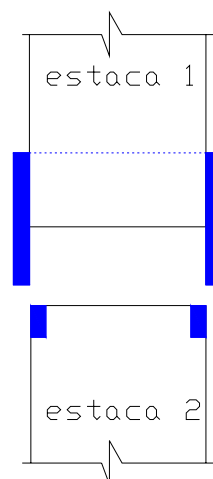


## Emendas

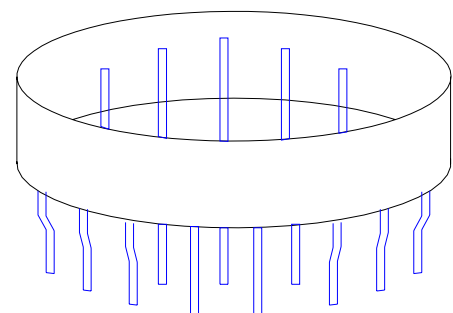
### Anéis metálicos\*\*



### Luvas de encaixe “macho e fêmea”\*\*



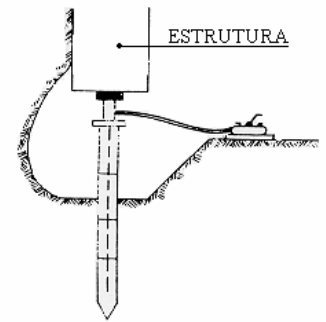
### Emenda soldável



\*\* Problemas de separação no caso de levantamento do solo por cravação de estaca adjacente

## **Estaca mega**

- ↘ reforço de fundações
- ↘ elementos pré-moldados justapostos ( $\lambda = 80\text{cm a } 5\text{ m}$ )
- ↘ macaco hidráulico com reação na estrutura (cravação por prensagem)



## **Estacas mistas**

- ↘ associação de dois materiais (concreto/metal, concreto/madeira)

## **ESTACA FRANKI**

- ↘ estaca moldada no local
- ↘ utilizada desde 1909; no Brasil, desde 1935
- ↘ cravação de tubo vedado com bucha de areia e brita; concretagem e retirada do tubo
- ↘ grande capacidade de carga: 55 a 170 toneladas;  $\phi$  entre 30 e 60cm
- ↘ superfície rugosa; verticais ou inclinadas

### **Seqüência de execução:**

1. posicionamento do tubo e lançamento de areia e brita para formar a *bucha*
2. compactação e expansão lateral da bucha através de golpes de pilão (pilão tipo “Franki”)
3. cravação do tubo através dos golpes do pilão na bucha
4. alcance da nega
5. fixação do tubo no guindaste, lançamento de concreto seco e apiloamento da bucha: base alargada
6. colocação da armadura e ancoragem na base alargada
7. concretagem do fuste: apiloamento do concreto com retirada do tubo
8. final: 30cm acima da cota de arrasamento



**Cuidados:**

- ✓ altura da bucha de concreto durante a concretagem
- ✓ levantamento da estaca
- ✓ vibrações

NÉGA = Penetração da estaca (mm), em um golpe, correspondente a 1/10 da penetração dos últimos 10 golpes.

Ex: Se  $\Sigma$  últimos 10 golpes = 30mm, então *néga* = 3mm.

**Estaca Franki tubada**

↘ revestimento perdido

**Estaca Franki com tubo aberto**

↘ presença de camadas resistentes intermediárias

**Seqüência de execução:**

1. cravação do tubo pelo apiloamento da bucha até profundidade determinada
2. retirada da bucha e escavação do solo resistente
3. execução de nova bucha
4. execução final como do modo standard

**Estaca Franki com perfuração prévia****Seqüência de execução:**

1. execução de pré-furo com perfuratriz para remoção do material resistente
2. colocação do tubo Franki dentro do furo, com bucha na extremidade
3. restante da execução do modo *standard*

**limitação:** abaixo do N.A.

**Estaca Franki mista****Seqüência de execução:**

1. execução pelo método *standard* até alargamento da base
2. ancoragem de estaca pré-moldada de concreto na base alargada
3. preenchimento do espaço entre a estaca e o solo com argamassa

## ESTACAS ESCAVADAS SEM LAMA BENTONÍTICA

- moldagem in loco após escavação, que é feita com ou sem revestimento
- dispositivos para escavação: sondas (ESTACAS STRAUSS), perfuratrizes rotativas (ESTACAS ROTATIVAS) ou trados mecânicos e manuais (BROCAS)

### **Estaca Strauss**

- estaca escavada, moldada no local
- utilizada desde o início do século
- escavação simultânea à introdução de revestimento (tubos metálicos rosqueáveis); concretagem com apiloamento e retirada do revestimento (com guincho manual ou mecânico)
- $\phi_n = 25, 32, 38, 45, 55$  e  $70\text{cm}$
- carga admissível = 20 a 80 ton
- concreto:

- estacas não armadas:

- consumo mínimo de cimento =  $300\text{ kg/m}^3$
- slump  $\approx 8\text{cm}$
- $f_{ck} = 15\text{ MPa}$

NBR 6122

↓

$f_{ck_{\min}} = 12\text{ MPa}$

$a/c = 0,55$

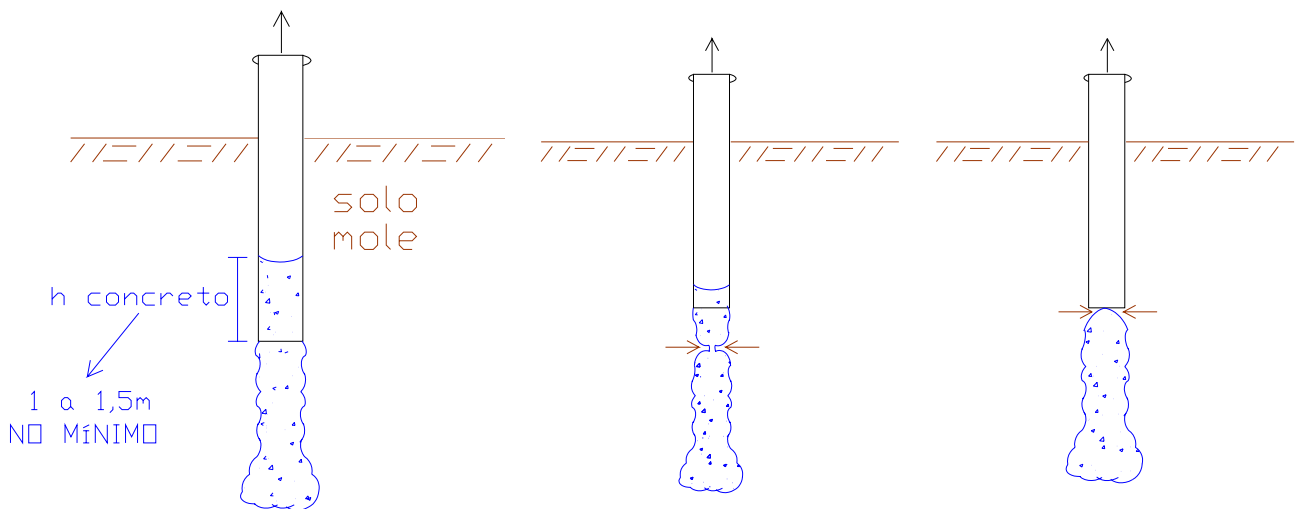
- estacas armadas:

- slump  $\approx 12\text{cm}$

### **Seqüência de execução:**

1. pré-furação no terreno com soquete  $> 300\text{ kg}$  (1 a 2 metros)
2. colocação do revestimento rosqueável com extremidade dentada (coroa), com a sonda Strauss no seu interior
3. escavação por percussão com auxílio de água, lançada manualmente
4. instalação de novos tubos até profundidade de projeto
5. limpeza e secagem do furo com a sonda
6. colocação da armadura
7. concretagem com apiloamento e retirada do revestimento (base alargada)
8. colocação da armadura de espera para o bloco

## Retirada do revestimento:



Velocidade excessiva de retirada ou  
h concreto pequena

*Concreto muito seco*  $\Rightarrow$  *adere ao revestimento*  $\Rightarrow$  **PROBLEMA NA RETIRADA**

### Vantagens:

- ✓ ausência de vibrações
- ✓ equipamento leve e pequeno: facilidade de locomoção dentro da obra
- ✓ execução em locais com pé-direito baixo
- ✓ execução com o comprimento desejado
- ✓ processo executivo investigatório (comparação com sondagem)
- ✓ execução próxima às divisas

### Cuidados:

- ✓ retirada do revestimento
- ✓ ponta da estaca (limpeza da escavação)
- ✓ prumo
- ✓ preparo da cabeça

### Limitações:

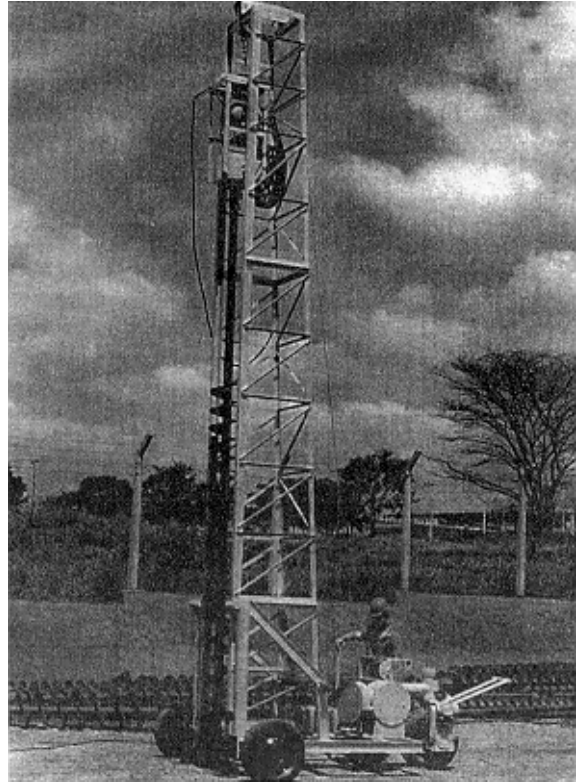
- ✓ solos moles saturados e areias submersas
- ✓ abaixo N.A., quando a sonda Strauss não conseguir retirar a água

## Estaca escavada mecanicamente com trado espiral

- ↘ escavação com trado
- ↘  $\phi = 20\text{cm}$  a 1,70m
- ↘ profundidade = 6 a 30 metros
- ↘ carga de trabalho = 20 a 80 ton

### **Seqüência de execução:**

1. instalação e nivelamento do equipamento
2. posicionamento da ponta do trado sobre o piquete de locação
3. rotação da haste (escavação)
4. apiloamento do fundo com soquete
5. colocação da armadura
6. concretagem com tremonha
7. vibração na cabeça da estaca
8. armadura de espera para o bloco



### **Vantagens:**

- ✓ mobilidade e produção do equipamento
- ✓ ausência de vibrações
- ✓ amostragem do solo escavado
- ✓ alcance da profundidade de projeto
- ✓ execução próxima às divisas

### **Cuidados:**

- ✓ ponta da estaca
- ✓ prumo
- ✓ estabilidade das paredes

### **Restrições:**

- ✓ uso apenas em solos coesos, acima do N.A.

## Estacas tipo Broca

- ↘ rudimentar
- ↘ pequenas cargas
- ↘  $\phi = 10$  a 50cm
- ↘ carga máxima = 10 a 12 ton
- ↘ comprimento até 8 metros

### **Restrições:**

- ✓ terrenos coesivos acima N.A.
- ✓ terrenos coesivos abaixo do N.A. onde a pressão de água não for muito grande (esgotamento possível)

### **Seqüência de execução:**

1. escavação por rotação do trado concha
2. limpeza do furo e retirada da água
3. concretagem até 50cm abaixo da cota de arrasamento
4. colocação da armadura de espera para o bloco

## **Estaca tipo hélice contínua**

- ↘ no Brasil desde 1987
- ↘ escavação com trado contínuo com concretagem pela haste central durante a retirada do trado
- ↘ 250 m/dia
- ↘  $\phi = 27,5\text{cm}$  a 1 metro
- ↘ comprimento até 25 metros
- ↘ cargas = 250 a 3900 kN

### **Seqüência de execução:**

1. perfuração pela rotação da hélice
2. concretagem por bombeamento do concreto pela haste central com retirada simultânea da hélice
3. colocação da armadura por gravidade, apiloamento ou vibração



### **Cuidados:**

- ✓ concreto: slump entre 200 e 240mm
- ✓ velocidade de extração da hélice e pressão de injeção do concreto CONSTANTES
- ✓ armadura: boa amarração dos estribos (solda)
- ✓ recobrimento

### **Vantagens:**

- ✓ execução em terrenos coesivos ou arenosos, acima ou abaixo N.A.
- ✓ atravessa camadas resistentes
- ✓ grande produtividade
- ✓ ausência de vibrações e descompressão do terreno
- ✓ dispensa o uso de lama bentonítica

### **Restrições:**

- ✓ ausência de matações ou rochas
- ✓ acessos planos
- ✓ central de concreto próxima
- ✓ comprimento da estaca e armadura

## ESTACAS ESCAVADAS COM LAMA BENTONÍTICA

- moldadas in loco
- escavação com emprego de lama bentonítica
- concretagem submersa, com tremonha, de baixo para cima

### Seqüência de execução:

1. instalação de camisa metálica no terreno ( $\ell = 1,5$  a  $2,0\text{m}$ ,  $\phi = \phi_e + 10\text{cm}$ ) ou de guia em concreto armado
2. escavação mecânica em presença da lama
3. colocação da armadura (somente na cabeça ou em todo o fuste)
4. limpeza do fundo (bombeamento da lama, circulação reversa ou “air lift”)
5. substituição ou reciclagem da lama
6. concretagem submersa (com tremonha)
7. arrasamento da estaca e preparo da cabeça



### Cuidados:

- ✓ contato íntimo entre parede guia e solo
- ✓ prumo
- ✓ nível da lama
- ✓ características da lama
- ✓ condições do subsolo x concentração da lama x necessidade de revestimento
- ✓ matacões
- ✓ camadas muito resistentes
- ✓ escavação em rocha
- ✓ limpeza do fundo da escavação
- ✓ lençol freático e características da água
- ✓ rigidez das armaduras
- ✓ deslocamento da armadura
- ✓ concretagem

## LAMA BENTONÍTICA

Lama bentonítica = água + bentonita sódica (3 a 8%)

### Características:

- ✓ demora para decantar as partículas
- ✓ formação de película impermeável (“cake”) sobre superfície porosa
- ✓ tixotropia (torna-se líquida quando agitada; “gelifica” quando em repouso)

### Exigências na escavação:

- ✓ contenção do fundo e das paredes da escavação por pressão hidrostática
- ✓ facilidade de deslocamento pelo concreto
- ✓ manutenção dos resíduos da escavação suspensos
- ✓ facilidade de bombeamento

### Avaliação do desempenho da lama:

- ✓ espessura e permeabilidade do “cake”
- ✓ peso específico (densidade)
- ✓ viscosidade
- ✓ teor de areia
- ✓ pH

## ESTACAS ESCAVADAS E INJETADAS

- ↘ estaca raiz, microestaca
- ↘ escavação com perfuratriz (rotação ou rolo – percussão com circulação de água)
- ↘ moldadas in loco
- ↘ fuste: contínuo, de argamassa de cimento e areia (nunca concreto)
- ↘ são armadas ao longo de todo o comprimento
- ↘ suportam alto carregamento ( $> 1000\text{kN}$ )
- ↘ maior nível de carga transmitida por atrito lateral (resistem tanto à tração quanto à compressão)
- ↘ aplicações: reforço, fundações de obras normais, estabilização de taludes, terrenos com matacões
- ↘ inclinações de 0 a 90°; diâmetros de até 50cm

### ESTACA RAIZ

#### **Seqüência de execução:**

#### 1. perfuração com tubos rosqueáveis e água, lama ou ar comprimido

*Há um dispositivo na extremidade do revestimento chamado sapata de perfuração, para diminuir o atrito do revestimento com o solo.*

*A água sobe à superfície pelo espaço anular entre o revestimento e o solo:  $\phi_{\text{final}} > \phi_{\text{tubo}}$*

*A lama pode afetar a aderência entre a estaca e o solo. A NBR recomenda: 1) a troca da lama antes de lançar a argamassa; 2) prova de carga*

#### 2. limpeza do furo com circulação de água

#### 3. instalação da armadura (barras de aço montadas em gaiolas ou feixe de barras com espaçadores para $\phi_{\text{revest}} < 16\text{cm}$ ) com guindaste auxiliar

#### 4. preenchimento com argamassa (de baixo para cima) com extravasamento: garante a substituição da lama ou água pela argamassa

*Tubo de injeção: PVC  $\phi 1,5$  ou  $1,25$ "*

#### 5. acoplamento de tampão (ligado a um compressor) para injeção de ar comprimido

#### 6. injeção de ar comprimido repetidamente (até 4atm), acrescentando-se argamassa (pois com a compressão o nível de argamassa vai baixando), com retirada simultânea do revestimento com macacos hidráulicos

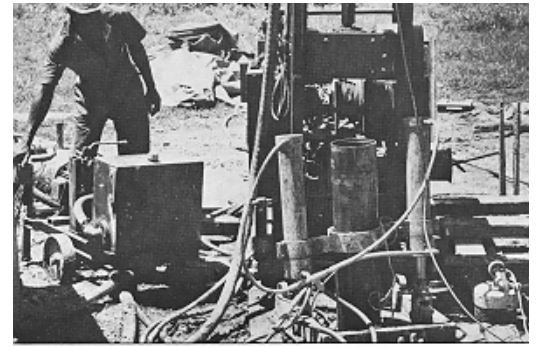




perfuração



colocação da armadura



retirada do revestimento

### Cuidados:

- ✓ posicionamento da armadura em tubo não revestido (com auxílio de roletes) para não bater nas paredes da escavação.
  - ✓ limpeza da perfuração no caso de usar lama na escavação ⇒ prejudica o ATRITO LATERAL
  - ✓ traço da argamassa
    - consumo mínimo de cimento =  $600 \text{ kg/m}^3$
    - traço mais comum ⇒ 1:2
      - 80l a 85l de areia;
      - 1 saco cimento (50 kg)
      - 22 a 25l água
- } Resistência  $\geq 20 \text{ MPa}$
- ✓ emendas das barras de armadura:
    - tração ⇒ luvas rosqueadas ou solda
    - compressão ⇒ traspasse

### Vantagens:

- ✓ equipamentos de pequeno e grande porte
- ✓ perfurações verticais e inclinadas
- ✓ perfuração de diversos materiais (alvenaria, concreto, rocha)
- ✓ mínima vibração e descompressão

## MICROESTACAS

- ✓ para obter altas pressões de ancoragem no solo
- ✓ com esse método executivo e altas pressões, a nata de cimento não sobe

### **Seqüência de execução:**

1. perfuração auxiliada com circulação de água ou lama (similar às estacas raiz)

2. instalação do tubo *manchete* (PVC ou aço) com válvula a cada metro

*Tubo manchete de PVC: deve ser envolto por armadura pois não contribui para a resistência da estaca. Pode-se armar o interior do tubo manchete, se preciso.*

3. execução da *bainha*: injeção de nata de cimento de baixo para cima no interior do tubo manchete, pela última válvula, até extravasamento, com retirada simultânea do revestimento

*Bainha: espaço anular entre o revestimento e o tubo manchete. Se a bainha for muito espessa, não se consegue abrir as válvulas manchete. (máx: 3cm)*

*CUIDADO:  $\phi$  tubo manchete  $\times$   $\phi$  revestimento  $\Rightarrow$  espessura da bainha*

4. injeção da nata de cimento em cada válvula, sucessivamente, de baixo para cima, pressão de até 3 atm.

*A injeção de calda de cimento só inicia depois do início do endurecimento da bainha (após 12h de conclusão da bainha)*

5. vedação do tubo manchete: preenchimento com argamassa ou nata de cimento

