

Agora vamos identificar os tipos de fundações que são usadas em nossas construções, pois sua importância é muito grande, já que toda a carga exercida pelo peso do prédio é transferida para esta parte da estrutura, que a repassa às camadas resistentes do solo, previamente detectadas pelo teste de sondagem e perfil do subsolo.

Para isso, nesta unidade, vamos dispor de 10 horas de aulas não-presenciais, e vamos fazer algumas atividades.

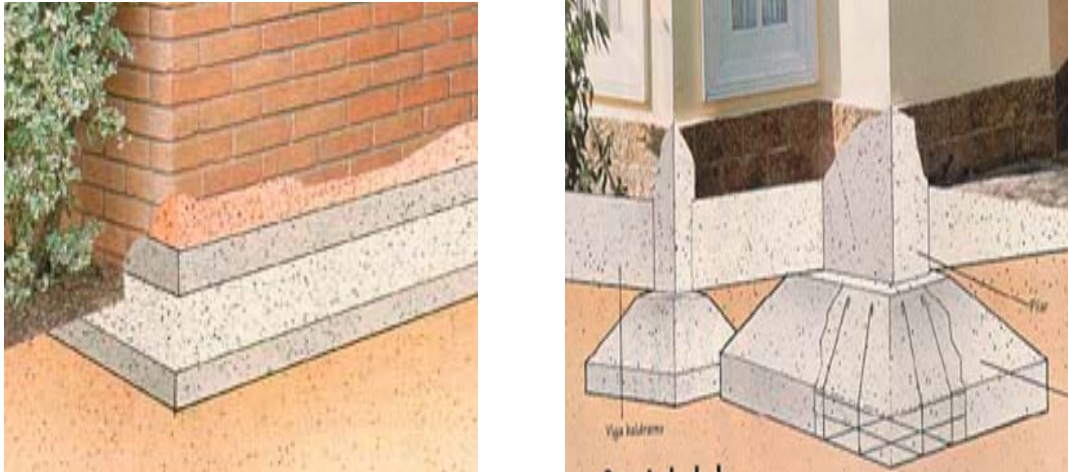


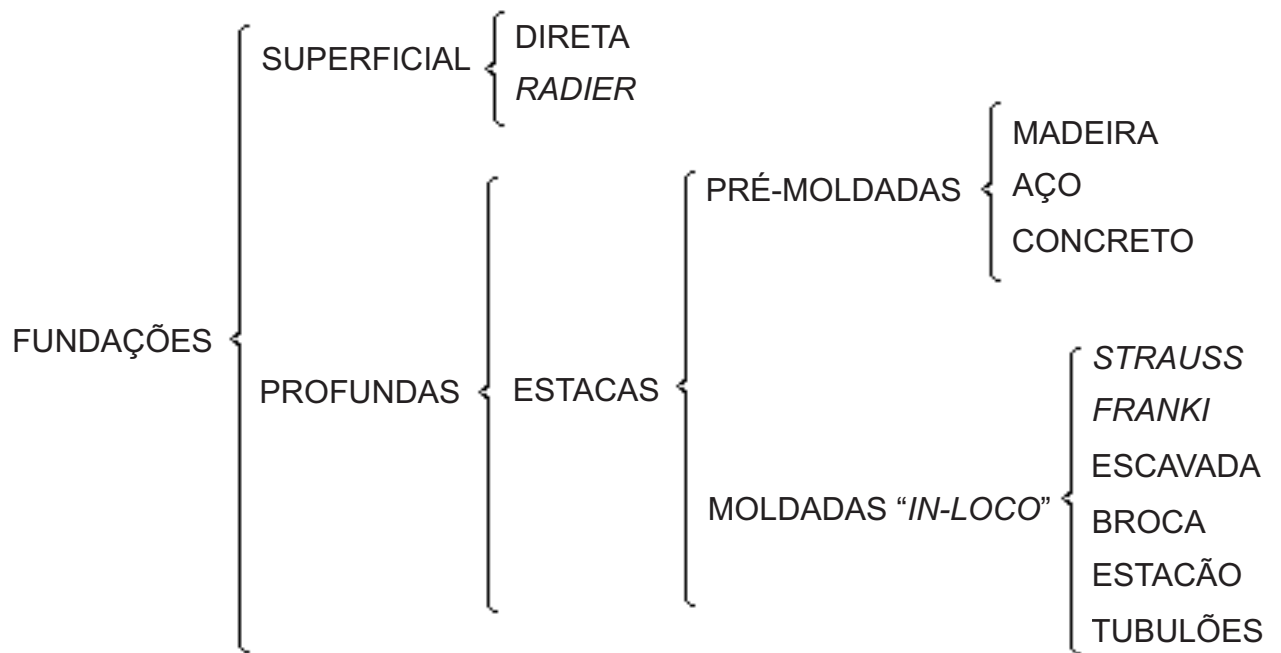
Fig. 11 – Fundações.

Fonte: Revista Arquitetura e construção, Jun. 2003.

4.1 INFRA-ESTRUTURA

É a conhecida fundação, responsável por suportar o peso da edificação, devendo ser assentada em solo firme, que é previamente determinado pelo serviço de sondagem.

As fundações se dividem, Diretas (Rasas e Profundas) e Indiretas (Estacas).



A fundação direta é assentada nas primeiras camadas do solo (em média até 3m), e a fundação profunda nas camadas mais profundas do solo, em virtude da resistência só ser alcançada em camadas de 10m ou mais. Para a escolha do tipo de fundação interessa, portanto, saber:

- Natureza e características do solo no local da obra;
- Disposição, grandeza e natureza das cargas a serem transferidas ao subsolo;
- Limitações dos tipos de fundações existentes no mercado e as restrições técnicas impostas a cada tipo de fundação;
- Fundações e condições técnicas dos edifícios vizinhos; e
- Orçamento completo (material, mão-de-obra, transporte etc.) das soluções e tipologias possíveis.

4.1.1 Fundações diretas ou rasas

- **Baldrames** – trata-se de fundação corrida em concreto simples ou pedra argamassada indicada para pequenas cargas, distribuídas linearmente sobre terreno superficial de médio a bom (tensão admissível acima de 0,2 MPa).

	Seqüência Executiva:
	<ul style="list-style-type: none">• Marcação do eixo e faces laterais no terreno;• Escavação até a cota de apoio prevista (desprezar a cobertura da capa vegetal);• Verificação se o solo previsto para a cota de apoio é compatível com a capacidade de carga estimada;• Execução de forma lateral (se preciso);• Concretagem – concreto ciclópico (pedra preta – tipo Pará), observar cuidados com a concretagem;• Execução do baldrame em concreto (armado ou não): cimento, areia, seixo, observar cuidados na execução do baldrame;• Execução da impermeabilização – evitar pontes de umidade;• Execução do aterro compactado; e• Execução da seqüência normal das atividades posteriores (alvenaria, lastro, contra-piso, piso etc.).

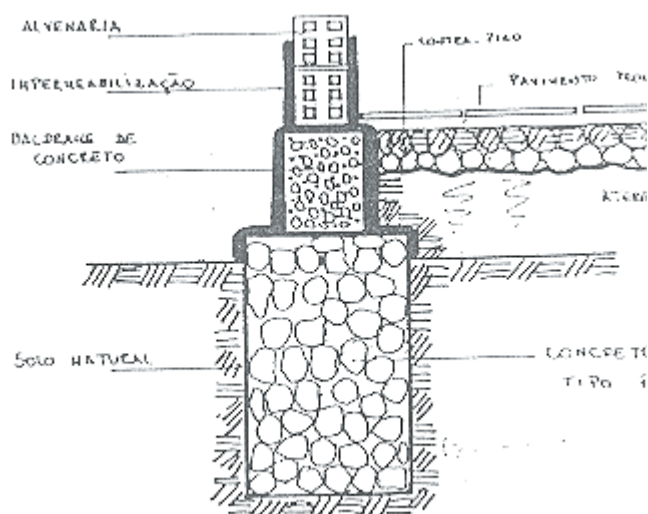



Fig. 12 – Fundação em concreto Ciclópico.
Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

- **Sapata** – elemento de concreto armado com espessura variável ou constante, com bases quadradas, retangulares ou trapezoidais.

	Seqüência Executiva:
	<ul style="list-style-type: none">• Marcação do eixo e faces laterais no terreno (base da sapata);• Escavação da sapata (com ou sem escoramento lateral);• Verificação se o solo previsto para a cota de apoio é compatível com a capacidade de carga do projeto;• Execução do lastro para apoio da base da sapata (pedra preta – tipo Pará);• Execução da forma da base da sapata;• Colocação de guias de madeira para a ferragem do pilarete de fundação;• Colocação das ferragens da base e ferragens dos pilaretes;• Limpeza do fundo da sapata;• Concretagem – concretagem do fundo (concreto vibrado) e posterior concretagem do tronco de pirâmide da sapata (dispensável uso de forma de madeira – concreto não vibrado); e• Desforma e reaterro.

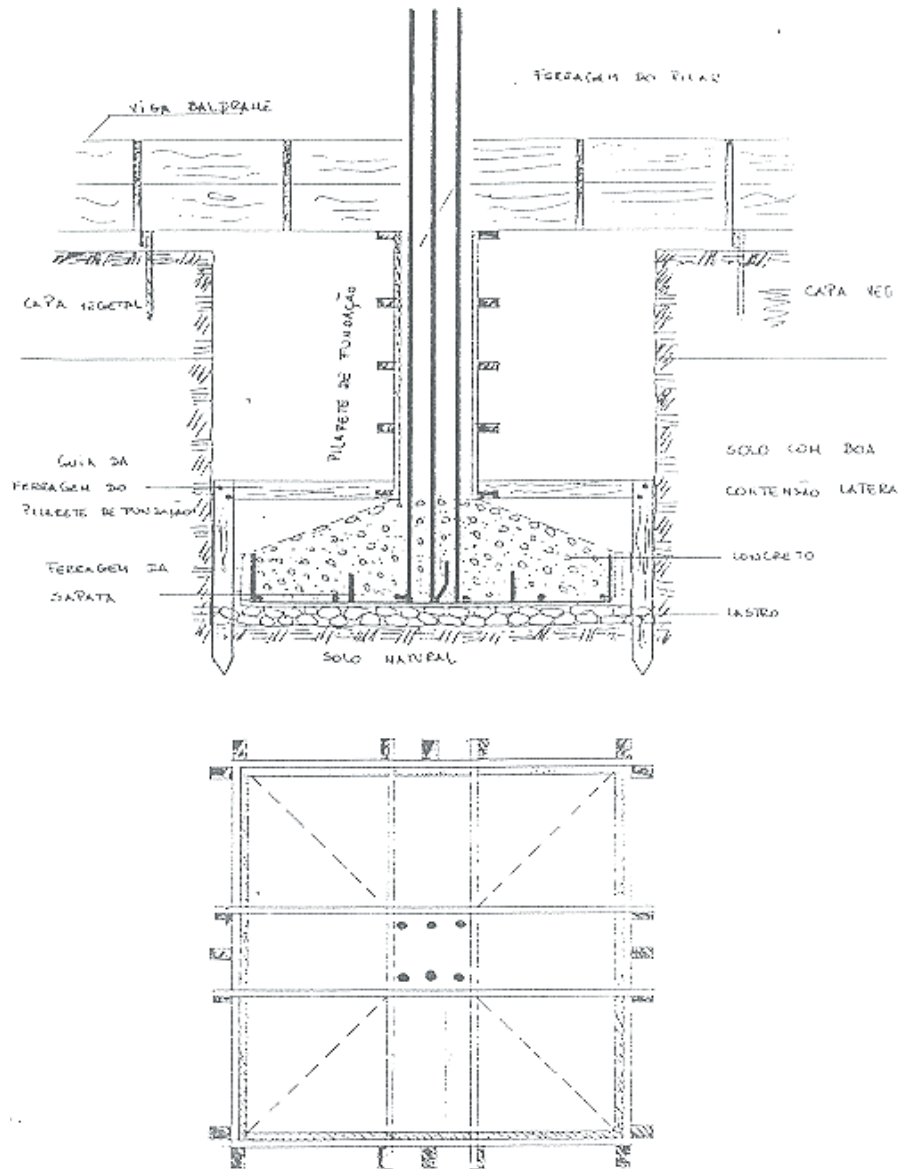



Fig. 13 – Sapata em concreto armado.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. Tecnologia das construções.

- **Bloco** – elemento em concreto sem necessidade de armadura de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto. Suas faces podem ser verticais, inclinadas ou escalonadas, com base quadrada ou retangular.

Os blocos e sapatas são indicados para cargas de valor significativo (soluções não resolvidas por baldrame) em terrenos com resistência igual ou superior a 0,1 MPa.

	Seqüência Executiva:
	<ul style="list-style-type: none">• Marcação do eixo e faces laterais no terreno (base da sapata);• Escavação do bloco (com ou sem escoramento lateral);• Verificação se o solo previsto para a cota de apoio é compatível com a capacidade de carga do projeto;• Execução da forma lateral do bloco;• Execução do lastro no fundo do bloco (concreto magro);• Colocação das ferragens do fundo (pé-de-galinha) e ferragens de espera do pilar;• Concretagem – concreto ciclópico (pedra preta – tipo Pará), observar cuidados com a concretagem; e• Desforma e reaterro.

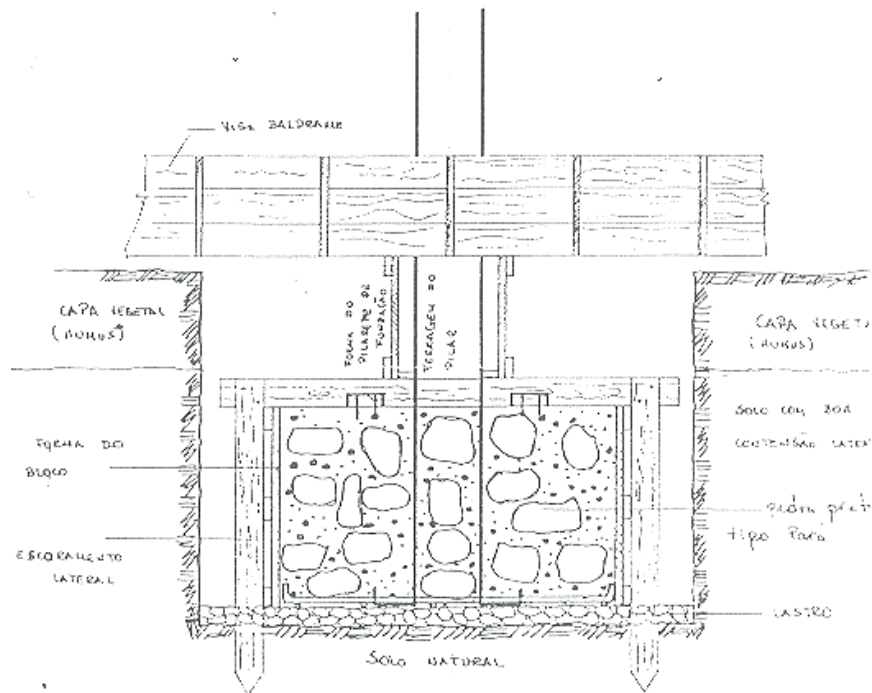


Fig. 14 – Bloco de concreto ciclópico.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

- **Sapata corrida ou contínua** – elemento de concreto armado com espessura variável ou constante, base retangular, quadrada ou trapezoidal comum a vários pilares cujos centros em planta sejam desalinhados.

Na execução da sapata corrida, após a abertura das cavas, coloca-se o lastro de concreto magro, faz-se o assentamento dos tijolos e, ao final, o coroamento da fundação com uma cinta de concreto. Nesta fase final, há que se cuidar da passagem para o esgoto e da perfeita impermeabilização.

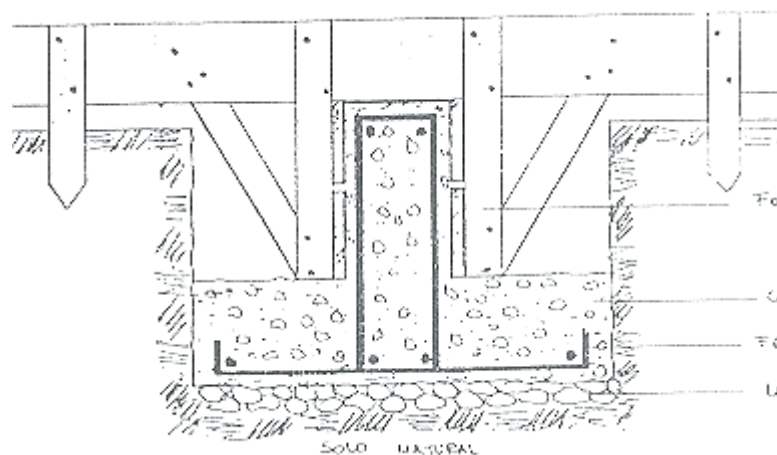


Fig. 15 – Sapata Corrida.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

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

É uma sapata associada, tipo laje armada, onde descarregam todos os pilares ou outras cargas. Recorre-se a esse tipo de fundação quando o terreno é de baixa resistência e a espessura da camada do solo é relativamente profunda.

- **Vigas de fundação** – elementos de fundação, em geral de concreto armado, na qual descarregam cargas distribuídas ou de vários pilares alinhados.

Pontos positivos das fundações superficiais:

- solução trivial com recursos da obra;
- baixo custo;
- não provoca vibrações.

Desvantagens:

- problemas nas escavações junto às divisas;
- limitações para cargas muito altas;
- solução artesanal com alto consumo de mão-de-obra.

4.1.2 Fundações indiretas ou profundas

Neste caso, o comprimento é preponderante à seção. As fundações profundas podem ser ESTACAS ou TUBULÕES. E têm a função de transmitir as cargas da fundação para as camadas mais profundas do solo.

Duas são as razões que levam ao seu emprego: técnicas e econômicas. É preferido o uso de estacas, por exemplo, quando a taxa admissível do terreno for inferior ao carregamento transmitido pela estrutura e quando a fundação direta ficar sujeita ao recalque incompatível com a estrutura a ser construída.

4.1.2.1 Tubulões

São fundações profundas a céu aberto, também chamado de estacas de grandes diâmetros. O sistema de escavação pode ser manual ou mecânico. Em ambos os casos, o poço é aberto até encontrar terreno firme, onde, então, a base é alargada para a concretagem da base do tubulão.

A escolha do tipo de tubulão é feita em função do tipo de terreno a ser penetrado, da posição do nível d'água, do custo e do prazo disponível para a execução das fundações.

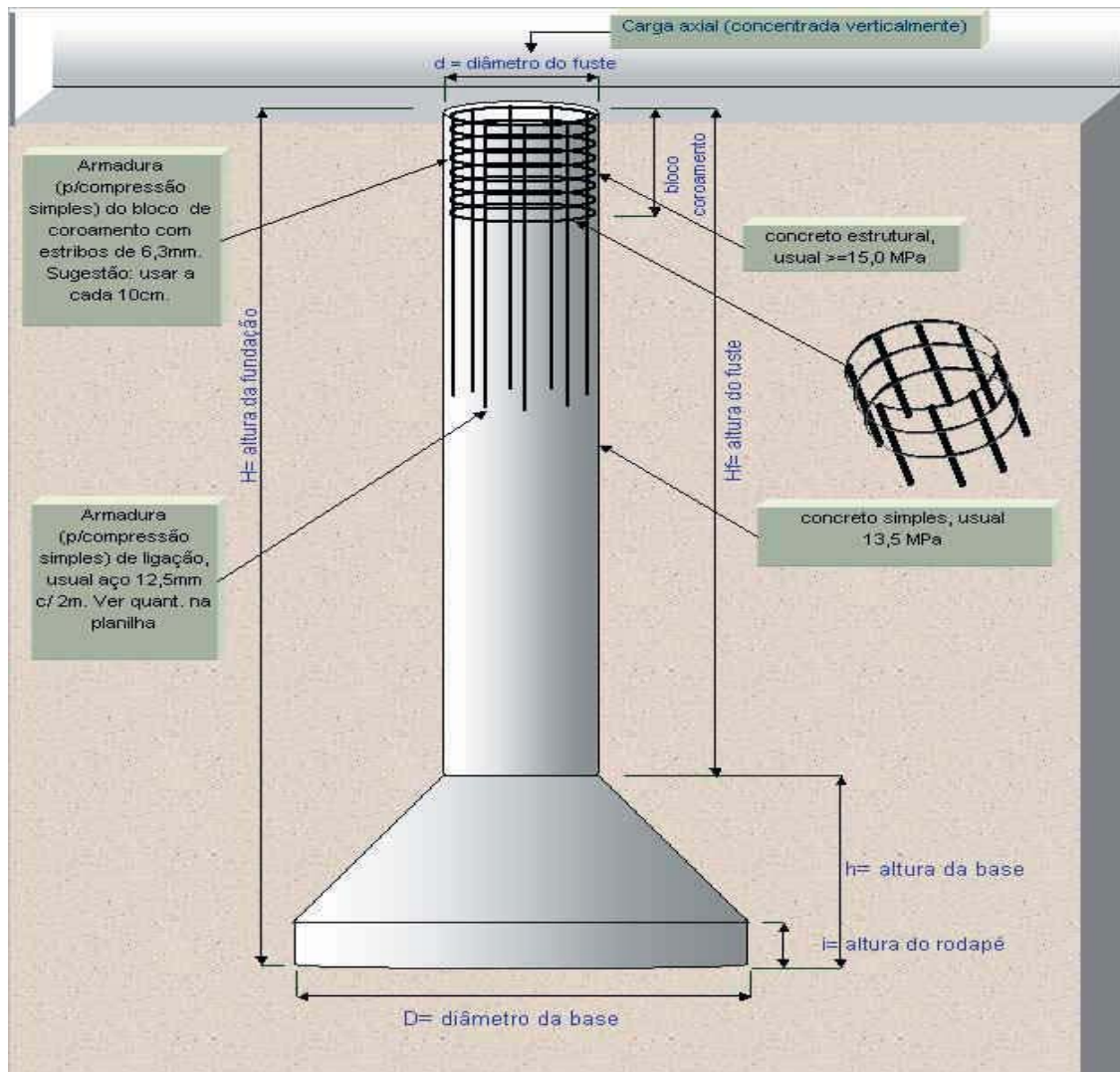



Fig. 16 – Tubulão.

• **Tubulão a céu aberto** – pode ser usado em terreno suficientemente coesivo e acima do nível d'água, dispensando o escoramento. O diâmetro depende da carga e do modo de execução, mas sendo aberto manualmente, o diâmetro mínimo é de 70 a 80 cm, a fim de que, o poceiro possa trabalhar livremente.

	<p style="text-align: center;">Seqüência Executiva:</p> <ul style="list-style-type: none">• Transferência do eixo do tubulão para o terreno;• Marcação da circunferência que delimita o fuste;• Escavação do fuste até a cota de apoio do tubulão (cota prevista) – verificação permanente do prumo;• Verificação se o solo na cota prevista é compatível com a capacidade de carga do projeto;• Liberação para a abertura da base ou continuação no avanço da escavação até o solo compatível com a capacidade de carga do projeto;• Abertura da base do tubulão;• Liberação para a concretagem;• Concretagem – observar cuidados com a concretagem do tubulão;• Colocação da ferragem de espera para o bloco de transição; e• Final da concretagem.
---	---

- **Tubulão tipo Chicago** – o poço é aberto por etapas. Numa certa profundidade, colocam-se pranchas de escoramento mantidas na posição por travamentos de anéis metálicos. Escorado o novo trecho, escava-se o novo terreno escorando-se como anteriormente, repetindo-se esta seqüência até atingir o terreno onde será feita a base.

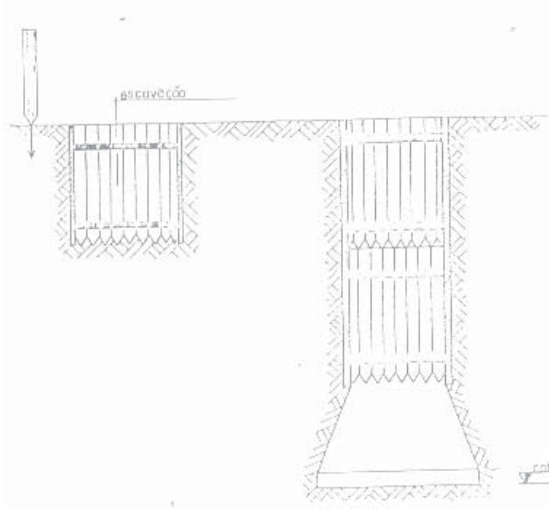


Fig. 17 – Processo escavação – Tubulão chicago.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

- **Tubulão pneumático** – utilizados em terrenos com muita água, mantendo-a afastada da câmara de trabalho por ar comprimido. A execução de um tubulão a ar comprimido difere conforme se use o método clássico, com elementos de concreto ou o equipamento benoto, com tubos de aço.

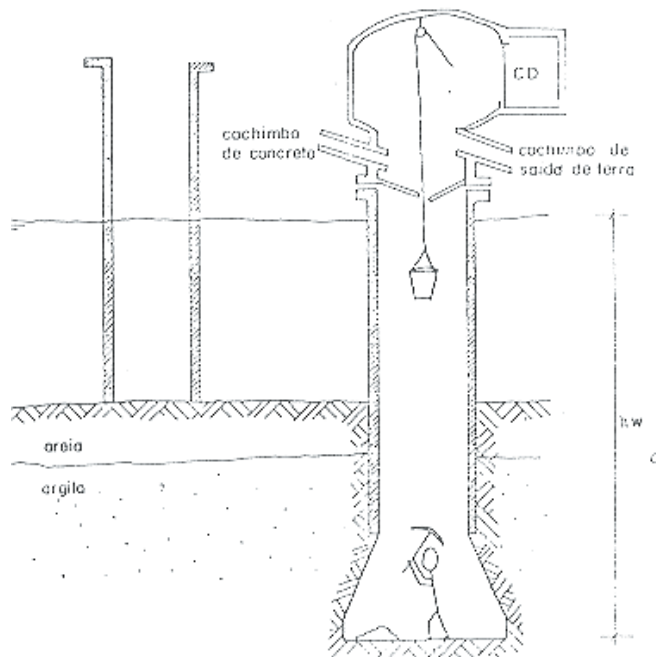


Fig. 18 – Escavação tubulão pneumático.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

Pelo método clássico, iniciam-se os trabalhos com a concretagem de um tubo de diâmetro variando conforme a capacidade do tubulão. Após a retirada das fôrmas e escorado o tubo, o operário penetra na câmara e inicia a escavação de um poço central.

Ao atingir certa profundidade a escavação prossegue a fim de deslocar o tubulão e permitir que o mesmo desça sob a ação do seu próprio peso. Assim, se prossegue até que o topo do primeiro elemento tenha atingido o nível do terreno, concretando-se então, outro elemento sobre o primeiro. Reiniciam-se as escavações, a fim de se escavar o segundo elemento.

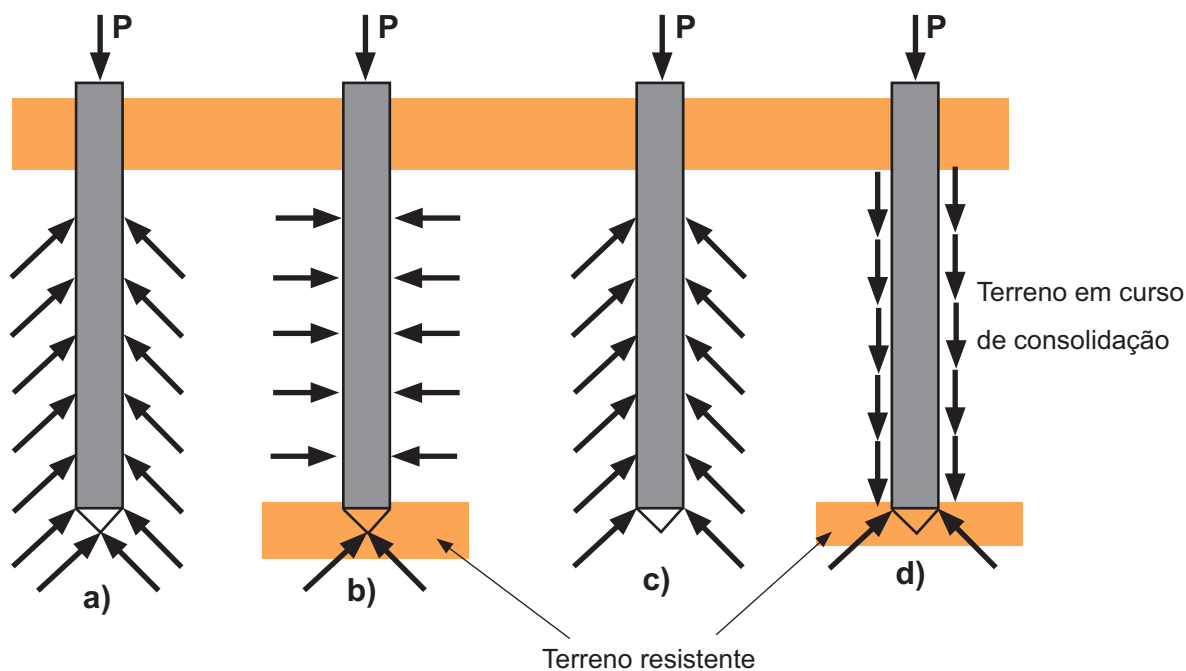
As operações descritas repetem-se até que se atinja o nível da água, a partir do qual ainda se prossegue em certo trecho, retirando-se água por bombeamento. Quando isso não for mais possível, instala-se o equipamento para introduzir ar comprimido, permitindo a entrada e saída de operários do tubulão. Tal sistema apresenta a desvantagem da alta periculosidade.



É muito comum encontrar residências com problemas de penetração de água pelas fundações. Parte da água atinge as fundações pela lateral e parte pela base. A especificação do material a ser utilizado na impermeabilização das fundações depende da tipologia das mesmas e do meio no qual elas estão inseridas. Deve-se impedir que a água atinja a base das paredes revestindo parte das fundações com argamassa que contenha impermeabilizante líquido e tinta betuminosa. Um detalhe que deve ser lembrado refere-se à impermeabilização dos pisos que estiverem em contato com o solo.

4.1.2.2 Estacas

Dependendo do apoio oferecido pelo solo circundante, as estacas podem ainda ser classificadas como de Ponta, resistindo apenas às reações exercidas pelo terreno sobre a ponta da estaca; ou de Atrito, que resistem ao atrito das paredes laterais da estaca contra o terreno, estas últimas são também chamadas de estacas Flutuantes.



Tipos de estacas quanto a resistência do terreno

Fig. 19 – Estacas.

A maior parte das estacas é vertical, mas quando é necessário que resistam a esforços horizontais, podem ser cravadas de forma inclinada. A inclinação máxima possível dessas estacas depende do equipamento de cravação a ser utilizado, e pode atingir até 45°.

As estacas mais antigas conhecidas são as de madeira, que foram utilizadas desde a pré-história, na construção de palafitas. Os tipos de estacas podem ser de madeira, concreto, aço ou uma combinação desses materiais.

- **Estacas de madeira** – as estacas de madeira nada mais são que troncos de árvores, bem retos e retangulares que se cravam no solo. Elas são empregadas somente em terrenos saturados e abaixo do nível de água subterrâneo, que condicione sua total imersão. As qualidades que a madeira deve atender são: **durabilidade** e **resistência ao choque**. Aqui em Belém as madeiras que melhor se adaptam a este fim são madeiras de Lei, tais como a maçaranduba e o matá-matá.

As estacas de madeira completamente submersas não se estragam, sendo capazes de durar séculos. Mas quando sujeitas à variações de umidade, deterioram rapidamente. O apodrecimento das estacas é devido a vários fatores:

- Envelhecimento da madeira, provocado por fungos;
- Ataque de insetos, provocados por cupins;
- Ataque de animais marinhos, como crustáceos e moluscos; e
- Desgaste mecânico.

As vantagens são:

- Baixo preço, fácil emenda, boa resistência aos esforços dinâmicos de cravação, resistente aos esforços de levantamento e transporte.

As desvantagens podem verificar:

- A difícil tarefa de encontrar (árvores retilíneas e compridas), limitação de carga e comprimento.

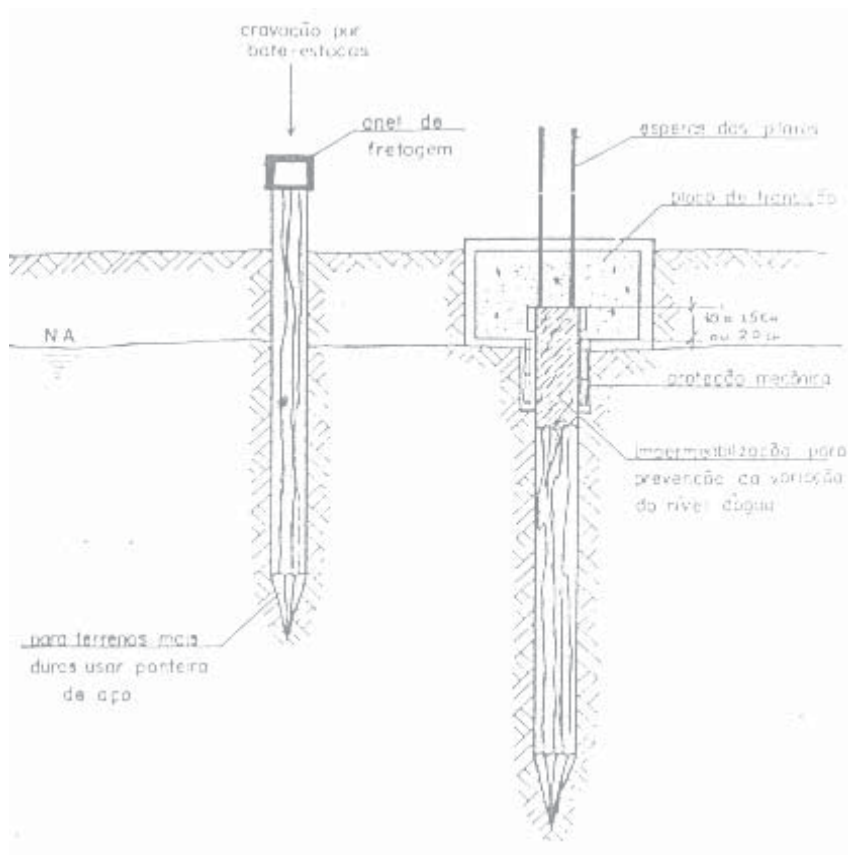


Fig. 20 – Estacas de madeira.

Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções**.

- **Estacas pré-moldadas de concreto** – a grande vantagem das estacas de concreto pré-moldadas é sua qualidade superior controlada em canteiro, sendo vibradas e curadas à sombra, resultando num corpo homogêneo de elevada resistência.

Para a cravação das estacas, o processo mais usual é o emprego do bate-estaca os quais podem ser divididos de acordo com o martelo usado, nos seguintes grupos: bate-estacas de gravidade de simples efeito e de duplo efeito. Bate-estacas de gravidade são aqueles cuja energia para cravação da estaca é transmitida à mesma pela queda livre de um peso (martelo ou macaco) a uma altura determinada.

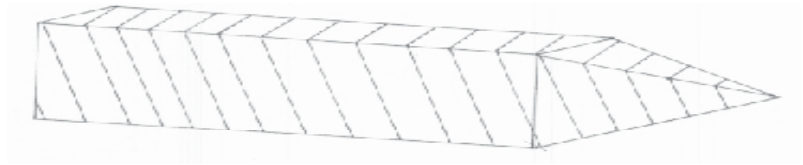
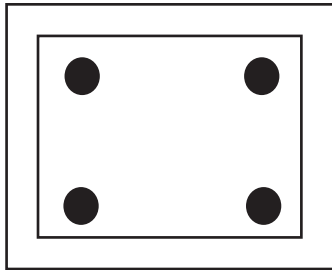
No final da cravação é feita a NEGA, isto é, a penetração da estaca para os dez últimos golpes, medindo-se o quanto a estaca deve entrar. Com isso, constata-se se todas as estacas estão atingindo determinada camada resistente e obtêm-se dados para o cálculo da capacidade de carga. Quando o comprimento da estaca não for suficiente para a obtenção da NEGA é preciso emendá-la, sendo que, a sembladura deverá ser para esforços de compressão.



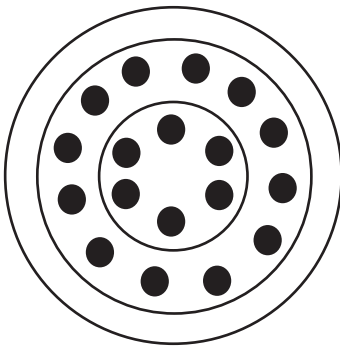
Fig. 21 – Armadura de estaca – Ponte Alça Viária.

Existem quatro tipos de estacas pré-moldadas:

- Vibrada: trabalhada a tração e recebe cargas com pequena excentricidade.



- Centrifugada:



- Protendida:

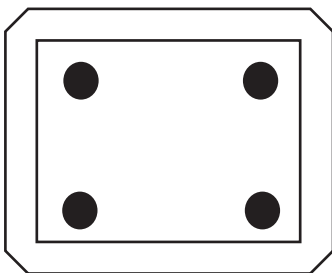


Fig. 22 – Tipos de estacas pré-moldadas.

- Mega ou de reação: constituída de elementos justapostos, com comprimento de 80 a 100 cm. A cravação é feita usando como reação a própria carga do prédio pronto ou um caixão carregado.

As vantagens do uso das estacas de concreto: durabilidade ilimitada, pois independe do nível de água; boa resistência à flexão e cisalhamento; boa capacidade de carga; podem ser fabricadas na própria obra.



Fig. 23 – Secagem de estacas – Ponte Alça Viária.

As desvantagens são: transporte; previsão do comprimento, com necessidade de emendas; limitação da seção e comprimento, devido ao peso próprio; dificuldade na cravação em areias compactas; tempo gasto com necessidade de corte.

O concreto torna difícil o transporte das estacas pré-moldadas, o corte da sobra é trabalhoso, as emendas das estacas são complexas. Por outro lado, sendo produzidas em usinas permitem o uso de concreto bem dosado e executado. Um dos problemas das estacas pré-moldadas ocorre em presença de águas agressivas, pois estas podem penetrar no concreto e atingem os ferros da armação que, ao se oxidarem, aumentam o volume rompendo o concreto. Utiliza-se o recurso de pintá-las com produtos de base asfáltica.

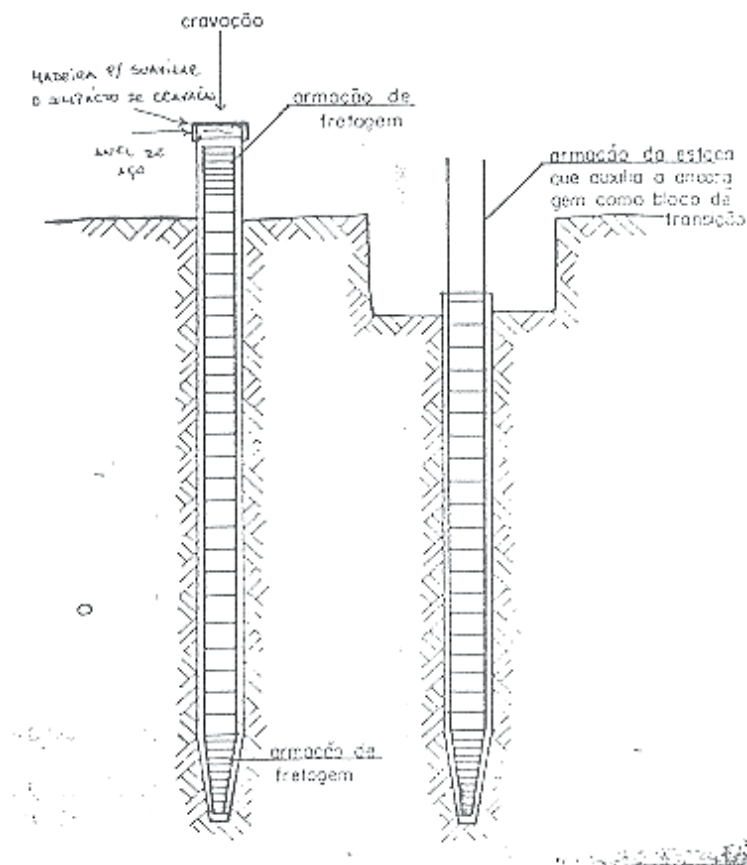


Fig. 24 – Estaca de concreto.

Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

- **Estacas metálicas** – por motivos de ordem técnica e econômica, as estacas metálicas têm aumentado, apreciavelmente, sua aplicação como solução mais adequada. As principais vantagens são:
 - Facilidade de cravação em quase todos os tipos de terreno;
 - Elevada capacidade de carga;
 - Bom trabalho à flexão;
 - Facilidade de corte e emenda;
 - Facilidade de transporte;
 - Possibilidade de reaproveitamento, particularmente em construções provisórias ou temporárias; e
 - Possibilita a cravação faceando às divisas, dispensando onerosas vigas de equilíbrio.



Fig. 25 – Cravação de estacas metálicas.
 Fonte: www.fundacoes.com.br

Como principal desvantagem das estacas metálicas, pode-se citar o problema da corrosão que deve ser objeto de estudo para cada caso; custo elevado; pela facilidade de cravação, pode exigir comprimentos maiores.

- **Estacas de concreto moldadas *in loco*** – têm a vantagem de serem executadas com o comprimento estritamente necessário. Podem ser executadas de várias formas, principalmente com hélices (contínuas ou descontínuas), que são chamadas também de estacas rotativas, que perfuram o solo até uma cota pré-determinada em projeto pelo engenheiro de fundações, com o auxílio dos perfis de sondagem, já executados em etapas anteriores do processo de construção.

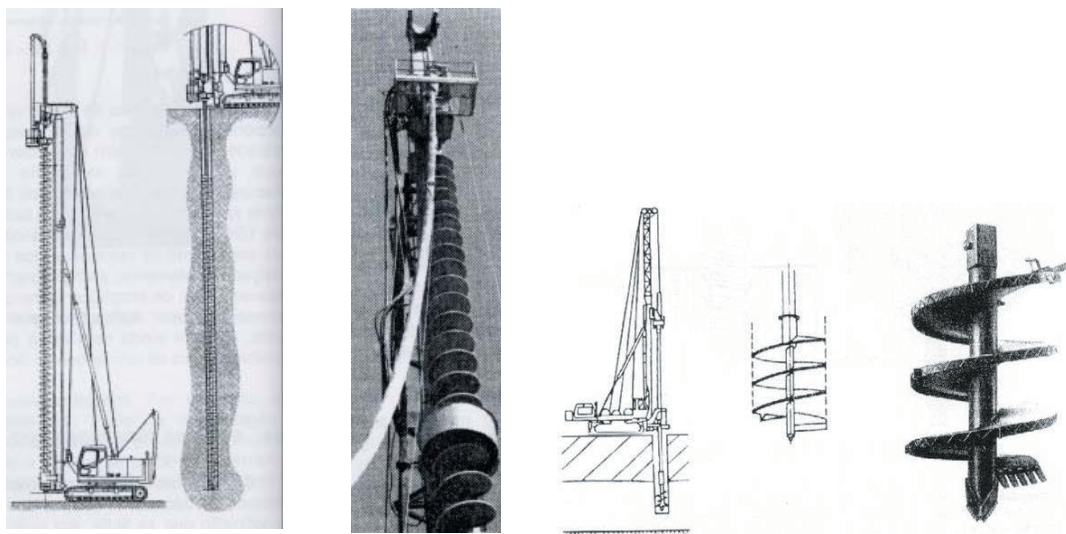
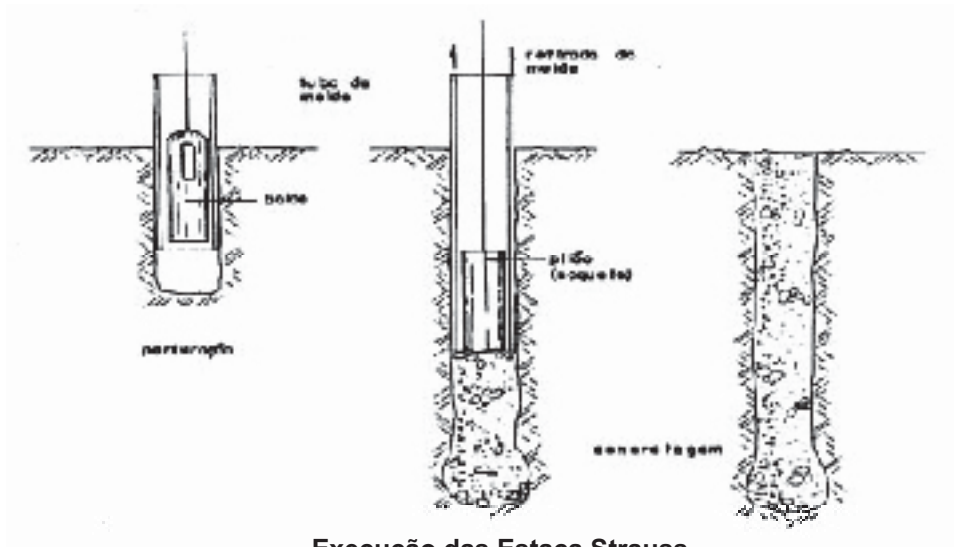


Fig. 26 – Hélices contínuas e descontínuas.
 Fonte: Fundações Teoria e Prática.

- **Tipo strauss** – são estacas com moldes fechados, cravados e recuperados. O tubo de molde é enterrado procedendo-se à perfuração do terreno por meio de um balde com ponta de janela. O balde é deixado cair dentro do tubo e o solo lamacento entra no interior do furo, uma vez alcançado o comprimento desejado, enche-se o tubo de concreto em trechos de 0,5 a 1,0m que são socados com um pilão à medida que se vai extraíndo o molde. A pega do concreto dentro do terreno não permite constatar a qualidade da execução além dos problemas que podem surgir no momento do arrancamento do tubo.



Execução das Estaca Strauss

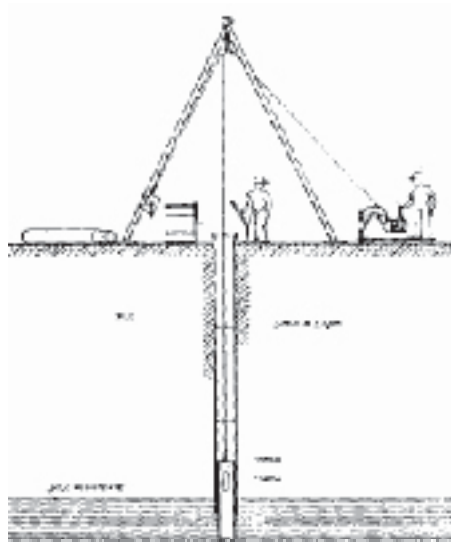


Fig. 27 – Estaca Strauss.

Fonte: BORGES, Alberto de Campos. **Prática das Pequenas Construções**.

- **Tipo franki** – chama-se *franki* devido à patente do modo de cravação do tubo. As estacas tipo *franki* apresentam também, a vantagem de serem executadas no comprimento necessário, grande aderência ao solo devido à rugosidade do fuste, melhor distribuição das pressões proporcionada pela base alargada e grande capacidade de carga. As desvantagens ficam por conta da pega do concreto acontecer em contato com o solo e da grande vibração provocada durante a cravação que pode prejudicar os prédios vizinhos.

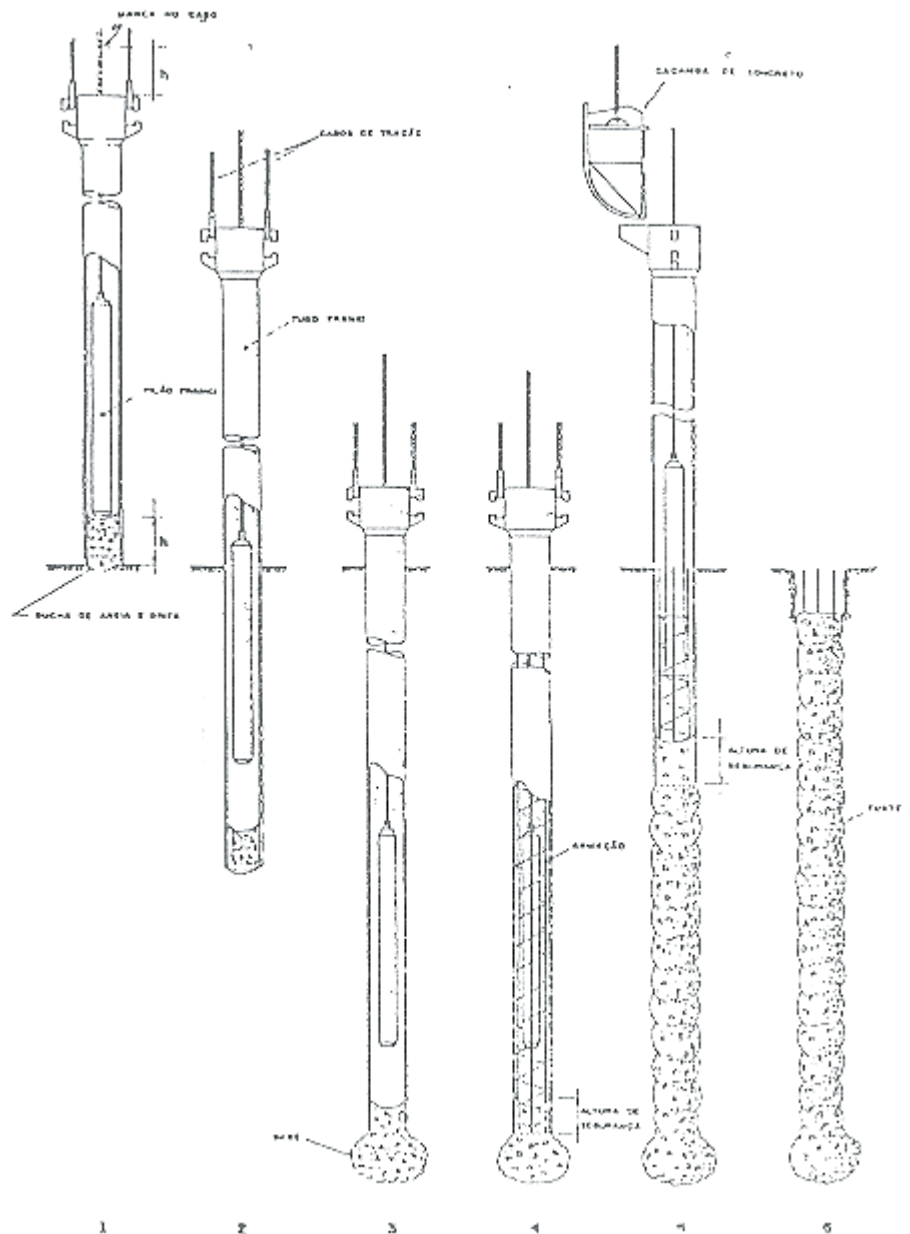
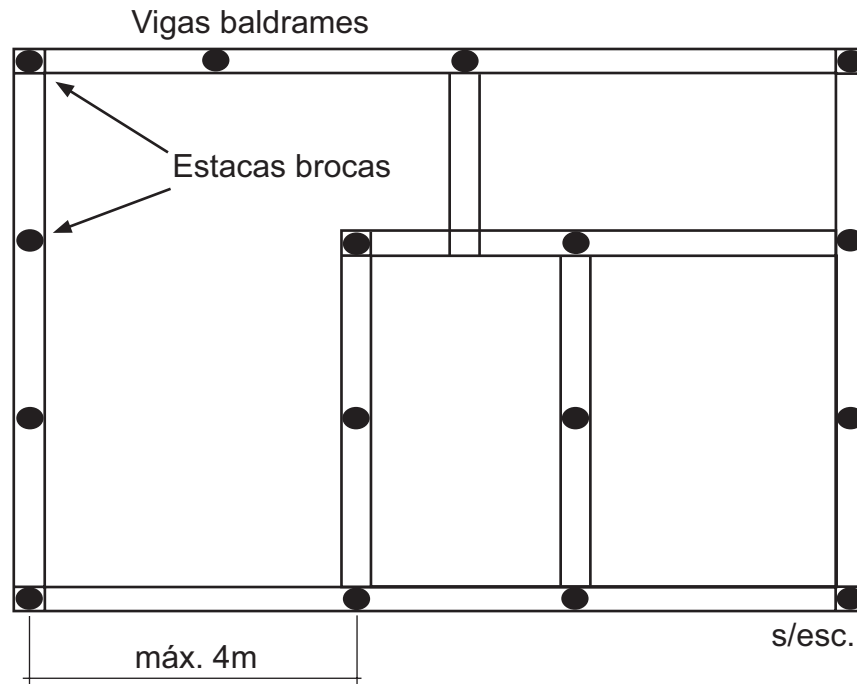


Fig. 28 – Processo da Estaca Franki.
 Fonte: SANTOS, A. C. O. **Tecnologia das construções.**

- **Tipo broca** – consiste na abertura de um furo no terreno (perfuração) e no lançamento de concreto nesse furo. São empregadas em pequenas construções tratando-se de uma solução de baixo custo, não devendo ser usadas em terrenos em que haja necessidade de ultrapassar o lençol freático. O lançamento do concreto é feito diretamente no solo, sem nenhuma proteção, apresentando, portanto, as mesmas desvantagens citadas nos exemplos anteriores.



Distribuição das estacas em obra de pequeno porte

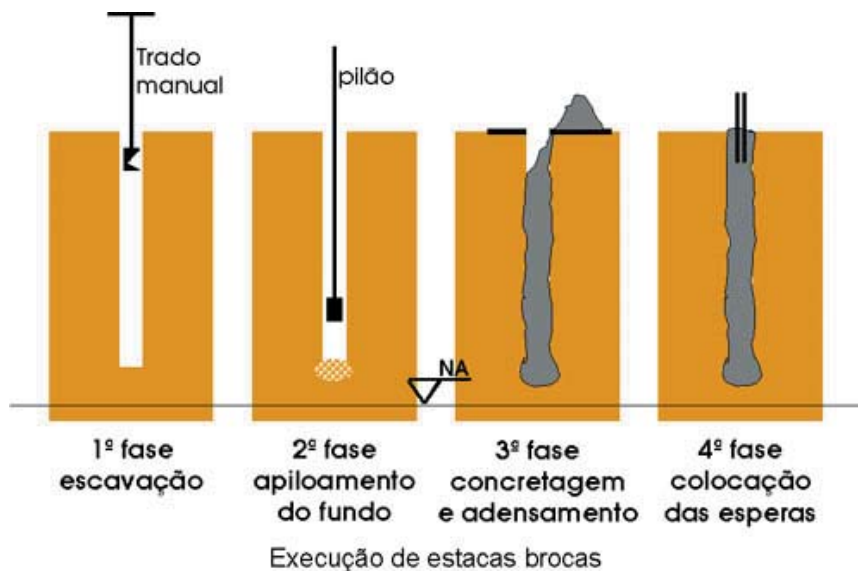


Fig. 29 – Estacas tipo Broca.



Acesse a ferramenta Atividades e faça a
Atividade 1 – Cálculo e Orçamento, referente a unidade 4.



Acesse a ferramenta Atividades e faça a
Atividade 2 – Fundações profundas, referente a unidade 4.