


Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil
Tecnologia da Construção Civil I

Solos e Fundações

Profa. Geilma Lima Vieira
geilma.vieira@gmail.com

Sondagem - solos

- ✓ Radiografia do terreno, identifica as camadas do solo e sua resistência, além de detectar a presença do lençol freático (água).
- ✓ Informações fundamentais para que o calculista projete adequadamente as fundações.
- ✓ As fundações devem resistir aos esforços transmitidos pela edificação e se acomodar sobre as camadas dos solos previamente reconhecidos (capacidade de carga).
- ✓ Cada tipo de solo apresenta características que o configuram como um solo resistente ou não (pressão admissível), de acordo com o grau de deformação.

Capacidade de carga dos solos

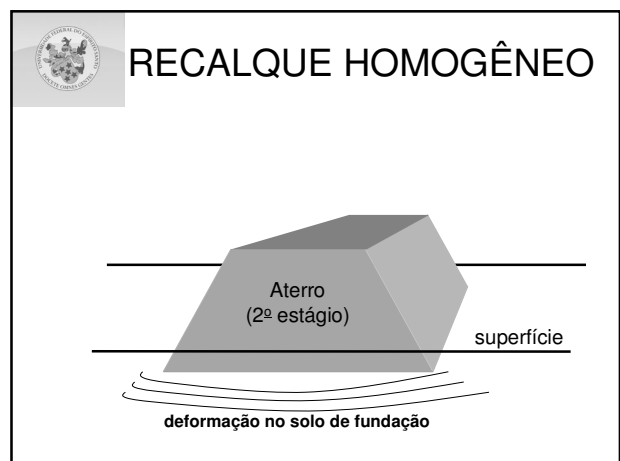
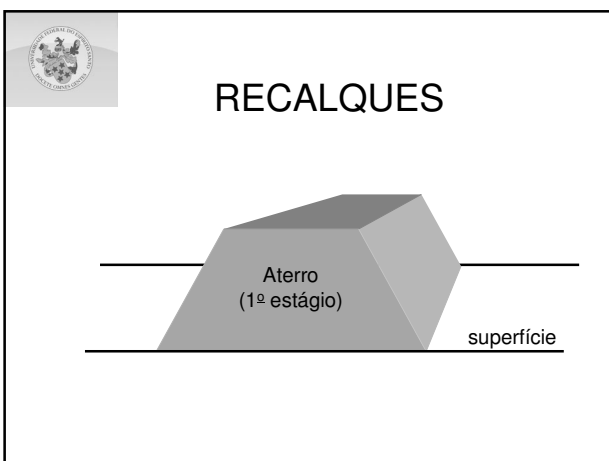
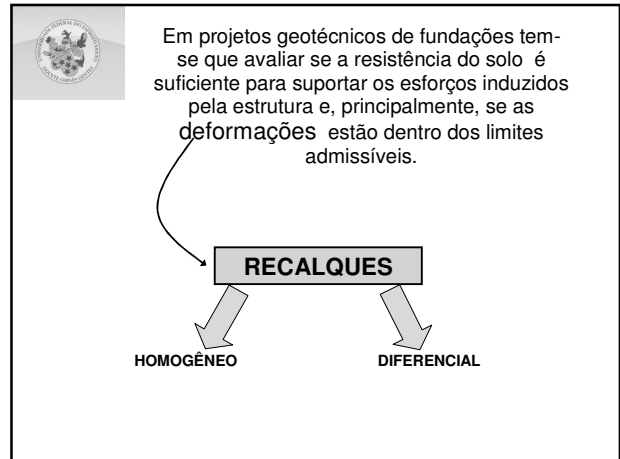
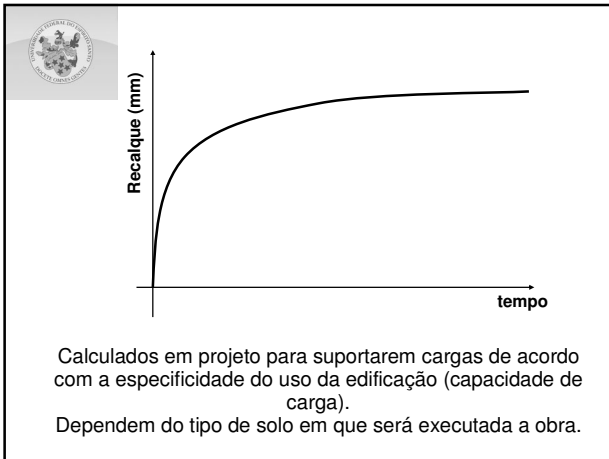
Tabela de Pressões Admissíveis da Norma Brasileira NBR - 6122 - Projeto e Execução de Fundações

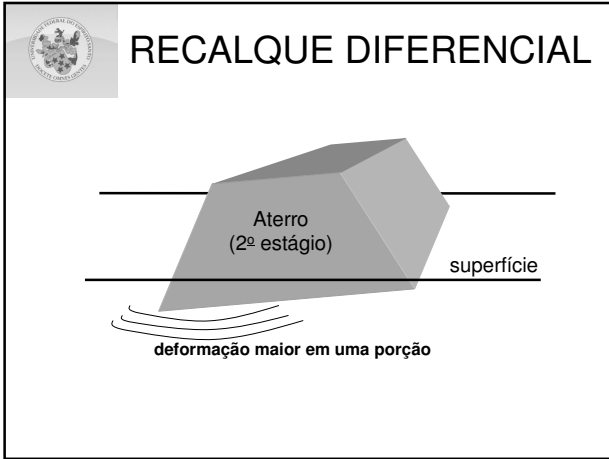
TIPO DE SOLO	CARACTERIZAÇÃO	CAPACIDADE MÁXIMA [kgf/cm ²]
a)	Rocha viva, maciça sem laminações, fissuras ou sinal de decomposição, tais como gnais, granito, diabase, basalto.	100
b)	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas, tais como: xistos e ardósias.	35
c)	Depósitos compactos e contínuos de matacões e pedras de várias rochas.	10
d)	Solos Concrecionados.	8
e)	Pedregulhos compactos e misturas compactas de areia e pedregulho.	5
f)	Pedregulhos fofos e misturas de areia e pedregulho, areia grossa, compacta.	3
g)	Areia grossa fofa e areia fina compacta.	2
h)	Areia fina fofa, submersa.	1
i)	Argila Dura (terrenos altos, secos e de terra vermelha)	3
j)	Areia Rija (terrenos altos e secos)	2
k)	Argila Média (terrenos baixos, úmidos mas sem presença de água)	1
l)	Argila Mole (terrenos baixos com forte presença de umidade)	
m)	Argila Muito Mole (terrenos baixos, alagados, próximo de córregos e lagoas)	Necessitam de estudos do solo local.
n)	Aterros	

Capacidade Máxima ou Pressão Admissível é a maior pressão que o solo suporta. Mais que isso ele rompe ou recalca além do recalque admissível

Em projetos geotécnicos de fundações tem-se que avaliar se a resistência do solo é suficiente para suportar os esforços induzidos pela estrutura e, principalmente, se as deformações estão dentro dos limites admissíveis.

RECALQUES





Recalques

Em projetos de edificações, é de maior importância prever como os recalques se desenvolverão com o tempo. O desempenho de uma obra ao longo de sua vida útil, especialmente da sua fundação, depende do grau de alteração do maciço do solo durante a fase de execução da mesma.

NBR 6122 – quando as cargas mais importantes são verticais, a medição do recalque é fundamental para o comportamento da obra.

A prática brasileira de fundações realiza controle de recalques apenas em situações em que são observados problemas em edificações, como trincas ou rachaduras.

Recalques

Em projetos de edificações, é de maior importância prever como os recalques se desenvolverão com o tempo. O desempenho de uma obra ao longo de sua vida útil, especialmente da sua fundação, depende do grau de alteração do maciço do solo durante a fase de execução da mesma.

NBR 6122 – quando as cargas mais importantes são verticais, a medição do recalque é fundamental para o comportamento da obra.

A prática brasileira de fundações realiza controle de recalques apenas em situações em que são observados problemas em edificações, como trincas ou rachaduras.

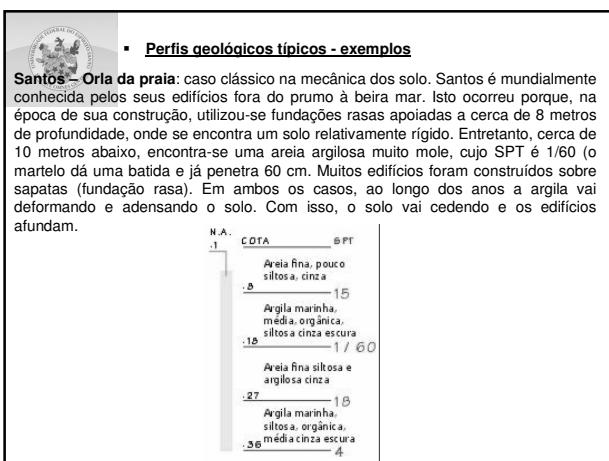
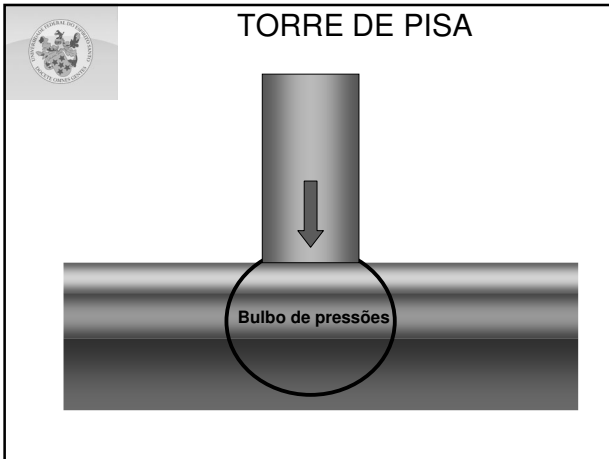
Importância da medida dos recalques desde o início da construção, como um controle de qualidade das fundações e da vida útil da edificação

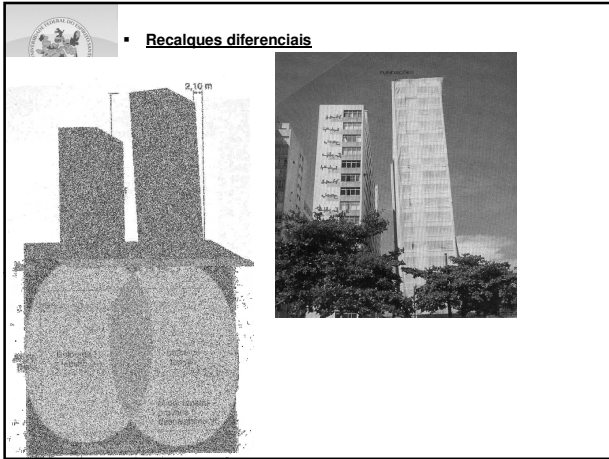
TORRE DE PISA

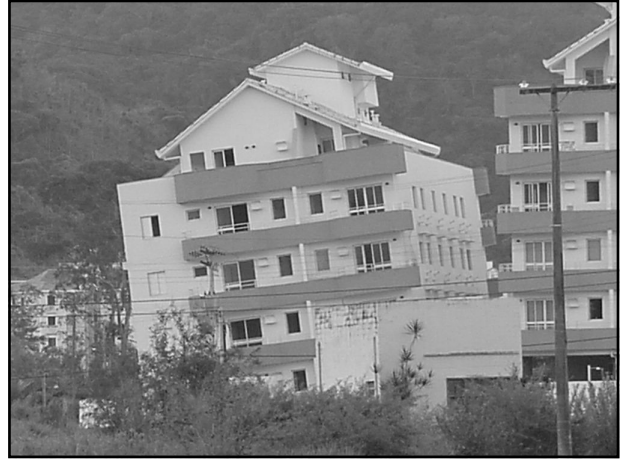
1174 - 1350

22 m

59 m







Fundações

São os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia. Assim, as fundações devem ter resistência adequada para suportar às tensões causadas pelos esforços solicitantes.

O solo necessita de resistência e rigidez apropriadas para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais

Importância econômica: 4 a 10% do custo global, podendo chegar a 20%.

Fundações



Tipos de Fundações

fundações
diretas

fundações
indiretas



Tipos de Fundações

fundações
diretas

- transferem as cargas para o solo que as suportam sem deformar exageradamente;
- a transmissão é feita através da base do elemento estrutural da fundação, considerando apenas o apoio da peça sobre a camada de solo.

fundações
indiretas



Tipos de Fundações

fundações
diretas

- rasa: a camada de suporte está próxima à superfície do solo (prof. até 3 m) ou quando a cota de apoio é inferior à largura do elemento da fundação

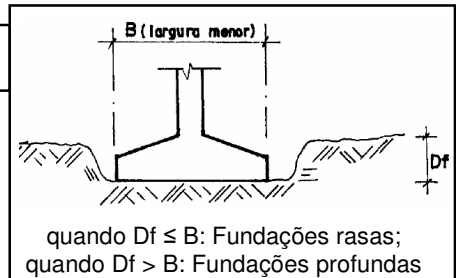
fundações
indiretas

- profunda: suas dimensões ultrapassam todos os limites acima mencionados.



Tipos de Fundações

fundações
diretas



fundações
indiretas

Tipos de Fundações

fundações diretas

fundações indiretas

- transferem as cargas por efeito de atrito lateral do elemento estrutural com o solo e por efeito de ponta

- são sempre profundas, devido às dimensões das peças estruturais

Tipos de Fundações

Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces		
	Sapatas	Corrida	
		Isolada	
		Associada	
Radiers			
Fundações diretas profundas	Tubulões	Céu aberto Ar comprimido	
Fundações indiretas	Brocas		
	Estacas de madeira		
	Estacas metálicas		
	Estacas de concreto pré moldada		
	Estacas de concreto moldadas <i>in loco</i>	Strauss	
		Franki	
Raiz			
Barrete/Estação			

Fundações rasas ou diretas

- Distribuição de carga do pilar ocorre pela base do elemento de fundação. A carga pontual do pilar é transformada em carga distribuída, num valor que o solo é capaz de suportar. Transferem as cargas para camadas de solo capazes de suportá-las. Transmissão feita através da base do elemento estrutural.
- Necessidade de abertura de cava de fundação para a construção do elemento de fundação no fundo da cava.

Fundações Superficiais - Tipos

Bloco é o elemento de fundação de concreto simples, dimensionado de maneira que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura.

Sapata é um elemento de fundação de concreto armado, de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir a esforços de tração.

Viga de fundação é um elemento que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco, sem armadura transversal, sendo chamada de *boltrame*.

Grelha elemento de fundação constituído por um conjunto de vigas que se cruzam nos pilares.

Radier elemento de fundação que recebe todos os pilares da obra.

Fonte: ABCP



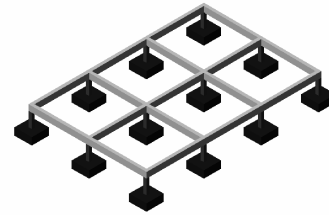
Fundações rasas ou diretas

- **Fundações direta em blocos:** quando há atuação de pequenas cargas (um sobrado). São elementos estruturais de grande rigidez, ligados por vigas baldrames. Suportam esforços de compressão simples proveniente das cargas dos pilares. Os esforços de tração são absorvidos pelo próprio material do bloco.



Fundações rasas ou diretas

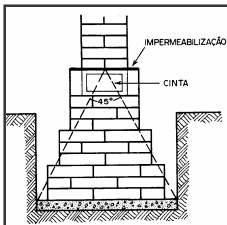
Fundações direta em blocos: distribuição de carga para o terreno é aproximadamente pontual. Onde houver um pilar existirá um bloco de fundação distribuindo a carga do pilar para o solo.



Fundações rasas ou diretas

Fundações direta em blocos: podem ser construídos de pedra, tijolos maciços, concreto simples ou de concreto armado (sapata de fundação).

Usados quando a profundidade da camada resistente do solo está entre **0,5 e 1,0 m**.



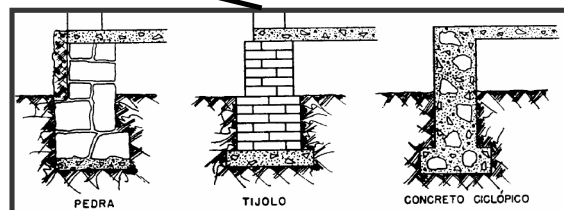
Alicerce em alvenaria de pedras

Bloco de concreto ciclópico



Fundações rasas ou diretas

- **Alicerces:** também chamados de blocos corridos. São utilizados na construção de pequenas residências e suportam cargas das paredes resistentes. Podem ser de concreto, alvenaria ou de pedra.



PEDRA

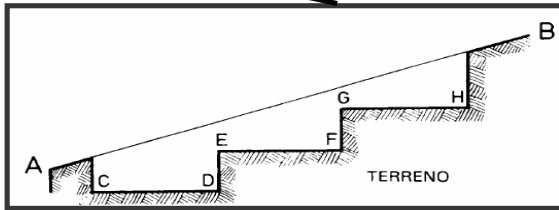
TIJOLO

CONCRETO CICLÓPICO



Fundações rasas ou diretas

- **Alicerces:** se o terreno estiver em declive o alicerce deverá ser escalonado



Fundações rasas ou diretas

- **Alicerces – Processos de execução:**
 - Executar a abertura da vala;
 - Compactação da camada do solo resistente, apiloando o fundo;
 - Camada de concreto magro de 5 a 10 cm de espessura;
 - Impermeabilização para evitar ascensão capilar;
 - Ocorrência de formigueiros e raízes de árvores no momento da escavação da vala;
 - Compatibilização da carga da parede x largura do alicerce;



Fundações rasas ou diretas



Vigas baldrames



Fundações rasas ou diretas



Requadrção do baldrame: capa de argamassa com fc superior a dos blocos. Preparar a base para impermeabilização. Nivelar a base para alvenarias.

Vigas baldrames





Fundações rasas ou diretas

- Blocos

Vigas de fundação

Fundações rasas ou diretas

Fundações rasas ou diretas

Sapatas: não trabalham apenas à **compressão simples**, mas também à **flexão**. Os materiais devem ser resistentes à **tração**.

(concreto + aço = concreto armado)

Fundações rasas ou diretas

- **Sapatas:** utilizadas em diversas geometrias para se adequar às cargas de projeto

Quadrada Retangular

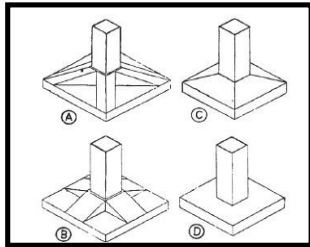
Circular Poligonal

Sapata isolada de concreto armado



Fundações rasas ou diretas

- **Sapatas:** podem ser isoladas, associadas, contínuas e alavancadas.



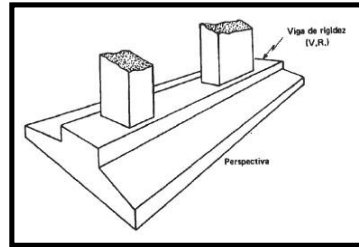
Transmitem para o solo a carga do pilar ou conjunto de colunas através de sua base

Sapatas isoladas



Fundações rasas ou diretas

- **Sapatas:** podem ser isoladas, associadas, contínuas e alavancadas.



No caso em que a proximidade entre dois ou mais pilares seja tal que as sapatas se superponham.

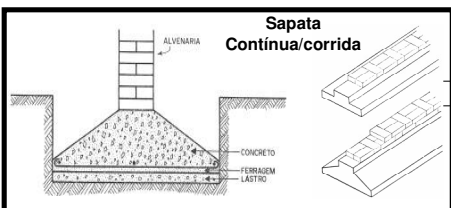
A viga que une os dois pilares é a viga de rigidez e permite que a sapata trabalhe com tensão constante.

Sapatas Associadas



Fundações rasas ou diretas

- **Sapatas:** podem ser isoladas, associadas, contínuas e alavancadas.

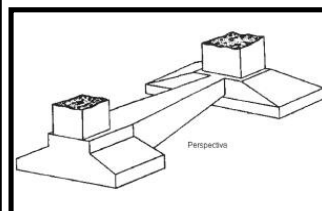


Elementos contínuos que acompanham a linha das paredes. Transmitem a carga por metro linear. Quando as cargas não são tão grandes pode-se utilizar alvenaria de tijolos. Caso contrário, para profundidade maior que 1,0 m, o concreto armado é mais adequado.



Fundações rasas ou diretas

- **Sapatas:** podem ser isoladas, associadas, contínuas e alavancadas.



No caso de sapatas de pilares de divisa ou próximos a obstáculos onde não seja possível fazer com que o centro de gravidade da sapata coincida com o centro de carga do pilar, cria-se uma viga alavancada entre duas sapatas, de modo que um pilar absorva o momento resultante da excentricidade da posição do outro pilar.

Sapatas Alavancadas

Sapatas de concreto
téchne
 www.revistatechne.com.br
 REPORTAGEM
 • Sapatas de concreto

Utilizadas como base para edificações de diferentes portes, as sapatas de concreto são simples, seguras e econômicas. Mesmo assim, dependem de especificação e execução que levem em conta as características do solo e da estrutura




Sapatas de concreto

- Indicadas para regiões de solo estável e de alta resistência superficial, as sapatas de concreto estão entre os métodos de execução de fundações mais elementares e econômicos. **Supportam cargas elevadas** e, em comparação com outros tipos de fundação superficial, como os blocos não armados, as vigas baldrame e o radier, **podem assumir diversas formas geométricas para facilitar o apoio de pilares com formatos não convencionais.**

Sapatas de concreto – passo a passo
 Fundação de um edifício residencial com sapatas isoladas

1

Escavação
 Seguindo a orientação do projeto de fundações, inicia-se a escavação da área a receber as sapatas até a cota de apoio.



Regularização
 Com a área escavada e compactada, o passo seguinte é depositar concreto magro na área escavada, nivelando com o auxílio de régua e colher. Essa camada de regularização, que deve ter 5 cm de espessura no mínimo, é importante para garantir que a umidade do solo não ataque a armadura da sapata.



Sapatas de concreto – passo a passo

2

Preparação das laterais
 Não só o fundo, mas também as laterais precisam receber concreto. Por isso, as laterais de toda a área escavada devem ser chapiscadas.



Marcação dos pilares
 Com a vala preparada, inicia-se a marcação dos pilares. Para tanto, são fixadas estacas de madeira nos pontos indicados pelo projetista.



Sapatas de concreto – passo a passo






Conferência
A checagem do nível é um procedimento imprescindível para garantir boa marcação dos pilares.




Armação
Depois de definida a localização de todos os pilares, tem início a inserção da armação, sempre seguindo a orientação do projeto de fundações.

3

Sapatas de concreto – passo a passo

Conferência
A checagem do nível é um procedimento imprescindível para garantir boa marcação dos pilares.

3

Sapatas de concreto – passo a passo




Saída para os pilares
Com o auxílio de arames de aço, são presos também os ferros especiais de arranque dos pilares.



Concretagem
A concretagem também deve ser feita, de acordo com as especificações do projetista, até a parte superior da sapata. A betoneira pode ser utilizada se a quantidade de concreto ou a velocidade de concretagem assim o exigirem.

4

Sapatas de concreto – passo a passo




Finalização
A armação do pilar deve ser montada a partir dos ferros de arranque. Só então serão colocadas as fôrmas do pilar para o prosseguimento da concretagem.




5



Fundações rasas ou diretas

- **Radier:** Placa contínua em toda a área da construção, a fim de distribuir a carga em toda a superfície

Indicado quando:

- as sapatas isoladas ocupariam mais de 50% da área de construção
- solos fracos e solos cuja camada resistente encontra-se a grande profundidade



Fundações rasas ou diretas

- **Radier:** executado em concreto armado. Além de esforços de compressão, devem resistir a momentos provenientes dos pilares e, ocasionalmente, a pressões do lençol freático.

Por ser uma peça inteira pode lhe conferir uma alta rigidez, o que muitas vezes evita grandes recalques diferenciais

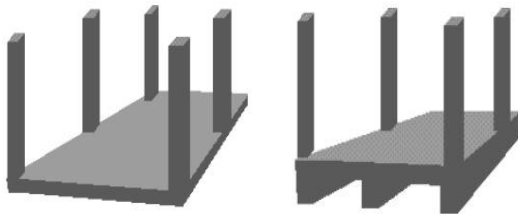
- sistema flexível: uma laje
- sistema rígido: laje e vigas



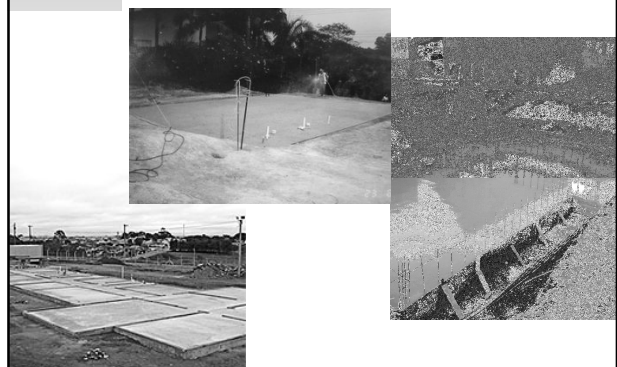
Fundações rasas ou diretas

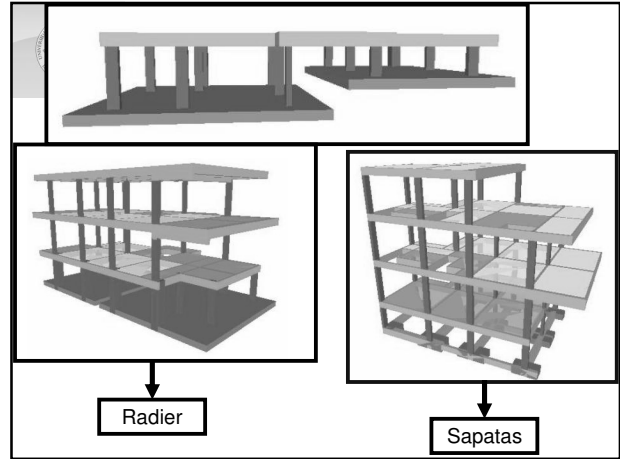
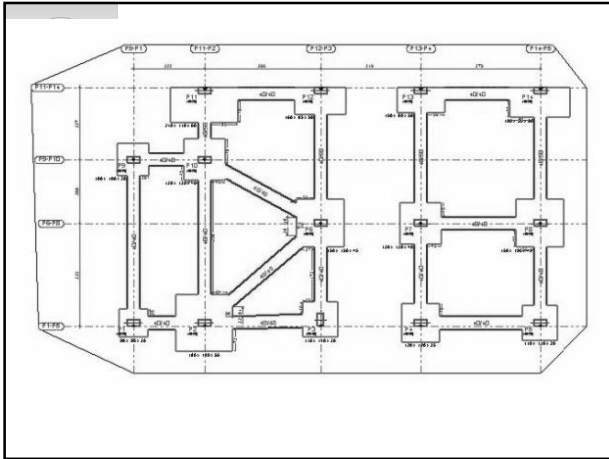
Radier: executado em concreto armado. Além de esforços de compressão, devem resistir a momentos provenientes dos pilares e, ocasionalmente, a pressões do lençol freático.

- sistema flexível: uma laje
- sistema rígido: laje e vigas



Radier: executado em concreto armado. Além de esforços de compressão, devem resistir a momentos provenientes dos pilares e, ocasionalmente, a pressões do lençol freático.





Radier

Sapatas

Fundações		
Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces	
	Sapatas	Corrida
		Isolada
		Associada
Alavancada		
Radiers		
Fundações diretas profundas	Tubulões	Céu aberto Ar comprimido
Fundações indiretas	Brocas	
	Estacas de madeira	
	Estacas metálicas	
	Estacas de concreto pré moldada	
	Estacas de concreto moldadas <i>in loco</i>	Strauss
		Franki
Raiz		
Barrete/Estacão		

Fundações diretas profundas

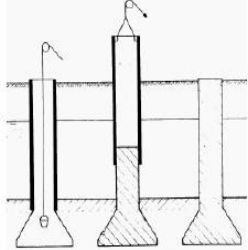
- **Tubulões:** elementos estruturais que transmitem a carga ao solo resistente por compressão.
 - Escavação de um fuste cilíndrico e uma base alargada tronco-cônica
 - Profundidade igual ou maior do que três vezes o seu diâmetro

Tipos:

- Tubulões a céu aberto
- Tubulões com ar comprimido



- **Tubulões à céu aberto:** escavação manual de um poço com diâmetro variando de 0,70 m a 1,20 m.
 - Restritos a solos coesivos e acima do nível da água
 - Quando há tendência de desmoronamento, o furo é revestido com alvenaria de tijolo, tubo de concreto ou tubo de aço



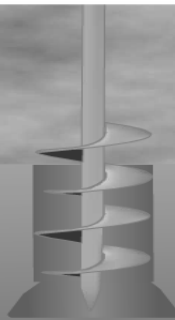
- **Tubulões à céu aberto - Procedimento:**

- O fuste é escavado até a cota desejada;
- A base é alargada e preenchida por concreto simples ou armado
- O lançamento do concreto é feito da superfície através de um funil
- O concreto se espalha através do impacto da descarga
- Às vezes é necessário descer para espalhá-lo

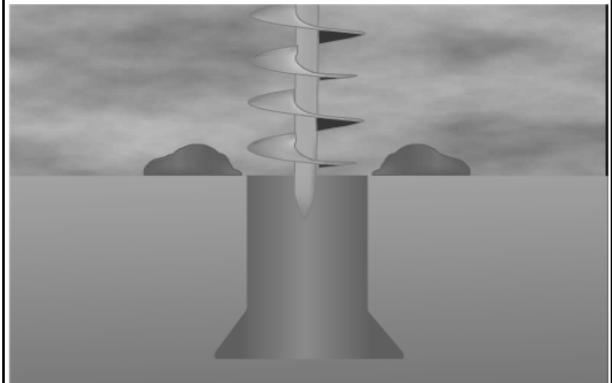


- **Tubulões à céu aberto - Procedimento:**

ESCAVAÇÃO

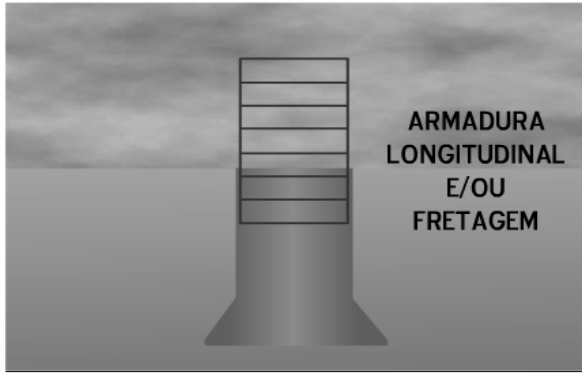


- **Tubulões à céu aberto - Procedimento:**

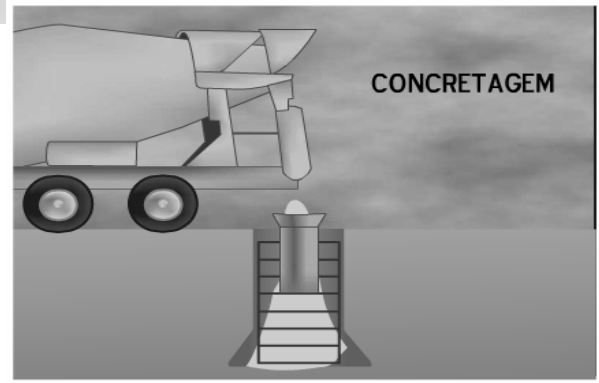




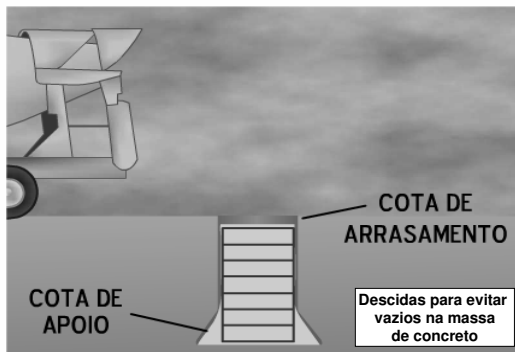
• Tubulões à céu aberto - Procedimento:



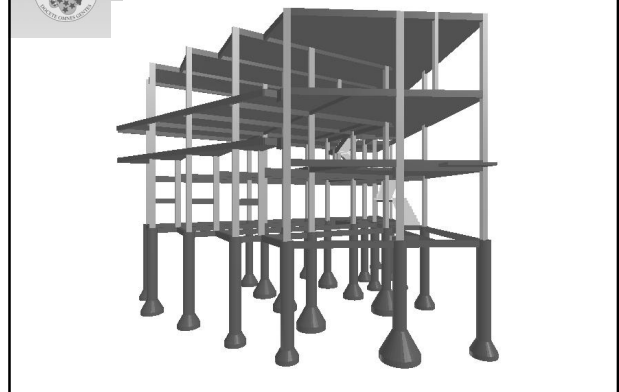
• Tubulões à céu aberto - Procedimento:

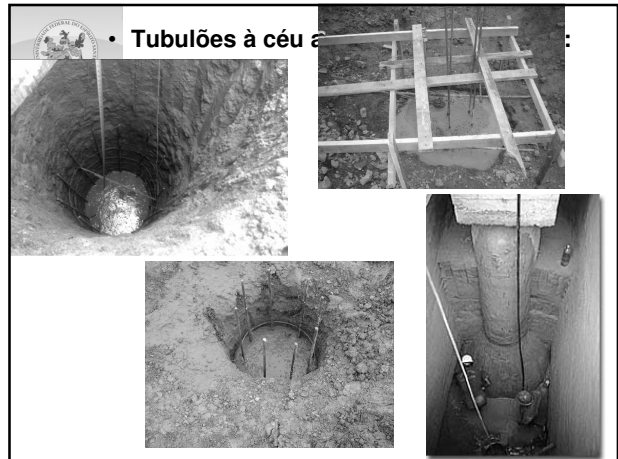
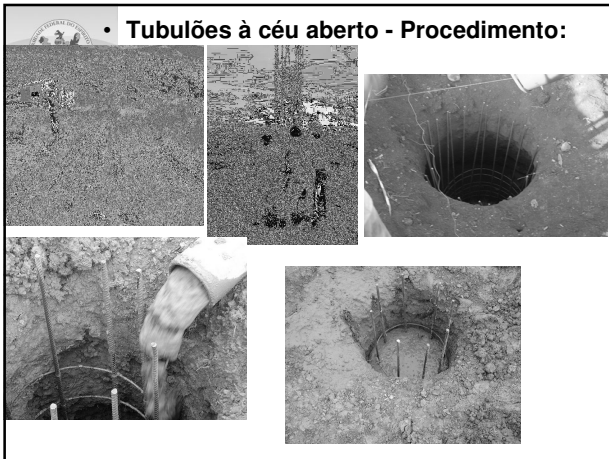


• Tubulões à céu aberto - Procedimento:



• Tubulões à céu aberto - Procedimento:



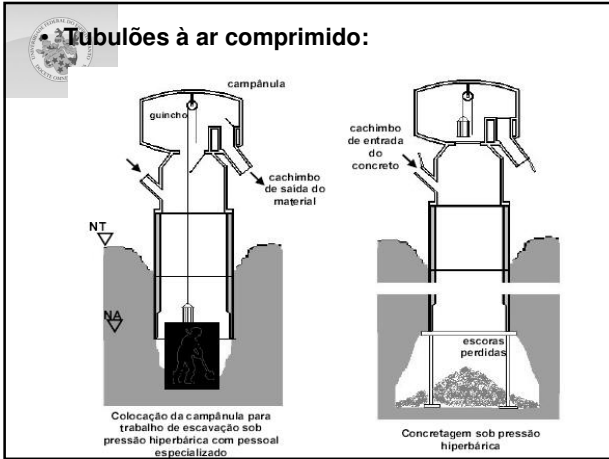


• **Tubulões à ar comprimido:** utilizado quando existe água, exige-se grandes profundidades e perigo de desmoronamento das paredes.

- Ar comprimido impede a entrada de água, permitindo trabalhos de escavação, alargamento do fuste e concretagem
- Pressurização é feita por um compressor de ar
- Cuidados com a saúde com dos trabalhadores

• **Tubulões à ar comprimido - procedimento:**

- Tubulões encamisados com concreto ou aço
- Se a camisa é de concreto, a concretagem é feita sob ar comprimido
- Se a camisa é de aço, a cravação é feita a céu aberto com auxílio de um bate estacas
- Pressão de ar no interior do tubulão, risco de acidentes



• **Tubulões à ar comprimido - procedimento:**

O concreto será introduzido na campânula através de dispositivo existente na mesma para tal fim.

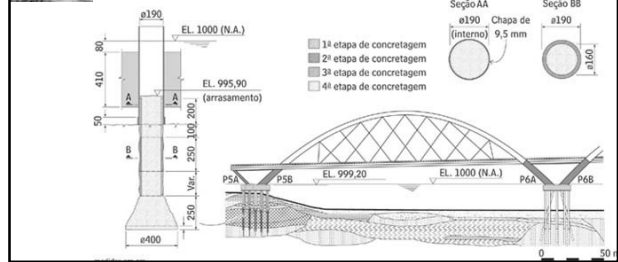
A concretagem da base e na seqüência a do fuste, encerra os serviços de execução do tubulão.

O tubulão deverá permanecer comprimido durante 6 horas após a concretagem da base visando preservar a qualidade do concreto lançado, que poderá ser danificado por pressões do lençol freático ou presença de interferências geradas pela presença de ar comprimido de escavações próximas.

• **Tubulões à ar comprimido - exemplos:**



Tubulões a ar comprimido na ponte JK suportam 20 mil toneladas



• **Tubulões à ar comprimido - exemplos:**



• **Tubulões à ar comprimido - exemplos:**

Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces	
	Sapatas	Corrida
		Isolada
	Associada	
	Radiers	
Fundações diretas profundas	Tubulões	Céu aberto
		Ar comprimido
Fundações indiretas	Brocas	
	Estacas de madeira	
	Estacas metálicas	
	Estacas de concreto pré moldada	
	Estacas de concreto moldadas <i>in loco</i>	Strauss
		Franki
Raiz		
	Barrete/Estacão	