



## 4. FUNDAÇÕES (04.00.00)

### 4.1. OBJETIVO

O Caderno de Encargos da SUDECAP visa estabelecer as condições e prescrições relativas à execução dos diversos tipos de fundações existentes, fornecendo informações inerentes à sua execução, critérios de levantamento, medição e pagamento.

### 4.2. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Para melhor orientação dever-se-á, consultar as seguintes normas:

- NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6122 - Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 6489 - Prova de carga direta sobre terreno de fundação;
- NBR 7678 - Segurança na execução de obras e serviços de construção;
- NBR 12131 - Estacas - Prova de carga estática;
- NBR 13208 - Estacas – Ensaio de carregamento dinâmico.

### 4.3. CONDIÇÕES GERAIS

A fundação é um dispositivo de suporte da superestrutura de uma edificação que permite a devida sustentação e estabilidade às construções. Pode ser classificada conforme a Tabela 1.

*Tabela 1 – Classificação das fundações*

<b>Fundações Superficiais</b>	Blocos e alicerces	
	Sapatas	Corrida
		Isolada
		Associada
		Alavancada
	Vigas de fundação	
Radiers		
<b>Fundações Profundas</b>	Estacas de concreto moldadas "in loco"	Straus
		Franki
		Brocas
		Hélice contínua
		Escavada
	Estacas pré-moldadas de concreto	Cravada
		Prensada
	Estacas metálicas	
	Estacas de madeira	
	Tubulões	Céu aberto
Ar comprimido		



Durante a execução dos serviços, a natureza ou o comportamento do terreno poderão acarretar modificações no tipo de fundação adotada. Nestas hipóteses, deverá a CONTRATADA submeter à SUPERVISÃO as alternativas possíveis para a solução do problema. Aprovada pela SUPERVISÃO a solução mais conveniente, caberá à CONTRATADA todas as providências concernentes às modificações do respectivo projeto.

De maneira geral, para a execução de qualquer um dos tipos relacionados, a CONTRATADA deverá estar ciente que:

- Todos os escoramentos necessários ficarão à cargo da CONTRATADA.
- Na execução de subsolos, quando for o caso, será determinado o nível superior efetivo do lençol d'água, com vistas à impermeabilização de cortinas e lajes, o que será feito mediante escavação de poço - piloto.
- Quanto à agressividade do lençol d'água, caberá à CONTRATADA investigar a ocorrência de águas agressivas no subsolo, o que, caso constatado, será imediatamente comunicado à SUPERVISÃO. A proteção das armaduras e do próprio concreto contra a agressividade de águas subterrâneas será objeto de estudos especiais por parte da CONTRATADA, bem como de cuidados de execução, no sentido de assegurar a integridade e durabilidade da obra.
- O concreto a ser utilizado deverá satisfazer às condições previstas em projeto (fck, "slumps", etc.), bem como às prescrições contidas nas especificações da obra, em tudo que lhe for aplicável admitindo-se o emprego do concreto convencional ou o concreto ciclópico, de acordo com o tipo de fundação.
- O preparo adequado da superfície sobre a qual o concreto será lançado será governado pelas exigências de projeto, pelas condições e pelo tipo do material de fundação.

Havendo a necessidade de melhor avaliar e pesquisar o terreno objeto da construção, na medida em que as sondagens preliminares não foram suficientes em fornecer os dados necessários à segura execução das fundações propostas pelo projeto, deverá ser executada, a critério da SUPERVISÃO, nova investigação geotécnica ou geológica extra (SPT ou rotativa).

Uma vez detectada a necessidade de se realizar contenções especiais, do tipo cachimbo, tubulão de contenção, parede diafragma, cortina atirantada, muro de arrimo, terra armada, etc., estas deverão ser objeto de levantamento específico durante a elaboração do projeto executivo.

## 4.4. FUNDAÇÕES EM SUPERFÍCIE

### 4.4.1. Definições

Define-se como fundação em superfície - rasa ou direta - aquela colocada imediatamente abaixo da parte mais inferior da superestrutura, onde as pressões se transmitem pela base, diretamente ao terreno de apoio, sendo desprezível a parcela correspondente à transmissão pelo atrito lateral. Nestes casos pode-se citar:

#### a. Blocos de fundação

Trata-se de fundação em superfície, isolada, rígida ou indeformável.

São utilizados quando as cargas estruturais não são muito elevadas e a taxa admissível no terreno não é muito reduzida. São caracterizados por sua grande altura.

As seções dos blocos deverão ter dimensões suficientes para que as tensões de tração não ultrapassem a tensão admissível do concreto.

Os blocos de fundação poderão ter formas tronco cônicas ou tronco piramidais.

Os blocos de fundação poderão apresentar faces inclinadas ou degraus verticais.



## **b. Sapatas**

### **b.1. Sapata isolada**

Trata-se de fundação em superfície, isolada, semi - flexível ou semi - rígida, confeccionada em concreto armado.

### **b.2. Sapata corrida-contínua**

Trata-se de fundação em superfície, contínua, rígida e que acompanha a linha das paredes, as quais lhes transmitem a carga por metro linear, ou quando a base de duas ou mais sapatas se superpõem, por exigência de cálculo. Para edificações cujas cargas não sejam muito grandes, pode-se utilizar alvenaria de tijolos ou blocos. Caso contrário, ou ainda para profundidades maiores do que 1,0m, torna-se mais econômico o uso do concreto armado.

### **b.3. Sapata associada**

Fundação comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estão situados em um mesmo alinhamento (radier parcial), e onde a proximidade entre dois ou mais pilares seja tal que as sapatas isoladas se superponham.

A viga que une os dois pilares denomina-se viga de rigidez e tem a função de permitir que a sapata trabalhe com tensão constante.

### **b.4. Sapata alavancada**

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 corrida coincida com o centro de carga do pilar, cria-se uma viga ligada entre duas sapatas, de modo que um pilar absorva o momento resultante da excentricidade da posição do outro pilar.

## **c. Vigas de fundação**

Trata-se de fundação em superfície, semi-flexível ou semi - rígida, em forma de viga contínua e comum a vários pilares, cujo centro, em planta, esteja situado em um mesmo alinhamento. São de concreto armado, destinadas a transmitir, ao terreno, as cargas provenientes de todos os pontos (pilares) a ela associados.

## **d. Radiers**

Fundação em superfície, contínua e rígida, apresentando em geral a disposição de uma plataforma ou laje de concreto armado ou não. As cargas são transmitidas ao solo através de uma superfície igual ou superior à da obra.

### **4.4.2. Condições específicas**

#### **a. Equipamentos**

Os equipamentos para execução das fundações serão determinados em função do tipo e dimensão do serviço. Poderão ser utilizados: escavadeiras para as operações de escavação; equipamentos para concretagem tais como vibradores, betoneiras, mangueiras, caçambas, guindastes para colocação de armadura; bombas de sucção para drenagem de fundo de escavação e outros que se fizerem necessários.

#### **b. Materiais**

Os materiais utilizados para a execução das fundações em superfície (concreto, aço e forma) obedecerão às especificações de projeto e normas da ABNT.

#### **c. Execução**

A metodologia de execução relativa aos itens forma, escoramento, desforma, etc., integrantes do grande grupo fundações, encontra-se referenciada no Capítulo 6 - "Estrutura de Concreto e Metálica" deste Caderno de Encargos.

Para a execução dos blocos, sapatas e vigas de fundação, deverão ser observadas as seguintes condições:

- Durante a etapa de escavação das valas, a CONTRATADA deverá providenciar dispositivos para a prevenção de acidentes, tais como cercas, gradis, tapumes, etc.



- Na execução das fundações em superfície, a CONTRATADA não deverá restringir-se à profundidade prevista em projeto; a escavação será levada até a cota onde o terreno apresentar resistência suficiente.
- O fundo das valas, após devidamente compactados, deverá ser recoberto com uma camada de concreto magro de 5 cm.
- As águas, porventura existentes nas valas, deverão ser totalmente esgotadas.
- No preparo da fundação em rocha, visando proporcionar uma perfeita aderência rocha - concreto, a superfície da rocha deverá ser preparada com certa rugosidade, seguida de uma limpeza total e lavagem completa da área de fundação. Rochas soltas, argamassas secas, depósitos orgânicos, substâncias oleosas, friáveis (rocha sedimentar, metamórfica ou substância que é facilmente desmontada, fraturada, desmanchada, dissolvida ou destruída) e outros materiais estranhos, deverão ser removidos. Fissuras abertas, impregnadas de argila ou outros materiais finos deverão ser limpas com jatos de ar e água até uma profundidade adequada.
- Rochas que não se desprendem facilmente com alavancas aplicadas manualmente não serão removidas.
- Antes do lançamento do concreto, as cavas deverão ser cuidadosamente limpas, isentas de quaisquer materiais que sejam nocivos ao concreto, tais como: madeiras, solos carregados por chuvas, etc.
- A complementação da limpeza será efetuada através do uso de picaretas, alavancas, vassouras duras, jatos de ar e água em alta velocidade, jatos de areia ou outros métodos adequados, seguidos de uma total lavagem.
- O acúmulo de água de lavagem, que resulta nas depressões da fundação, deverá ser removido antes do início do lançamento do concreto.
- Os corrimentos de água que procedem da parte externa da fundação a ser concretada deverão ser direcionados para locais de bombeamento.
- Durante o lançamento, a rocha deverá estar isenta de materiais finos e nas condições de "saturado superfície seca", a fim de que não haja absorção de água do concreto fresco.

### **c.1. Blocos**

Deverá haver rigoroso controle de locação dos elementos. No caso da existência de tensões de tração será necessária a armação da base do bloco para absorção dos esforços devidos à flexão.

### **c.2. Sapatas**

Para a execução de sapata corrida em alvenaria ou baldrame, proceder às etapas de escavação e alvenaria de embasamento, onde os blocos serão assentados com argamassa de cimento e areia, cuidando-se para ter juntas verticais e horizontais de espessura constante. Evitar o uso de pedaços de blocos e observar, sempre, a amarração para execução da cinta de concreto armado. Com a finalidade de maior distribuição das cargas e afim de evitar deslocamentos indesejáveis muitas vezes é usado o próprio bloco como forma lateral.

Para pequenos baldrames de contenção, utilizar alvenaria de blocos preenchidos com concreto, de acordo com a resistência especificada

Os esforços de tração produzidos na parte inferior da sapata serão absorvidos por armadura, que deverá estar convenientemente envolvida no concreto de modo a evitar a corrosão.

Para se evitar o aparecimento de tensões acima das previstas em projeto, deverá haver rigoroso controle na locação dos elementos, bem como nos respectivos ângulos de inclinação previstos.

No caso de sapatas contíguas, assentes em cotas diferentes, deverá se concretar primeiramente a sapata situada na cota mais baixa, respeitando-se também, as condições impostas na NBR 6122.

Competirá à CONTRATADA verificar se a taxa de fadiga (taxa de trabalho do terreno) é compatível com a adotada pelo autor do projeto de fundações, concretando as sapatas em camadas do solo que assegurem a perfeita estabilidade da obra.



### **c.3. Vigas de fundação**

Procede-se a locação do centro da sapata e do eixo do pilar; determinação da cota do fundo da vala; limpeza do fundo da vala; nivelamento do fundo da vala; dimensões da forma da sapata; armadura da sapata e do arranque do pilar.

### **c.4. Radiers**

Caberá à CONTRATADA, quando da escavação do local, atingir uma cota de assentamento mais homogênea possível e com uma taxa de trabalho do solo compatível com as cargas do projeto.

Deverá a CONTRATADA proceder a um perfeito nivelamento da área, levando em consideração a uniformidade das pressões a que será submetido o radier.

Os mesmos cuidados citados no item anterior deverão ser observados quando do lançamento das camadas de brita e do concreto magro.

Tanto em radiers homogêneos, quanto em radiers de espessuras variadas, deverá haver um perfeito nivelamento das lajes, de modo a não comprometer a estabilidade da obra.

## **d. Controle**

O controle tecnológico do concreto deverá ser rigorosamente executado de acordo com as normas da ABNT referenciadas item 6.1 do Capítulo 6 – “Estrutura de Concreto e Metálica” deste Caderno de Encargos.

### **d.1. Controle executivo**

As fundações diretas, como sapatas, blocos, sapatas associadas, vigas de fundação, vigas alavanca e vigas de travamento, “radier” e outras deverão ser locados perfeitamente de acordo com o projeto.

A escavação será realizada com a inclinação prevista no projeto ou compatível com o solo escavado. Uma vez atingida a profundidade prevista em projeto, o terreno de fundação será examinado para a confirmação da tensão admissível referenciada no projeto. No caso de não se atingir a resistência compatível com a adotada em projeto, a critério da SUPERVISÃO e consultado o autor do projeto, a escavação será aprofundada até a ocorrência de material adequado. Será permitida a troca do solo por outro material, como pedras e areia, desde que consultado o autor do projeto.

Uma vez liberada a cota de assentamento das fundações, será preparada a superfície através da remoção de material solto ou amolecido para a colocação do lastro de concreto magro previsto no projeto.

As operações de colocação de armaduras e a concretagem dos elementos de fundação serão realizadas dentro dos requisitos das especificações de serviço, tanto quanto às dimensões e locações quanto às características de resistência dos materiais utilizados. Cuidados especiais serão tomados para permitir a drenagem da superfície de assentamento das fundações diretas e para impedir o amolecimento do solo superficial.

### **d.2. Controle tecnológico**

A execução das fundações deverá satisfazer às normas da ABNT atinentes ao assunto, especialmente às NBR 6122 - “Projeto e execução de fundações” e NBR 6118 - “Projeto de estruturas de concreto - Procedimento” e aos Códigos e Posturas dos Órgãos Oficiais que jurisdicionem a localidade onde será executada a obra.

Um dos tópicos mais importantes do controle tecnológico é a realização da prova de carga em fundações, que objetiva determinar, por meios diretos, as características de deformação ou resistência do terreno. Este tópico terá um tratamento especial no final deste capítulo, no item 4.6.

### **4.4.3. Critérios de levantamento, medição e pagamento**

As peças de fundação deverão ser levantadas por nível, separando-as por tipo (exemplo: blocos, vigas baldrame, cortinas, cintas, etc.).



#### **a. Levantamento (quantitativos de projeto)**

O levantamento será efetuado separando-se todas as atividades necessárias à execução, em função das suas respectivas unidades, correspondendo sobretudo às ações de: escavação (m<sup>3</sup>), formas (m<sup>2</sup>), armação (kg) e concreto (m<sup>3</sup>).

Quando se tratar de pequenos baldrames de alvenaria de blocos de concreto, preenchidos com concreto, será levantado por m<sup>3</sup>.

Os serviços de escavação, transporte e reaterro do material escavado serão levantados pelos critérios descritos no capítulo 3 – Trabalhos em terra.

#### **b. Medição**

A medição será efetuada aplicando-se os mesmos critérios de levantamento.

#### **c. Pagamento**

Os serviços serão pagos aos preços unitários contratuais, contemplando todas as ações inerentes à sua execução, de acordo com os critérios de medição descritos anteriormente.

### **4.5. FUNDAÇÕES PROFUNDAS**

#### **4.5.1. Objetivo**

O Caderno de Encargos da SUDECAP objetiva estabelecer as diretrizes básicas para execução dos serviços de fundações profundas.

#### **4.5.2 Definições**

Quando os solos próximos à superfície do terreno são dotados de baixa capacidade de carga e são compressíveis, não permitindo o emprego de fundações em superfície, as cargas estruturais são transferidas para os solos de maior capacidade de suporte, situados em maiores profundidades, por meio de fundações ditas profundas.

Fundações profundas, do tipo estacas e tubulões, por exemplo, são elementos de fundação executados por equipamento à superfície do terreno, caracterizadas pelo seu comprimento e pequena seção transversal. São em geral de forma cilíndrica ou prismática, sendo suas principais funções:

- Transferir cargas a certa profundidade, em solos com pouca capacidade de suporte, por meio de atrito lateral ao longo do fuste (estacas flutuantes);
- Transferir cargas, através de água ou de camadas pouco resistentes, a um nível do terreno suficientemente capaz de absorvê-las (estacas carregadas de ponta);
- Transferir cargas ao terreno por meio de atrito lateral e de ponta;
- Compactar solos arenosos a fim de aumentar sua capacidade de carga (estaca de compactação);
- Levar a fundação a uma profundidade suficientemente segura aos fenômenos de erosão;
- Conter empuxo de terra ou de água.

#### **a. Estacas de concreto moldadas in loco**

As estacas serão moldadas no solo por meio de tubo de aço ou equipamento adequado, com um bulbo de alargamento da própria massa de concreto, na base, e deverão atender às normas da ABNT pertinentes ao assunto, em particular às NBR 6118 e NBR 6122, além de:

- O diâmetro mínimo será de 25 cm;
- As estacas moldadas no solo poderão ser armadas ou não, com revestimento perdido ou recuperável, conforme o caso;
- A dosagem do concreto a ser utilizado na confecção das estacas deverá ser racional; admitir-se-á, contudo, a critério da SUPERVISÃO, a dosagem empírica, quando a taxa nominal de trabalho da estaca for de 10 (dez) toneladas;



- No caso de se adotar a dosagem empírica, o concreto das estacas apresentará um teor mínimo de cimento, 300 kg/m<sup>3</sup> de concreto, e será de consistência plástica;
- Em qualquer das hipóteses anteriores, deverá a CONTRATADA provar, junto à SUPERVISÃO, que a dosagem do concreto a ser utilizado na confecção das estacas atende às exigências de projeto;
- Para o cumprimento das prescrições relativas aos concretos, deverão ser executados pela CONTRATADA, a critério da SUPERVISÃO, todos os ensaios necessários à perfeita caracterização da qualidade do concreto empregado nas estacas;
- O espaçamento das estacas, de eixo a eixo, deverá ser, no mínimo, três vezes o diâmetro da menor delas;
- Quando não especificado de modo diverso, o recobrimento mínimo das armaduras das estacas será de 25 mm;
- As estacas sujeitas a deslocamento horizontal serão dotadas de armaduras e dispositivos adequados para absorver os esforços oriundos do citado deslocamento;

As partes superiores dos fustes das estacas serão ligadas entre si por cintas ou blocos de fundações de concreto armado, em conformidade com indicações do projeto;

Não se deverá utilizar blocos de coroamento com mais de 6 (seis) estacas;

As estacas moldadas em solo podem ser dos seguintes tipos: Strauss, broca, escavada e Franki.

#### **a.1. Estaca tipo Strauss**

São estacas executadas com revestimento metálico recuperável, de ponta aberta, de modo a permitir a escavação do solo. Poderão ser de concreto simples ou armado.

São usadas para resistir a esforços verticais de compressão ou de tração. Não se recomenda a sua utilização em solos, onde a camada resistente se situe abaixo do nível aquífero. Para a utilização neste caso, o procedimento de execução deve estar detalhadamente especificado no projeto de fundações. A PBH não admitirá sua utilização em argilas submersas de consistência muito mole. As estacas terão comprimento máximo de 15,0 m.

#### **a.2. Estaca tipo Franki**

São estacas moldadas "in loco", executadas com revestimento metálico recuperável, de base alargada, sendo para isso necessário que os últimos 150 litros de concreto sejam introduzidos com uma energia mínima de 2,5 MNm, para estacas de diâmetro inferior ou igual a 45 cm e 5,0 MNm para estacas de diâmetro superior a 45 cm.

Poderá ser utilizada em qualquer tipo de solo. Merecerá cuidados especiais quando empregada em argilas submersas de consistência mole. Em argilas médias e rijas e em locais onde a cravação poderá acarretar danos a prédios vizinhos, será obrigatório que o fuste seja executado por escavação.

#### **a.3. Estacas tipo Broca**

São estacas moldadas "in loco", executadas por perfuração com auxílio de um trado espiral, que penetra no solo através de movimentos giratórios, de modo a transmitir para camadas mais resistentes do solo, as cargas a que serão submetidas.

Seu uso será limitado a terrenos acima do nível do lençol freático, com coesão (por exemplo: argila) e pouca água, de forma a garantir que o furo permaneça aberto sem desmoronamento das paredes laterais.

#### **a.4. Estaca Hélice Contínua**

É uma estaca de deslocamento, executada através da introdução, no terreno, de um trado helicoidal contínuo, com o comprimento integral previsto para a estaca. O trado possui um tubo interno, pelo qual se executará a concretagem, simultaneamente à retirada do mesmo, evitando, desta forma, o desconfinamento do solo. Este tipo de estaca tem como principais características a alta produtividade, monitoramento eletrônico durante todas as fases de execução e inexistência de vibração.



Aplicável em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não de lençol freático. Não deverá ser utilizada na presença de matacões e rochas. Em função do porte do equipamento, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação.

#### **a.5. Estaca escavada**

É a estaca moldada “in loco” cujo processo de execução envolve a utilização de lama bentonítica. Geralmente são circulares e alongadas, e têm a sua resistência garantida pelo atrito ao longo do fuste.

Em terreno onde haja a necessidade de grande capacidade de carga, garantindo a transmissão da carga da superestrutura ao estrato profundo e resistente do subsolo. Pode-se utilizar elementos do tipo diafragmas contínuos de concreto armado moldados no terreno, como forma de se construir, no solo, muro vertical de profundidade e largura variável.

#### **b. Estacas de concreto pré-moldadas**

No caso de estacas pré-moldadas, o diâmetro deverá ser definido pelo projeto, em respeito à capacidade de carga necessária. Quando a SUPERVISÃO julgar pertinente, poderá ser solicitada a realização de teste de cargas, com ônus exclusivo à CONTRATADA;

##### **b.1. Cravadas**

As estacas pré-moldadas de concreto armado, cravadas no solo, deverão atender as seguintes condições:

- Deverão ser dotadas de armadura para resistir aos esforços de transporte, manipulação e cravação, além do trabalho normal a que estarão sujeitas, inclusive deslocamento horizontal;
- O dimensionamento será conforme normas NBR 6122 e NBR 6118;
- O espaçamento mínimo entre os eixos será de 2,5 vezes o diâmetro da estaca ou do círculo de área equivalente;
- O recobrimento mínimo das armaduras das estacas será de 25mm;
- O concreto apresentará uma resistência (fck) mínima de 20 MPa (200kg/cm<sup>2</sup>);

##### **b.2. Prensadas**

Também conhecidas pelo nome de estaca mega, são estacas de concreto pré-moldado constituídas de segmentos curtos, cravadas por pressão estática.

Este tipo de estaca será utilizado apenas com o reforço de fundação. Entretanto, será admitido, somente em casos excepcionais, quando for inadmissível qualquer vibração, choque ou ruído na confecção da fundação de uma edificação.

#### **c. Estacas metálicas**

Trata-se de elementos de fundação constituídos por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada (seção quadrada, circular ou retangular), apresentando elevada resistência de ponta, bem como carga de trabalho em torno de 800kg/cm<sup>2</sup>.

Serão empregadas em qualquer tipo de solo, sendo mais indicadas para os casos onde as peças têm função múltipla (fundação, escoramento e estrutura).

#### **d. Estacas de madeira**

São elementos de fundação profunda, atualmente, aplicadas apenas em casos particulares e constituídas das seguintes madeiras: maçaranduba, pau d'arco, ipê, baraúna e, mais comumente, o eucalipto.

As estacas de madeira somente poderão ser utilizadas quando totalmente submersas, não sendo permitido seu emprego em terrenos com matacões. A SUPERVISÃO admitirá apenas em casos excepcionais, após prévia autorização.

A ponta e o topo deverão ter diâmetros maiores que 15,0 cm e 25 cm, respectivamente.





#### **e. Tubulões**

Elemento estrutural, cilíndrico, construído concretando-se um poço aberto no terreno (tubulão não revestido ou a céu aberto), ou fazendo-se descer por escavação interna ou cravação, com equipamento, um tubo de concreto armado ou aço que é preenchido de concreto simples ou armado (ar comprimido – pneumático).

##### **e.1. Tubulões a céu aberto**

São elementos cuja função é transmitir as cargas estruturais para os solos de maior capacidade de suporte, situados em maiores profundidades. São caracterizadas por seção transversal que permite escavação interna, com entrada de pessoal em seu interior. Os tipos existentes se diferenciam por modo de execução:

- Tubulão não-revestido: executado por escavação manuais ou mecânicas, sempre acima do nível d'água natural ou rebaixado, sem risco de desmoronamento;
- Tubulão revestido: utilizado em terrenos com baixa coesão; a escavação deverá possuir escoramento para contenção lateral. Podem ser:
  - Com revestimento em concreto: com camisa de concreto armado, ou anéis de concreto pré-moldado;
  - Com camisa de aço.

##### **e.2. Tubulões a ar comprimido**

Utilizados em locais com N.A. elevado, onde não seja possível o esgotamento da água. Usa-se injeção de ar comprimido nos tubulões para impedir a entrada de água, pois a pressão interna é maior que a pressão da água. A pressão empregada é no máximo de 3 atm, limitando a profundidade em 30m abaixo do N.A. – (Mal do ar comprimido) e existe o perigo de desmoronamento das paredes.

#### **4.5.3. Condições específicas**

##### **a. Equipamentos**

Os equipamentos para execução das fundações em profundidade serão função do tipo e dimensão do serviço a ser realizado. Poderão ser utilizados: bate- estaca, perfuratriz, trados mecanizados, escavadeira, equipamentos para concretagem como: vibradores, betoneiras, mangueiras, caçambas, guindastes para colocação de armadura, bombas de sucção para drenagem de fundo de escavação e outros que se fizerem necessários.

##### **b. Materiais**

Os materiais utilizados para a execução das fundações profundas, concreto, aço e forma, obedecerão às especificações de projeto e normas da ABNT.

##### **c. Execução**

A metodologia de execução relativa aos itens forma, escoramento, desforma, etc., integrantes do grande grupo fundações, encontra-se referenciada no Capítulo 6 - "Estrutura de Concreto e Metálica" deste Caderno de Encargos.

Caso a execução das fundações seja sub-empitada para firma especializada, deverá a CONTRATADA submeter à apreciação prévia da SUPERVISÃO todas as credenciais da firma. Somente após a autorização da SUPERVISÃO os serviços poderão ser iniciados. A sub - empreiteira deverá obrigatoriamente estar ciente de todas as normas e especificações relativos a estes serviços contidas neste Caderno de Encargos.

Ao efetuar a fundação em profundidade, não deverá a CONTRATADA restringir-se às profundidades pré - estabelecidas em projeto, mas prosseguir na cravação e/ou escavação até onde a camada de base apresentar resistência compatível com as cargas previstas para as fundações.

Qualquer modificação durante a execução dos trabalhos, só poderá ser executada depois de autenticada pela SUPERVISÃO, sem que tal autenticação prejudique, de qualquer modo, o disposto quanto à responsabilidade da CONTRATADA.



Correrão por conta da CONTRATADA todas as despesas necessárias com escoramentos de construções vizinhas e sustentação de taludes, ou quaisquer outros itens necessários à perfeita execução e estabilidade da obra.

### **c.1. Estacas moldadas “in loco”**

#### **c.1.1. Estaca tipo Strauss**

O equipamento empregado será basicamente o seguinte:

- Tripé semelhante ao utilizado para execução de sondagem a percussão;
- Forma metálica para cravação no terreno;
- Pilão com aproximadamente 300 kg;
- Guincho (sendo preferível o equipamento com 2 guinchos);
- Sonda de percussão, que escavará o terreno;

Linhas de tubulação de aço com elementos de 2,0 a 3,0 m, rosqueáveis entre si, além das roldanas, cabos e ferramentas.

O tripé será localizado de modo que o soquete preso ao cabo de aço fique centralizado no piquete de locação.

A perfuração será iniciada com o soquete até a profundidade de 1,0 a 2,0 m; o furo assim formado servirá de guia para a introdução do primeiro tubo dentado na extremidade inferior, chamado coroa.

Após a introdução da coroa, o soquete será substituído pela sonda de percussão, a qual, por golpes sucessivos, irá retirando o solo interior abaixo da coroa e introduzindo-se no terreno. Quando esta estiver toda cravada, será rosqueado o tubo seguinte, e assim por diante, até atingir-se uma camada de solo resistente e/ou que se tenha um comprimento de estaca considerado suficiente para garantia da carga de trabalho.

Na primeira etapa de concretagem, a sonda será substituída pelo soquete. O concreto será lançado no tubo em quantidade suficiente para se ter uma coluna de aproximadamente 1,0 m. Sem puxar a tubulação, apiloa - se o concreto, formando uma espécie de bulbo.

A execução do fuste será efetuada lançando-se o concreto dentro da tubulação e, à medida em que for apiloado, deverá ser retirada a referida tubulação com emprego de guincho manual.

Para garantia da continuidade do fuste, deverá ser mantida, dentro da tubulação, durante o apiloamento, uma coluna de concreto suficiente para ocupar todo o espaço perfurado e eventuais vazios no subsolo. Dessa forma, o pilão não terá possibilidade de entrar em contato com o solo da parede da estaca e provocar desmoronamento e mistura de solo com o concreto.

Para se evitar o seccionamento do fuste, o molde deverá ser retirado com muito cuidado, e com velocidade tal a evitar invasão do solo no concreto.

A concretagem será efetuada até um pouco acima da cota de arrasamento da estaca. Deverá ser deixado um excesso para o corte da cabeça da estaca.

A operação final será a colocação dos ferros de “espera” para amarração aos blocos e baldrames, geralmente em número de 04 (quatro) ferros, isolados com 2,0 m de comprimento, simplesmente enfiados no concreto ainda fresco.

Quando houver necessidade de colocação de armadura para resistência aos esforços de tração, deverão ser tomadas as seguintes precauções:

- A bitola mínima para execução de estacas armadas deverá ser dimensionada, de forma que a armação fique situada entre o tubo e o soquete, para que este possa trabalhar livremente no interior daquela;
- Os estribos deverão ser convenientemente amarrados, de modo a obedecer rigorosamente o espaçamento previsto.



- Deverá haver especial cuidado quando da cravação do molde, principalmente próxima a uma estaca recém concretada, uma vez que o deslocamento lateral do solo causado pela cravação poderá danificar as estacas adjacentes.

#### c.1.2. Estaca tipo Franki

Na colocação do tubo serão empregados equipamentos semelhantes aos mencionados para estacas tipo Strauss, atentando para o fato que o pilão (soquete) deverá ter peso variando de 1 a 3 toneladas e diâmetro de 180 a 380 mm (valores mínimos).

Colocado o tubo verticalmente, ou segundo a inclinação prevista, derrama-se sobre o mesmo uma certa quantidade de concreto seco que será socado de encontro ao terreno.

Sob os choques do pilão, o concreto forma, na parte inferior do tubo, uma “bucha” estanque, cuja base penetrará ligeiramente no terreno, sendo que sua parte superior, comprimida energicamente contra as paredes do tubo, o afundará por atrito.

Uma vez que o tubo tenha atingido a profundidade do solo que contém resistência suficiente para a carga a que será submetido (nega de 20mm/10 golpes), o tubo será levantado ligeiramente e mantido preso aos cabos de moitão da máquina.

Destaca-se, em seguida, a “bucha”, por meio de golpes de pilão, tendo-se, no entanto, o cuidado de deixar no tubo uma certa quantidade de concreto que garanta estanqueidade.

Nesta etapa, introduze-se mais concreto no tubo e, sem levantá-lo, apiloa - se o concreto no terreno, provocando a formação de um bulbo.

Colocada a armadura, inicia-se a execução dos fustes, apiloando - se o concreto em camadas sucessivas de espessura conveniente, ao mesmo tempo em que se retira o tubo, tendo-se o cuidado de deixar no mesmo uma quantidade de concreto, para que o solo e/ou água nele não penetre.

Sempre que a compressão do solo não for desejável, ou seja, houver possibilidade de levantamento de estacas próximas, ou vibrações muito intensas, a cravação do tubo será efetuada escavando-se o terreno previamente e mantendo-se as paredes do furo estáveis, no caso de terrenos arenosos.

A estaca Franki será permitida, desde que seu comprimento não seja superior a 25,0m. Ocorrendo comprimento superior a este, deverá ser utilizada a estaca Franki com tubo perdido de parede delgada de aço. Tal recomendação também será aplicada para casos onde existir argila mole acima da camada suporte.

#### c.1.3. Estacas tipo Broca

Deverá ser feita escavação até profundidade compatível com a carga indicada no projeto estrutural, em comprimento máximo de 6m.

O lançamento do concreto deverá ser acompanhado de apiloamento, tomando-se o cuidado de não atingir as paredes do furo.

Deverão ser executados serviços complementares de colocação de ferragens de ligação com o bloco de apoio.

Será observada a perfeita verticalidade da mesma, não sendo permitido desvio superior a 1:100.

- Trado manual

A perfuração é realizada por um operário, através de equipamento manual de pequeno porte. A SUPERVISÃO admitirá seu emprego apenas em serviços sem grandes responsabilidades (por exemplo muros divisórios, galpões, etc.). Em nenhuma hipótese será admitido seu emprego quando submetidas à cargas superiores a 10t.

- Trado mecanizado

As estacas são escavadas mecanicamente, executadas através de torres metálicas, geralmente acopladas a caminhões. São empregados guinchos, conjunto de tração e haste de perfuração, constituídas de trados de até 6 metros em sua extremidade, procedendo o avanço através de prolongamento telescópico.

#### c.1.4. Estaca Hélice Contínua

A metodologia de execução obedecerá ao seguinte roteiro:

- Posicionamento do equipamento e perfuração do terreno com o trado até a profundidade definida em projeto. Durante essa etapa, o solo é bloqueado pelo fundo, e assim o material preenche as hélices do trado.
- Injeção de concreto bombeado pelo corpo central do trado até o topo, sob pressão.
- Retirada contínua e lenta do trado, sendo o espaço anteriormente ocupado pelo trado preenchido com concreto, que é mantido sob pressão, medida no topo do trado, até o final de concretagem. Nesta etapa é utilizado o “limpador mecânico”, que permite retirar o material das hélices do trado.
- Posicionamento da armadura imediatamente após o término da concretagem, enquanto o concreto ainda está em início de cura.

Os equipamentos disponíveis permitem executar estacas de, no máximo, 25m de profundidade e inclinação de até 1:4 (H:V).

Para controlar a pressão de bombeamento do concreto, existe um instrumento medidor digital que informa todos os dados de execução da estaca, tais como: inclinação da haste, profundidade da perfuração, torque e velocidade de rotação da hélice, pressão de injeção, perdas e consumo de concreto.

O sistema permite uma produtividade em média de 250m por dia dependendo do diâmetro da hélice, da profundidade e da resistência do terreno.

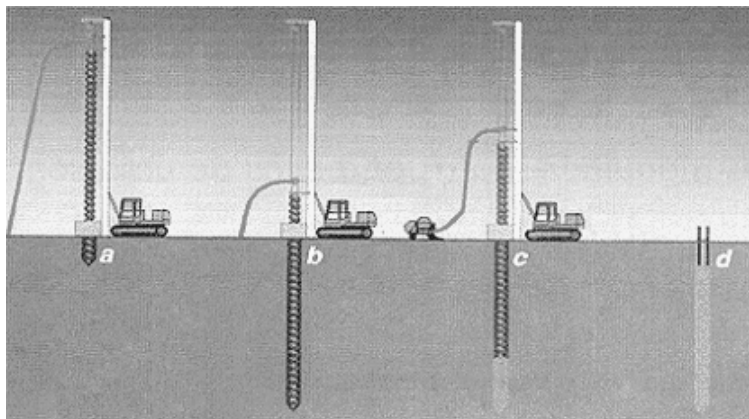


Figura 1 – a: início perfuração; b: perfuração completa; c: retirada trado e concretagem simultânea; d: concretagem acabada

#### c.1.5. Estaca escavada

Compreende a realização das etapas de perfuração, colocação de armaduras e concretagem. No caso da perfuração, ela poderá ser realizada a seco, em locais de solo coesivo ou mediante a utilização de sistemas de contenções das paredes dos furos, a ser realizada por meio da lama bentonítica ou mediante cravação de revestimento metálico apropriado. O sistema de perfuração pode ser por rotação ou por mandíbulas, conforme se trata de estacas cilíndricas ou paredes-diafragma e estacas-barrete. Terminada a perfuração procede-se a colocação da armadura em gaiolas pré-montadas, por meio de guindaste, devendo a armadura ser dotada de estribos espirais, anéis de rigidez e espaçadores que possam garantir o



recobrimento conveniente da ferragem principal. O lançamento do concreto, em perfuração preenchida com lama bentonítica, requer o uso de um tubo de concretagem denominado de tubo tremonha.

### **c.2. Estacas de concreto pré-moldadas**

#### c.2.1. Cravadas

A cravação será executada por bate-estacas equipado com martelo especial apropriado, de modo que a estaca penetre com maior verticalidade. Deverão ser obedecidas as recomendações da NBR 6122, no que se refere à relação entre o peso do pilão e o peso da estaca.

Durante a cravação deverá haver rigoroso controle com relação à verticalidade, corrigindo-se qualquer irregularidade neste sentido.

As emendas, quando necessárias, deverão resistir a todas as solicitações que nelas ocorrerem. As emendas deverão ser efetuadas mediante o emprego de luvas de aço, onde o comprimento mínimo de cada aba de encaixe seja de 2 vezes o diâmetro médio da estaca.

Para se evitar a compactação indevida do solo, impedindo a penetração de estacas vizinhas em um mesmo bloco, a seqüência de cravação deverá ser do centro do grupo para a periferia, ou de um bordo em direção ao outro.

Nas estacas vazadas de concreto, antes da concretagem do bloco, o furo central deverá ser convenientemente tamponado.

Deverá ser utilizado um capacete de aço com coxim de madeira, para proteção da cabeça da estaca durante a cravação.

A nega máxima admitida para as estacas pré-moldadas será de 20mm/10 golpes.

O comprimento mínimo de cravação das estacas deverá ser de 5,0m.

A SUPERVISÃO admitirá a utilização de 3 tipos: concreto armado, concreto armado centrifugado e concreto armado protendido.

Quaisquer dos tipos mencionados deverão satisfazer às condições de projeto e ser compatíveis com o tipo de solo.

#### c.2.2. Prensadas

Os segmentos serão cravados um após outro, e sobrepostos por meio de um macaco hidráulico reagindo contra um peso.

Quando se utilizar a estrutura existente como reação para cravação do elemento, a força de prensagem ficará limitada ao valor da reação disponível.

A SUPERVISÃO admitirá a utilização de elementos com orifício central, que servirão para circulação de água sob pressão, facilitando a penetração, devendo, porém, serem confeccionados em concreto centrifugado.

### **c.3. Estacas metálicas**

A SUPERVISÃO admitirá o emprego de perfis H, perfis I, perfis tubulares e perfis soldados.

Na seção transversal dos perfis de aço deverá ser desprezada a área ao longo da periferia em contato com o solo no valor de 1,5mm da sua espessura.

Havendo, porém, trecho desenterrado, imerso em aterro com materiais capazes de atacar o aço ou a existência de qualquer outro meio agressivo, será obrigatória a proteção desse trecho.

As estacas metálicas deverão ser retilíneas, admitindo-se, como tais, as que apresentem raio de curvatura, em qualquer ponto do eixo, maior que 400,0 metros.

As estacas poderão ser emendadas por solda, de maneira que a emenda tenha resistência maior ou igual às partes emendadas.

Para efeito de cravação, o estaqueamento deverá obedecer às especificações próprias e sobretudo:



- Deve-se dimensionar o mínimo de 2 estacas por pilar;
- O cabeçote a ser colocado na cabeça das estacas deverá estar ajustado, evitando-se assim excentricidades e inclinações indesejáveis;
- O controle de execução deverá seguir rigorosamente as instruções contidas em especificações próprias.

#### **c.4. Estacas de madeira**

A reta imaginária que une os centros das seções de ponta e topo deverá estar integralmente dentro do plano da estaca.

Será indispensável uma conveniente proteção nos topos das estacas, para evitar danos durante a cravação.

Caso ocorra algum dano durante a escavação, a parte afetada deverá ser cortada; quando tiver que penetrar ou atravessar camadas resistentes, as pontas deverão ser protegidas por ponteiros de aço.

Emendas, se necessárias, deverão ter resistência no mínimo igual à da seção da estaca, e deverão ser executadas por sambladuras, por anel metálico ou por talas de junção. Quando submersas em água livre, quer doce ou salgada, no sentido de se evitar ataques de organismos vivos, deverá ser efetuado tratamento adequado para proteção, não sendo admitido o tratamento por pintura superficial.

O peso do martelo deverá obedecer as prescrições contidas na NBR 6122. O bate-estacas deverá ser lento, sendo admitida a velocidade de 60 golpes/minuto.

Quando utilizada como estaca de ponta, seu diâmetro maior será cravado para baixo. No caso de ser utilizada como estaca flutuante, deverá ser deixado o diâmetro maior no topo.

A nega máxima admissível para a estaca de madeira será de 40 mm/10 golpes.

#### **c.5. Tubulões**

Deverão ser observadas as normas da ABNT atinentes ao assunto, em particular a NBR 6118, NBR 6122 e NBR 7678 – “Segurança na execução de obras e serviços de construção”.

Os tubulões serão sempre executados em concreto, armado ou simples. Poderão ser dotados de camisa externa de aço - perdida ou recuperável - ou de concreto armado.

Poderão ser escavados manual ou mecanicamente, usando, eventualmente, lamas bentoníticas.

Quando a escavação for manual, o diâmetro necessário para segurança do operador deverá ser de, no mínimo, 60 cm.

Caso a escavação seja executada mecanicamente, os últimos 0,50 m deverão ser escavados e abertos manualmente, inclusive o alargamento da base (quando necessário), a fim de evitar-se a destruição da estrutura do terreno.

Os tubulões deverão ficar assentes sobre terreno de alta resistência à compressão.

Na hipótese de ocorrência de desmoronamento, a CONTRATADA deverá submeter, previamente, a solução do problema à aprovação da SUPERVISÃO.

Deverá a CONTRATADA prever adequada proteção junto aos fustes, de modo a impedir a entrada em seu interior de materiais estranhos.

Antes da concretagem deverá ser efetuada uma nova inspeção no tubulão, devendo-se conferir as dimensões, qualidades e características do solo, inclusive da base, procedendo-se à limpeza do fundo da base, com remoção de camada eventualmente amolecida pela exposição ao tempo ou por água de infiltração.

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deverá ser iniciada pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos.

Não será permitido trabalho simultâneo em bases alargadas de tubulões adjacentes, tanto em relação à escavação quanto à concretagem.



Quanto às cargas admissíveis e o cálculo estrutural dos tubulões, deverão ser observados o contido na NBR 6122.

Quanto a tolerâncias, serão de acordo com a NBR 6122, cabendo destacar:

- Excentricidade: 10% do diâmetro do fuste;
- Desaprumo: 1%.

Quanto ao modo de execução os tubulões poderão ser:

#### c.5.1. Tubulões não revestidos

Estes elementos de fundação serão executados com escavação manual ou mecânica.

A escavação manual só poderá ser executada acima do nível d'água, natural ou rebaixado, ou, ainda, em casos especiais em que seja possível bombear a água sem risco de desmoronamento ou perturbação no terreno de fundação abaixo desse nível.

Serão dotados ou não de base alargada tronco-cônica, conforme projeto;

Poderão ser escavados mecanicamente com equipamento adequado;

Quando abaixo do nível d'água, a perfuração mecânica poderá prosseguir utilizando-se, se necessário, lamas bentoníticas para manter estável o furo.

Na concretagem de tubulões, quanto à escavação, admitir-se-ão as seguintes variantes:

- Escavação seca: o concreto será simplesmente lançado da superfície, através de tromba (funil) de comprimento adequado para evitar que o concreto bata nas paredes da escavação e se misture com terra. Normalmente o comprimento do tubo do funil é de 5 vezes seu diâmetro;
- Escavação com água ou lama: o concreto será lançado através de tubo tremonha ou outro processo de eficiência comprovada.

#### c.5.2. Tubulões revestidos

Em terrenos com baixa coesão, a escavação do poço deverá ser acompanhada com escoramento para contenção lateral da terra, que poderá ser executado com camisa de concreto ou metálica.

- Com revestimento em concreto

A camisa de concreto armado será concretada sobre a superfície do terreno ou em uma escavação preliminar de dimensões adequadas, por trechos de comprimento convenientemente dimensionados e introduzidos no terreno depois que o concreto atinja resistência adequada à operação da escavação interna. Depois de cravado um elemento, concretar-se, sobre ele, o elemento seguinte, e assim sucessivamente, até atingir-se o comprimento final previsto.

Caso durante essas operações seja atingido o lençol d'água do terreno, será adaptado ao tubulão equipamento pneumático conforme item adiante.

Atingida a cota prevista para assentamento do tubulão, procede-se, se for o caso, às operações de abertura da base alargada.

Durante essa operação, a camisa deverá ser escorada, de modo a evitar sua descida.

Terminado o alargamento, concretar-se a base e o núcleo do tubulão, obedecendo-se o plano de concretagem previamente definido.

- Com camisa de aço

A camisa de aço será utilizada do mesmo modo que a camisa de concreto, para manter aberto o furo e garantir a integridade do fuste do tubulão.



Poderá ser introduzida por cravação com bate-estacas, ou através de equipamento especial. A escavação interna, manual ou mecânica, poderá ser executada à medida da penetração do tubo ou de uma só vez, quando completada a cravação do tubo.

O alargamento da base poderá ser executado manual ou mecanicamente, sob ar comprimido ou não.

No caso de uso de ar comprimido, a camisa deverá ser ancorada ou receber contrapeso, de modo a evitar sua subida.

A camisa metálica, no caso de não ter sido considerada no dimensionamento estrutural do tubulão (conforme NBR 6122), poderá ser recuperada à medida em que se processe a concretagem ou posteriormente.

A espessura mínima das paredes do tubo será de 10 mm.

Durante a cravação da camisa metálica, a verticalidade deverá ser controlada através de prumo de face.

Antes da concretagem, deve-se limpar internamente as camisas, manualmente ou através da circulação de água, ou ainda através da renovação de lama bentonítica.

#### c.5.3. Disposições construtivas gerais (tubulões)

- Alargamento de base

Os tubulões serão dimensionados de maneira a evitar alturas de bases superiores a 2,0m, estas só admitidas em casos excepcionais e devidamente justificados.

Quando as características do solo indicarem que o alargamento de base será problemático, dever-se-á prever o uso de injeções, aplicações superficiais de argamassa de cimento ou mesmo escoramento, a fim de se evitar desmoronamento da base.

Quando a base do tubulão for assente sobre rocha inclinada, deverá ser observado o disposto no item específico da NBR 6122.

- Armadura

A armadura do núcleo deverá ser montada de maneira a garantir sua rigidez e evitar deformações durante o manuseio e concretagem.

A armadura de ligação fuste-base deverá ser projetada e executada de modo a garantir concretagem satisfatória da base alargada. Deve-se evitar que a malha constituída pelos ferros verticais e os estribos, tenha dimensões inferiores a 30x 30 cm, usando-se, se necessário, feixes de barras ao invés de barras isoladas.

- Tempo de execução

Deve-se evitar que entre o término da execução do alargamento da base e sua concretagem decorra tempo superior a 24 horas.

- Concretagem

O concreto será lançado, da superfície, através de funil (tremonha ou calha) especialmente projetado para tal fim, com o comprimento da ordem de 5 vezes o seu diâmetro, de modo a evitar que o concreto bata nas paredes do tubulão e se misture com a terra, prejudicando a concretagem. O concreto se espalhará pela base pelo próprio impacto de sua descarga mas é conveniente interromper a concretagem de vez em quando e descer para espalhá-lo, para evitar que fiquem vazios na massa de concreto.

Pode-se observar na Figura 2 o detalhe do processo recomendado.

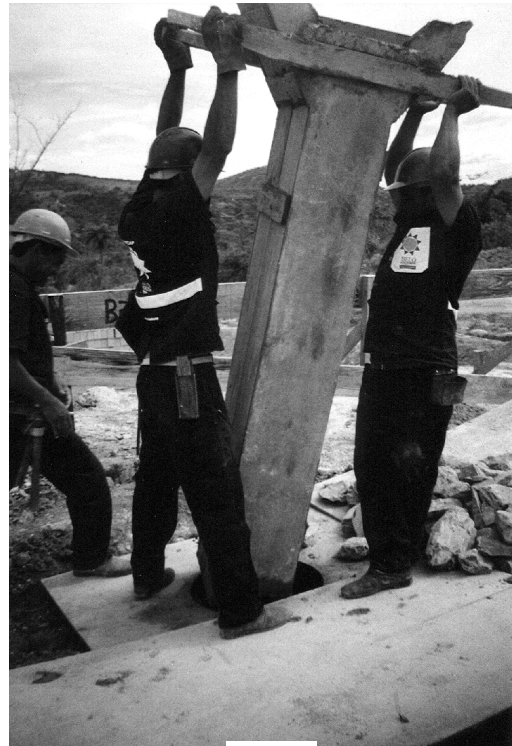




2.a



2.c



2.b

*Figura 2A/2B/2C - Detalhe de calha projetada para lançamento de concreto em tubulões*

- Preparo da cabeça

O topo dos tubulões apresenta, normalmente, conforme o trabalho desenvolvido, concreto não satisfatório. O mesmo deverá ser removido até que se atinja material adequado, ainda que abaixo da cota de arrasamento prevista, reconcretando-se a seguir o trecho eventualmente cortado abaixo dessa cota.

- Ligação do tubulão com o bloco de coroamento

Em qualquer caso deverá ser garantida a transferência adequada da carga do pilar para o tubulão, conforme estabelecido em projeto.

- Acompanhamento

Quando da necessidade de bloco de coroamento, o fundo da cava deverá ser recoberto com uma camada de 5 cm de espessura de concreto magro.

Deverão ser apresentados à SUPERVISÃO, pela CONTRATADA, os seguintes elementos para cada tubulão:

- Cota de arrasamento;
- Dimensões reais da base alargada;
- Material da camada de apoio da base;
- Equipamento usado nas várias etapas;
- Deslocamento e desaprumo;
- Consumo de material durante a concretagem e comparação com o volume previsto;
- Quantidade dos materiais;
- Anormalidade de execução e providências.



#### **d. Controle**

##### **d.1. Controle Executivo**

Na execução das estacas, o operador não deverá restringir-se, rigorosamente, à profundidade prevista no projeto, realizando, porém, a cravação até onde a nega da estaca e o material extraído indicarem a presença de camada suficientemente resistente para suportar a obra a ser executada.

A definição da nega a ser aplicada será empregada para o controle de cravação da estaca, não sendo recomendável seu uso para determinação da capacidade de carga da estaca. Quando não definido no projeto ou em especificações, a nega admitida pela CONTRATANTE será de 20 mm para 10 golpes do martelo, obtida na terceira tentativa consecutiva.

As fundações não poderão ter os blocos invadindo o terreno vizinho nem o passeio da rua.

No caso de estacas parcialmente cravadas no solo, deverá ser apresentada justificativa de segurança das mesmas quanto à flambagem.

As estacas terão o comprimento mínimo necessário, evitando-se, tanto quanto possível, soldas ou emendas.

Quando da cravação de estacas vizinhas, sobretudo a distâncias inferiores a 5 (cinco) diâmetros e, mais particularmente, no caso de peças moldadas no solo, serão tomados os maiores cuidados no sentido de evitar a possível danificação das estacas existentes (recém - cravadas), pela penetração das novas.

No cálculo das fundações em profundidade serão considerados os momentos e os esforços verticais e horizontais.

Deverá ser considerado, também, que a carga total de um bloco composto de várias estacas é menor que a soma das capacidades individuais das estacas, e que é tanto menor quanto maior for o número de estacas.

Em todos blocos de coroamento deverão ser utilizadas formas de madeira. Como o fundo da cava será recoberto com concreto magro, deverá ser evitado que ele cubra a cabeça das estacas. Para tanto, recomendar-se-á que a cabeça da estaca fique em cota mais alta que o fundo da escavação. A cota definitiva só deverá ser atingida após o lançamento do concreto magro.

As cabeças das estacas, caso seja necessário, deverão ser cortadas com ponteiros até que se atinja a cota de arrasamento prevista, não sendo admitido nenhum outro aparelho para tal serviço. Não será admissível a utilização de sistemas pneumáticos que possam ocasionar vibração excessiva nas estacas.

Para cortar o concreto serão utilizados ponteiros bem afiados, trabalhando horizontalmente e se possível um pouco inclinado para cima.

O corte do concreto será efetuado em camadas de pouca altura, iniciando da periferia em direção ao centro.

As cabeças das estacas deverão ficar sempre em posição normal ao eixo das mesmas.

As estacas deverão penetrar no bloco de coroamento pelo menos 10 cm para estacas de concreto e 20 cm para estacas metálicas, salvo especificação contrária.

Os materiais a serem utilizados na produção de estacas (água, pedra, areia, aço, cimento e madeira), deverão respeitar as prescrições contidas nas respectivas normas da ABNT. É permitida a utilização de aditivos e adições respeitadas as especificações dos fabricantes.

Deverá a CONTRATADA apresentar à PBH, planilha contendo:

- Comprimento real da estaca abaixo do arrasamento;
- Suplemento utilizado – tipo e comprimento;
- Desaprumo, desvios de locação e quebras ocorridas;
- Características do equipamento de cravação contendo: peso do martelo, diâmetro, altura de queda do martelo, número de golpes/minuto, etc.;
- Cota de arrasamento;
- Número de golpes/metro para cada estaca;
- Data da cravação;



- Nega final obtida em cada estaca (para 10 golpes de martelo);
- Deslocamento e levantamento de estacas, por efeito de cravação de estacas vizinhas, quando ocorrer.

Deverá a CONTRATADA apresentar diagrama de cravação em pelo menos 10% das estacas, sendo obrigatoriamente incluídas as estacas mais próximas aos furos de sondagem.

Em relação a prova de carga em fundações profundas esta será objeto de abordagem específica, contida no item 4.6 – “Prova de Carga”.

#### **d.2. Tolerâncias**

##### d.2.1. Quanto à excentricidade

- De estacas isoladas não travadas

No caso de estacas isoladas não travadas, em duas direções aproximadamente ortogonais, será tolerado um desvio, entre eixos de estaca e ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, de 10% do diâmetro da estaca. Será obrigatório, na verificação de segurança à flambagem do pilar, levar em conta um acréscimo de flambagem dependente das condições de engastamento da estaca.

- De estacas isoladas travadas

Neste caso, as vigas de travamento deverão ser dimensionadas para a excentricidade real quando a mesma ultrapassar o valor do item anterior. Quanto à flambagem e verificação, deverá ser efetuada apenas quanto ao pilar.

- Do conjunto de estacas alinhadas

Para excentricidade na direção do plano das estacas, deverá ser verificada a solicitação nas estacas. Admitir-se-á, sem correção, um acréscimo de, no máximo, 15% sobre a carga admissível de projeto da estaca. Acréscimos superiores a este deverão ser corrigidos, mediante acréscimo de estacas ou recurso estrutural.

- Do conjunto de estacas não alinhadas

Deverá ser verificada a solicitação em todas as estacas, admitindo-se, na estaca mais solicitada, que seja ultrapassada em 15% a carga admissível de projeto. Acréscimos superiores a este, deverão ser corrigidos conforme item anterior.

##### d.2.2. Quanto ao desvio de inclinação

Sempre que uma estaca apresentar desvio angular em relação à posição projetada, deverá ser efetuada verificação de estabilidade, tolerando-se sem medidas corretivas um desvio de 1:100.

Em se tratando de grupo de estacas, a verificação deverá ser efetuada para o conjunto, levando-se em conta a contenção do solo e as ligações estruturais.

#### **4.5.4. Critérios de levantamento, medição e pagamento**

As peças de fundação deverão ser levantadas por nível, separando-as por tipo (exemplo: blocos, vigas baldrames, cortinas, cintas, etc.).

##### **a. Levantamento (quantitativos de projeto)**

No caso de estacas, o levantamento será efetuado por metro (m) a ser executado, baseado na profundidade prevista no perfil de sondagem e no projeto de fundações.

No caso de tubulões, o levantamento será efetuado dentro dos mesmos critérios acima, separando-se os serviços de escavação (m<sup>3</sup>), concreto (m<sup>3</sup>) e armação (kg). Os volumes de escavação e concreto serão calculados através do volume do cilindro e do tronco de cone, baseado nas medidas de projeto. O transporte e a carga do material escavado, será levantado pelos critérios descritos no capítulo 3 – Trabalhos em terra.

##### **b. Medição**



No caso de estacas, a medição será efetuada por metro (m) efetivamente cravado, não sendo objeto de medição, possíveis sobras ou quebra de estacas, cortes ou emendas.

No caso de tubulões, a medição será efetuada adotando-se os mesmos critérios de levantamento baseando-se nas medidas do local.

### c. Pagamento

Os serviços serão pagos aos preços unitários contratuais, contemplando todas as ações inerentes à sua execução e controle. No caso de estacas, o fornecimento inclui sua cravação, possíveis cortes e emendas.

## 4.6. PROVA DE CARGA DAS FUNDAÇÕES

### 4.6.1. Objetivo

Determinar, por meios diretos, as características de deformação ou resistência do terreno.

### 4.6.2. Fundações de superfície

#### a. Condições gerais

Obriga-se a CONTRATADA a realizar, pelo menos, duas provas de carga, em locais previamente designados pela SUPERVISÃO.

Para perfeita verificação do comportamento das fundações, poderão ser exigidas, a critério da SUPERVISÃO, novas provas de carga, responsabilizando-se a SUPERVISÃO pelo pagamento.

Se os resultados não satisfizerem as condições pré-estabelecidas pela SUPERVISÃO, as provas de carga subsequentes que se fizerem necessárias para comprovação da taxa de trabalho, após a correção das irregularidades, serão executadas às expensas da CONTRATADA.

As provas de carga deverão obedecer ao preconizado na NBR 6489 - "Prova de carga direta sobre terreno de fundação", além do adiante especificado:

- Serão executadas diretamente no terreno de base das fundações;
- Serão efetuadas, de preferência, nos trechos mais desfavoráveis do terreno.

#### b. Instalação e aparelhamento

A cota da superfície de carga deverá ser sempre a mesma que a das bases da futura fundação.

A placa para aplicação das cargas deverá ser rígida, ter uma área não inferior a 0,5 m<sup>2</sup> (geralmente usa-se placa circular com diâmetro de 0,80 m), sendo colocada sobre o solo em seu estado natural, devidamente nivelado.

O dispositivo de transmissão de carga a ser utilizado deverá ser um macaco hidráulico, munido de bomba e manômetro, devidamente aferidos, reagindo contra uma carga de reação (caixão carregado, viga de reação, etc.).

Os recalques serão medidos por extensômetros sensíveis a 0,01 mm, colocados em dois pontos diametralmente opostos da placa, que deverão estar livres da influência dos movimentos da placa e do caixão de reação, devendo seus apoios acharem-se a uma distância igual a pelo menos 1,5 vezes o diâmetro da placa, medida a partir do centro e nunca inferior a 1,50 m.

#### c. Execução

O carregamento será efetuado em estágios sucessivos, com aplicação de incrementos de tensão correspondente a 20% da taxa de trabalho provável do solo.

Em cada estágio da carga, a tensão será mantida constante, procedendo-se a leitura das deformações, imediatamente após a aplicação dessa carga e quando decorridos 1, 2, 4, 8, 15, 30 e 60 minutos.

O estágio é encerrado quando se obtém um acréscimo de deformação, de uma leitura para a seguinte, inferior a 5% da deformação ocorrida no estágio.



Caso não ocorra a ruptura do solo, a prova de carga será conduzida até que se observe um recalque total de 25 mm (considerado, pela SUPERVISÃO, como excessivo) ou que se atinja uma carga equivalente ao dobro da taxa de trabalho provável no solo.

Desde que não ocorra a ruptura, a carga máxima alcançada no ensaio deverá ser mantida pelo menos durante 12 horas.

Em seguida, deve-se fazer o descarregamento em estágios sucessivos, não superiores a 25% da carga total, lendo-se os recalques de maneira idêntica ao carregamento.

#### **d. Resultados**

Como resultado do ensaio, deverá ser apresentada uma curva pressão x deformação, onde serão anotados os tempos iniciais e finais de cada estágio. Anexo à curva dos resultados serão fornecidas, ainda, as seguintes informações:

- Dia e hora do início e fim da prova;
- Situação do local da prova no terreno e cota da superfície carregada em relação a um RN bem determinado (preferencialmente o adotado no levantamento topográfico);
- Referência aos dispositivos de carga e medida;
- Ocorrências excepcionais durante a carga.

A CONTRATADA deverá, de imediato, enviar o resultado da prova de carga à SUPERVISÃO, em duas vias. Somente após esta apresentação a SUPERVISÃO autorizará a execução das fundações.

#### **e. Interpretação dos resultados**

A carga admissível das fundações superficiais, baseada na prova de carga, será determinada dentro do seguinte critério:

- Ruptura do solo: caso ocorra a ruptura do solo, será considerada como taxa de trabalho do terreno a metade do valor da tensão que provocou a ruptura;
- Sensibilidade da estrutura: caso não ocorra a ruptura do solo, a carga admissível será adotada, admitindo-se a metade da carga que conduz a um recalque de 25 mm;

Caso não ocorra ruptura do solo, nem se atinja o recalque compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado em 25 mm no elemento isolado), adotar-se-á, como pressão admissível, a pressão adotada em projeto.

#### **f. Providências complementares**

Caso as provas de carga não obtenham resultados satisfatórios, caberá a CONTRATADA, às suas expensas, adotar todas as providências necessárias para a viabilidade das fundações, tais como: novas provas de cargas, redimensionamento das fundações e elementos intermediários, reforço das fundações, modificações das cotas de assentamento, controle de recalques, etc.

Quaisquer das providências mencionadas deverão ser previamente submetidas à apreciação e autenticação da PBH.

#### **4.6.3. Fundações profundas**

##### **a. Considerações gerais**

As provas de carga deverão obedecer à NBR 12131 – “Estacas – Prova de carga estática”, além do adiante especificado. Serão efetuadas, de preferência, nas estacas que estiverem com maior carga, em relação à sua capacidade e, no caso de estacas carregadas de ponta, nos trechos mais desfavoráveis, quanto à resistência do terreno.

Em se tratando de fundações profundas à base de estacas, obriga-se a CONTRATADA a realizar, pelo menos, duas provas de carga, em locais previamente designados pela SUPERVISÃO, sobre estacas de blocos distintos. Para a perfeita verificação do comportamento das fundações, serão exigidas, a critério da SUPERVISÃO, novas provas de carga, responsabilizando-se a SUPERVISÃO pelo pagamento das mesmas. Se as provas de carga não satisfizerem as condições pré - estabelecidas pela SUPERVISÃO, as



provas de carga que se fizerem necessárias para comprovação da carga admissível serão realizadas às expensas da CONTRATADA.

#### **b. Instalação e aparelhamento**

Serão adotados processos que garantam aplicação axial da carga e que evitem choques ou trepidações durante a realização das provas.

Será aconselhável a utilização dos macacos hidráulicos, munidos de bomba e manômetros, devidamente aferidos, opondo-se a uma carga de reação estável – caixa carregada, ancoragem, etc. – sendo vantajoso prever-se, para maior garantia de axiabilidade, uma rótula na cabeça do macaco ou da estaca.

Os recalques do topo da estaca serão medidos, simultaneamente, em dois extensômetros, sensíveis ao centésimo de milímetro, colocados em posição diametralmente opostas em relação à seção transversal da estaca.

Os dispositivos de referência para as medidas de recalques deverão estar ao abrigo de intempéries e suficientemente afastados para não serem influenciados pelo movimento das estacas dos terrenos circunvizinhos, do caixão, da ancoragem, etc.

Os apoios dos dispositivos referidos no item anterior deverão situar-se a uma distância igual a, pelo menos, 05 (cinco) vezes o diâmetro das estacas e nunca inferior a 150 cm.

#### **c. Execução**

Nas estacas pré - fabricadas de concreto, de madeira ou aço, a prova de carga somente deverá ser iniciada 24 horas após a sua cravação, no caso de terreno arenoso e após 5 dias, no mínimo, em se tratando de terreno argiloso.

No caso de estacas moldadas no solo, a prova de carga só deverá ser realizada após um tempo mínimo de cura de 15 dias, exceto se usado cimento de alta resistência inicial ou aditivos aceleradores. Contudo, o uso do cimento de resistência inicial e de aditivos aceleradores ficarão condicionados à prévia autorização da SUPERVISÃO.

Deverá ser moldado um bloco de concreto armado, na cabeça da estaca, com armadura devidamente dimensionada. Antes do processo de moldagem do bloco, a cabeça da estaca deverá ser convenientemente preparada. É importante que a estaca fique perfeitamente centrada no bloco.

O carregamento da estaca deverá ser feito em estágios sucessivos não superiores a 20% da carga de trabalho provável ou fixada para a estaca.

Em cada estágio da carga, os deslocamentos deverão ser lidos imediatamente após a aplicação da carga correspondente, efetuando-se leituras, quando decorridos os seguintes tempos, a partir da aplicação da carga, 1, 2, 4, 8, 15, 30 e 60 minutos, até a estabilização dos deslocamentos. A estabilização poderá ser admitida quando a diferença entre duas leituras sucessivas corresponder a um máximo de 5% do deslocamento havido no estágio.

O intervalo de tempo entre estágios deverá ser de, no mínimo, 30 minutos.

O ensaio, caso não seja levado até a ruptura, será continuado até observar-se um deslocamento (medido no topo da estaca), compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado pela PBH em 15mm) ou até 1,5 vezes a carga de trabalho prevista para a estaca.

Em quaisquer dos casos, não sendo atingida a ruptura, a carga máxima de ensaio deverá ser mantida durante 12 horas, pelo menos, após a estabilização dos deslocamentos.

A descarga, sempre que possível, será efetuada por estágios sucessivos não superiores a 25% da carga total atingida no ensaio. Cada estágio deverá ser mantido até a estabilização das deformações.

O intervalo de tempo entre intervalos de descarga não poderá ser inferior a 15 minutos.

#### **d. Apresentação dos resultados**

Os resultados das provas de carga serão apresentados graficamente, através de uma curva carga - recalque, onde figurem as observações efetuadas no início e no fim de cada estágio, com indicação também dos tempos decorridos.



Anexo ao gráfico, serão fornecidos os seguintes elementos:

- Localização da estaca no terreno, arrasamento, altura do bloco, volume (para estacas moldadas no local) e indicação dos furos de sondagem;
- Características e dados gerais da estaca testada: tipo, dimensões, cota de arrasamento, volume da estaca e da base (para estacas moldadas no solo), armação (se for o caso), tensão do concreto, data da cravação, data da moldagem, altura do bloco, etc.;
- Dados da cravação: tipos de bate-estacas e do martelo, peso do martelo, altura e tipo da queda ou energia de cravação, nega em cada série de golpes por minuto, etc.;
- Descrição sucinta dos dispositivos de carga, de medida e aferição dos manômetros;
- Ocorrências excepcionais verificadas durante a prova; perturbações dos dispositivos de carga e medida; modificações na superfície do terreno contíguo à estaca; alterações eventuais nos pontos fixos de referência, etc.;
- Diagrama - número de golpes (n) x penetração (e) - obtido na cravação das estacas relacionadas para as provas de carga;
- Nega do último golpe, obtida pela expressão  $e/10$ , sendo "e" a penetração alcançada com os últimos 10 golpes de cravação;
- Confirmação da viabilidade do comprimento alcançado pelas estacas, mediante cálculo com o emprego de fórmulas próprias a cada tipo de solo (deverá ser apresentado o demonstrativo de cálculo);
- Dia e hora do início e fim da prova;
- Representação das características do terreno de acordo com a sondagem mais próxima.

A CONTRATADA deverá, de imediato, enviar o resultado da prova de carga à SUPERVISÃO, em duas vias. Somente após a apresentação e aprovação dos resultados a SUPERVISÃO autorizará a concretagem dos blocos de coroamento.

#### **e. Interpretação dos resultados**

A carga admissível da estaca, baseada na prova de carga, será determinada dentro do seguinte critério:

- Ruptura do solo: caso ocorra a ruptura do solo, será considerada, como taxa admissível da estaca, a metade do valor da tensão que provocou a ruptura do solo;
- Sensibilidade da estrutura: caso não ocorra a ruptura do solo, a carga admissível da estaca será adotada admitindo-se 1/1,5 da carga que conduz a um recalque compatível com a sensibilidade da estrutura projetada (fixado pela PBH em 15 mm);
- Caso não ocorra ruptura do solo, nem se atinja o recalque compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado em 15 mm), adotar-se-á, como carga admissível da estaca, a carga adotada em projeto.

#### **f. Providências complementares**

Caso as provas de cargas não obtenham resultados satisfatórios, caberá a CONTRATADA, às suas expensas, adotar todas as providências necessárias para a viabilidade das fundações, tais como: novas provas de cargas, redimensionamento das fundações e elementos intermediários, reforço das fundações, modificações das cotas de assentamento (recravação), controle de recalques, etc.

Quaisquer das providências mencionadas deverão ser previamente submetidas à apreciação e autenticação da SUPERVISÃO.

#### **4.6.3. Critérios de levantamento, medição e pagamento**

As provas de carga não serão objeto de medição, pois estão contempladas no BDI.