



**Departamento de Estradas  
de Rodagem do Estado do  
Paraná - DER/PR**

Avenida Iguaçu 420  
CEP 80230 902  
Curitiba Paraná  
Fone (41) 3304 8000  
Fax (41) 3304 8130  
[www.pr.gov.br/transportes](http://www.pr.gov.br/transportes)

**DER/PR ES-OA 07/05**

## **OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: FUNDAÇÕES**

Especificações de Serviços Rodoviários  
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005  
Deliberação n.º 281/2005  
Esta especificação substitui a DER/PR ES-OA 06/91  
Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavra-chave: Obras de arte especiais, fundações.

17 páginas

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de fundações aplicáveis nas obras de arte especiais. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para a aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

## 0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base as especificações de serviços DNER-ES 334/97, DERBA ES-OAE 05/01, DERBA ES-OAE 06/01, DERBA ES-OAE 07/01, DERBA ES-OAE 08/01, DERBA ES-OAE 09/01, DERBA ES-OAE 10/01 e DER/PR ES-OA 06/91.

## 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução das fundações de obras de arte especiais em obras rodoviárias sob jurisdição do DER/PR.

## 2 REFERÊNCIAS

- |   |   |
|---|---|
| ABNT NBR-6118/03 (NB-1)   | - Projeto de execução de obras de concreto armado;                              |
| ABNT NBR-6122/96 (NB-51)  | - Projeto e execução de fundações;  |
| ABNT NBR-6502/80  | - Rochas e solos;   |
| ABNT NBR-7187/03 (NB-2)   | - Projetos e execução de pontes de concreto armado e protendido - procedimento; |
| ABNT NBR-9061/85 (NB-942)   | - Segurança de escavação a céu aberto;  |
| ABNT NBR-10839/89 (NB-1223)                                       | - Execução de obras-de-arte especiais em concreto armado e protendido;          |
| ABNT NBR-12131/92 (MB-3472)                                       | - Estacas – prova de carga estática;  |
| DER/PR ES-OA 02/2004  | - Concretos e argamassas;   |
| DER/PR ES-OA 03/2004  | - Armaduras para concreto armado;   |
| DER/PR ES-OA 08/2004  | - Estruturas de concreto armado;  |
| DER/PR ES-OA 09/2004  | - Estruturas de concreto protendido;  |
| DNER-EM 034/94  | - Água para concreto;   |
| DNER-EM 036/95  | - Cimento Portland – recebimento e aceitação;                                   |
| DNER-EM 037/94  | - Agregado graúdo para concreto de cimento;                                     |
| DNER-EM 038/94  | - Agregado miúdo para concreto de cimento;                                      |
| Manual de Construção de Obras-de-Arte Especiais - DNER, 1995;     |   |
| Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR;             |   |
| Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR; |   |
| Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR.          |   |

## 3 DEFINIÇÕES

3.1 Fundação: parte da obra de arte especial destinada a transmitir ao solo os esforços provenientes do peso próprio e das cargas atuantes. São executadas em concreto, aço ou madeira e classificadas conforme a profundidade de assentamento em fundações superficiais ou profundas.

3.2 Fundações superficiais ou fundações diretas: assentes em profundidade inferior a 1,50m e maiores duas vezes que a menor dimensão de sua base, exceto as fundações apoiadas

diretamente na rocha que podem ter profundidade menor que 1,50m. São os blocos, as sapatas e os “radiers”.

3.3 Fundações profundas: utilizadas quando os solos resistentes estão a profundidade difíceis de atingir por escavações convencionais. São as fundações em estacas, tubulões e caixões.

3.4 Estacas: elementos estruturais longos e esbeltos, executados mediante cravação sob ação de repetidas pancadas produzidas através da queda de um peso ou por escavação ou ainda, moldadas no local.

3.5 Tubulações: peças cilíndricas que podem ser executadas a céu aberto ou sob ar comprimido e ter ou não a base alargada. Podem ser executadas com ou sem revestimento, de concreto ou aço, neste caso, a camisa pode ser perdida ou recuperada.

3.6 Caixaão: elemento de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna, usa-se ou não ar comprimido, podendo ter ou não a base alargada.

## **4 CONDIÇÕES GERAIS**

4.1 Preliminarmente à execução das fundações, a executante deve prever alguns serviços complementares, tais como: escavações, escoramentos, drenagem de cavas e rebaixamento de lençol d’água.

## **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.1 Concreto: deve satisfazer a especificação DER/PR ES-OA 02/05 e a norma ABNT NBR-6118/03 e apresentar qualidades, tais como: permeabilidade, estanqueidade, compatibilidade com a agressividade do meio ambiente, exposição ou confinamento ou presença de água.

5.1.2 Aço: o aço empregado nas armaduras deve estar de acordo com a especificação DER/PR ES-OA 03/2004. Também podem ser empregados perfis e chapas de aço na confecção de estacas e tubulões. Qualquer material escolhido deve sempre atender às indicações do projeto.

5.1.3 Madeira: quando considerada material integrante das fundações, é sempre a madeira-de-lei, de primeira qualidade e deve ser protegida contra o ataque de organismos. O uso de outro tipo de madeira somente é permitido em serviços provisórios, tais como: escoramento de cava e estacas de escoramento.

5.1.4 Pedra para alvenaria: a pedra para alvenaria empregada nas fundações deve ser resistente e durável, oriunda de granito ou outra rocha sadia e aceitável. Pode ter acabamento grosseiro e forma variada, porém possuir faces razoavelmente planas. Cada bloco de pedra deve ter no mínimo espessura de 20,0cm, largura de 30,0cm e comprimento de 60,0cm e ser

livre de depressões ou saliências que dificultem assentamento adequado ou provoquem enfraquecimento da alvenaria.

5.1.5 Argamassa: a argamassa deve ser de cimento e areia e resistir às tensões indicadas no projeto. Para as alvenarias de pedra indica-se o traço em volume de cimento e areia de 1:3. Em caso especiais, tais como recebimento de armadura, a relação em peso água/cimento não deve exceder a 0,50.

### 5.3 Equipamentos

5.3.1 Todo o equipamento, antes do início da execução do serviço, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.3.2 Os equipamentos devem ser do tipo, tamanho e quantidade que venham a ser necessários para a execução satisfatória dos serviços. Os equipamentos básicos necessários são:

- a) bate-estacas;
- b) martelo de gravidade, automáticos ou vibradores;
- c) perfuratriz;
- d) gerador;
- e) equipamentos para escavação de estacas e injeção de argamassa, campânulas, compressores, guinchos, betoneira de no mínimo 320 litros ou central de concreto.

### 5.4 Execução

5.4.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança do serviço é da executante.

#### 5.4.2 Locação

- a) A escavação para fundação é feita em conformidade com o alinhamento, cotas e profundidades indicadas no projeto. Sempre que necessário, devem ser feitas sondagens complementares de reconhecimento do subsolo.
- b) A executante deve informar ao DER/PR, com antecedência suficiente, o início das etapas de construção, de modo a permitir a realização das anotações necessárias à medição e aceitação dos serviços executados.
- c) Não é permitido reaterro de qualquer natureza para compensar escavações feitas além do limite da fundação. Caso ocorra, a regularização do excesso deve ser realizada com concreto, de resistência compatível com a fundação, após verificar a estabilidade para novas condições. Nas escavações a céu aberto é vedada a escavação além de um metro das faces externas da fundação, a menos que expressa no projeto.

- d) No nível definitivo de implantação da fundação, a rocha ou o material firme encontrado deve ficar isento de todo o material solto. Nas fundações em areia e/ou pedregulho, ou modelo (solo concrecionado), o terreno deve ser cortado segundo uma superfície horizontal, plana e firme. No caso de rocha, esta deve ser cortada conforme indicação do projeto, devendo ser todas as fendas limpas e preenchidas com material apropriado.
- e) Quando o terreno previsto para o embasamento da fundação não for rocha, a escavação deve ser interrompida antes de ser alcançada a cota de projeto e só deve ser concluída quando iminente a concretagem.
- f) Quando o material encontrado na cota prevista para a fundação não é o previsto no relatório de sondagem, o serviço deve ser paralisado para a consulta ao autor do projeto.
- g) O mesmo procedimento deve ser adotado quando o material previsto para a cota de fundação é encontrado em cota superior ao previsto no relatório de sondagem.
- h) Quando necessário o escoramento da cava de fundação, a executante deve solicitar ao DER/PR autorização para o seu início. Pode partir do DER/PR esta determinação, caso julgue necessário.

#### 5.4.3 Escoramento de cavas de fundação (ensecadeiras)

- a) As ensecadeiras podem ser de madeira ou metálicas, face à profundidade da escavação suas dimensões em planta e natureza do solo devem possuir medidas internas suficientes para a manipulação das fôrmas e o eventual bombeamento d'água do interior.
- b) Devem ser detalhadas previamente, para permitir a retirada do contraventamento durante o processamento da concretagem das fundações. Em caso contrário, os contraventamentos que ficarem incorporados à massa de concreto devem ser de aço. Depois de completada a estrutura, os contraventamentos expostos são cortados em pelo menos 5cm para dentro da face externa e as cavidades resultantes são preenchidas com argamassa de cimento e areia de traço 1:3, em volume.

#### 5.4.4 Blocos, sapatas e “radiers”

- a) Os blocos, sapatas e “radiers” devem ser concretados sempre que possível à seco. Quando a concretagem for sob água, seguir os critérios estabelecidos no item 5.3.2 da especificação DER/PR ES-OA 02/2005, no que couber.
- b) De modo geral, os blocos e sapatas devem ser executados sobre um leito para regularização do terreno, de concreto simples (C10), com pelo menos 5,0cm de espessura.
- c) Todos os espaços escavados e não ocupados pela estrutura (protegida com pintura apropriada) devem ser preenchidos por solos isentos de materiais orgânicos e o reaterro executado em camadas compactadas com equipamento de pequeno porte ou manualmente, colocadas uniformemente em torno dos elementos estruturais.

#### 5.4.5 Estacas

##### a) Estacas de madeira

- a.1) É desaconselhável o emprego de estacas de madeira em fundações de obras de arte especiais, ficando as mesmas limitadas às fundações de escoramentos e de pontes de serviços.
- a.2) Podem ser empregadas nas fundações das obras de arte especiais somente quando indicado no projeto e forem encontradas condições satisfatórias sobre a conveniência de tal medida. Neste caso, em fundações definitivas devem ter seus topos e cota de arrasamento abaixo do nível d'água permanente, sendo a exigência dispensada em obras provisórias.
- a.3) As emendas devem ser evitadas, bem como, sua cravação em terrenos com matacões.

##### b) Estacas de aço

- b.1) Podem ser constituídas por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapas dobradas, tubos sem costura e trilhos.
- b.2) As emendas devem oferecer a maior resistência possível e neste caso executadas de acordo com os detalhamentos do projeto executivo. Devem ser praticamente retílineas e resistir à corrosão, pela natureza do aço ou por tratamento adequado relacionado com o solo a atravessar. Havendo segmento exposto ou cravado em aterro com materiais capazes de atacar o aço, proteger com um encamisamento de concreto, pintura ou proteção catódica, por exemplo.
- b.3) As estacas tubulares de aço, geralmente constituídas de chapas calandradas e soldadas, segundo geratriz do cilindro devem apresentar, de preferência, extremidade inferior fechada. O concreto utilizado deve apresentar resistência característica mínima de 12 MPa (120 kgf/cm<sup>2</sup>), armado ou não, conforme indicado no projeto.
- b.4) As estacas metálicas constituídas por trilhos devem ter seu emprego evitado. No caso de utilizadas somente são recomendáveis as compostas por três trilhos soldados pelos patins. A carga admissível deve ser considerada com uma redução de 25% em relação às estacas de seção equivalente, compostas de perfis metálicos. A seção da estaca de trilho considerada deve ser a menor existente ao longo da mesma.
- b.5) Todas as mudanças de horizonte de material que requeiram mudança de equipamento para a sua escavação, caracterizando assim uma mudança de categoria, devem ser comunicadas ao DER/PR para a sua autorização, se estiver de acordo, e para os procedimentos de medição.

##### c) Estacas pré-moldadas de concreto

- c.1) As estacas pré-moldadas, executadas em concreto armado vibrado, concreto armado centrifugado e concreto protendido tem suas formas e dimensões indicadas no projeto.
  - c.2) As de concreto vibrado podem ser executadas no próprio canteiro de serviço e sua fabricação é feita por lotes, em áreas protegidas das intempéries. Para fins do controle de qualidade, cada estaca deve ser identificada pelo número do lote e data de concretagem. Todas as estacas de um lote devem ser de um mesmo tipo.
  - c.3) O concreto de cada estaca deve ser lançado na fôrma de madeira contínua revestida com folha metálica ou de perfil metálico, convenientemente vibrado. Cuidados especiais devem ser tomados para não deslocar a armadura, mantendo o cobrimento igual ou superior a 3,0cm, para obter o acabamento da face superior tão perfeito quanto o das demais. As fôrmas devem estar em posição horizontal e sobre plataforma indeformável, nivelada e drenada.
  - c.4) As fôrmas laterais podem ser retiradas 24 horas após a concretagem, as estacas apoiadas em todo o comprimento, no mínimo pelos primeiros sete dias. As estacas devem ser empilhadas separadas, umas das outras, por calços de madeira, continuando o período da cura. O sistema adotado para transporte, armazenamento e colocação na posição de cravação, nas guias dos bate-estacas devem impedir qualquer fratura ou estilhaçamento do concreto.
  - c.5) A suspensão das estacas, o apoio quando colocadas horizontalmente e o transporte para o bate-estaca merecem cuidados especiais do executante, como providenciar a substituição das estacas eventualmente danificadas por outras em perfeitas condições de utilização, sem ônus adicional para o contratante.
- d) Estacas de concreto moldadas no local
- d.1) A execução de estacas moldadas no local deve ser cuidadosamente acompanhada pelo executante e pelo DER/PR, impondo-se a realização de provas de carga sob orientação do projetista, para confirmação dos elementos do projeto.
  - d.2) As estacas de concreto moldadas no local são executadas nas posições previstas no projeto, com o auxílio de um tubo cravado até a cota exigida e que deve ser retirado gradualmente à medida que se procede o enchimento com concreto apiloado ou comprimido. A ponta do tubo deve ser mergulhada no concreto em no mínimo 30,0cm. Incluem-se, ainda, as estacas com fuste pré-moldado, cravadas nos bulbos com o concreto ainda fresco, antes da retirada do tubo, e as estacas tubadas cravadas nas suas posições definitivas, com o auxílio de um tubo metálico, não recuperáveis, preenchidos com concreto.
  - d.3) A recuperação das camisas metálicas só pode ser realizada quando a natureza do solo permitir e contar com auxílio de mão-de-obra especializada. Caso contrário, o revestimento deve permanecer definitivamente no solo, incorporado à estaca, que passa a estaca tubada.
  - d.4) Caso prevista a execução de uma base alargada (bulbo) de concreto, deve ser executada antes do início da retirada do tubo.

- d.5) Sendo o tubo recuperável ou não, a extremidade inferior da estaca é aberta e a descida conseguida por:
- fechamento da ponta por meio de uma rolha e descida do tubo por cravação;
  - ponta do tubo aberta, para retirada do material terroso do seu interior por meio de equipamento especial e descida do tubo pelo próprio peso ou por ação de uma pequena força externa.
- d.6) Ao ser cravado o tubo, recuperável ou não, no caso de sair a rolha e o tubo ser invadido por água, lodo ou outro material devem os mesmos ser expulsos por meio de uma nova rolha mais compacta, ou então o tubo é arrancado e cravado novamente no mesmo local, enchendo-se o furo com areia. Antes do lançamento do concreto, feito sem interrupção em toda a extensão da estaca, o DER/PR deve comprovar que o interior do tubo esteja seco e limpo.
- d.7) No caso de estacas tubadas, o lançamento de concreto em qualquer delas somente pode ser feito depois de cravados todos os tubos até sua posição definitiva, num raio de 1,50m a partir da estaca considerada.
- d.8) Quando concretada uma estaca tubada, nenhuma outra pode ser cavada a menos de 4,05m de distância, em qualquer direção, salvo se já tiver sido lançado o concreto há mais de sete dias. O lançamento do concreto dentro do tubo deve ser feito em camadas de, no máximo, 50,0cm de espessura, e somente após a colocação da armadura da estaca. Cada camada deve ser vibrada ou fortemente compactada antes da concretagem da camada seguinte, procedendo-se lançamento ininterrupto, desde a ponta até a cabeça da estaca, sem segregação dos materiais.
- d.9) O concreto empregado nas estacas moldadas no local deve ter resistência característica mínima de 16 MPa (160 kgf/cm<sup>2</sup>).
- d.10) Os tubos podem ser soldados, caso necessário executar acréscimos, preservando a estanqueidade do tubo para não haver penetração de água ou outro material. Os tubos devem ser soldados de topo, em toda seção transversal com emprego de solda elétrica.
- e) Estacas injetadas de pequeno diâmetro
- e.1) As estacas injetadas de pequeno diâmetro, até 20,0cm, conhecidas como “estacas-raiz”, “microestacas” e “presso estacas” são escavadas e concretadas no local, utilizadas em obras de arte especiais, principalmente, para reforço de fundação.
- e.2) A escavação é feita através de perfuração com equipamento mecânico, até a cota indicada no projeto, com uso ou não de lama bentonítica e revestimento total ou parcial.
- e.3) Seguir a limpeza do furo e injeção de produtos aglutinantes sob pressão, em uma ou mais etapas, com introdução de armadura adicional. O consumo de cimento de calda ou argamassa deve ser no mínimo de 350 kg/m<sup>3</sup> de material injetado.



- f) Estacas mistas: são constituídas pela associação de dois tipos de estacas, já considerados, não sendo permitida a associação de mais de dois tipos. Destinam-se a aterros particularmente difíceis ou fundações com problemas espaciais.
- g) Disposições construtivas: a execução de estacas pode ser feita por cravação, percussão, prensagem ou perfuração. A escolha do equipamento é feita de acordo com o tipo de dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança e peculiaridades do local.

g.1) Cravação

1º) Antes do início da cravação, devem ser definidos os seguintes elementos:

- capacidade de carga da estaca;
- comprimento aproximado;
- seção transversal;
- peso do martelo do bate-estaca;
- altura de queda do martelo;
- nega nos dez últimos golpes.

2º) Não é aceita, em qualquer caso, penetração superior a 3,0cm nos dez últimos golpes.

3º) A cravação de estacas através de terrenos resistentes à sua penetração pode ser auxiliada com jato d'água ou ar, lançamento ou perfuração. Para estacas trabalhando à compressão, a cravação final deve ser feita sem estes recursos, cujo emprego é levado em consideração no cálculo da capacidade de carga de estaca e análise do resultado da cravação.

4º) Toda estaca danificada nas operações de cravação devido a defeitos internos ou de cravação, deslocamento de posição, ou topo abaixo da cota de arrasamento fixado no projeto, deve ser corrigida às expensas da executante, que adota um dos seguintes procedimentos:

- a estaca é arrancada e cravada outra no mesmo local;
- uma segunda estaca é cravada em posição adjacente a da estaca defeituosa;
- a estaca é emendada com uma extensão suficiente para atender o objetivo.

5º) O furo deixado por uma estaca ao ser arrancada deve ser preenchido com areia, mesmo que uma nova estaca seja cravada no mesmo local.

6º) Uma estaca é considerada defeituosa quando tiver fissura ou várias fissuras visíveis que se estendam por todo o perímetro da seção transversal, ou quando acusa qualquer defeito que afete sua resistência ou vida útil.

7º) Nos casos de estacas de madeira, aço e pré-moldadas de concreto, para carga admissível até 1 MN (100 tf) quando empregado um martelo de queda livre, a

relação entre os pesos do pilão e da estaca deve ser igual ou superior a 0,5 para estacas pré-moldadas de concreto, e de 1,0 para estacas de aço ou de madeira.

- 8°) No caso de uso de martelo automático ou vibratório devem ser seguidas as recomendações do fabricante. O equipamento de cravação deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista para sua capacidade de carga, sem danificá-la.
- 9°) Para estaca pré-moldada de concreto ou estaca metálica com carga admissível superior a 1 MN, a escolha do equipamento de cravação deve ser analisada em cada caso e os resultados controlados através de provas de carga.
- 10°) A executante ao submeter ao DER/PR o tipo do equipamento de cravação que pretende adotar, deve fornecer as seguintes informações: altura da queda do martelo, peso do martelo, trabalho simples ou duplo efeito, número de golpes por minuto, marca de fabricação e especificações do equipamento.
- 11°) Para que uma estaca possa ser considerada como de base alargada, tipo Francki, é necessário que os últimos 150 litros de concreto dessa base sejam introduzidos com uma energia mínima de 2,5MNm, para estacas de diâmetro inferior ou igual a 45,0cm e 5MNm, para estacas de diâmetro superior a 45,0cm. No caso de volume diferente, a energia deve ser proporcional ao volume.
- 12°) As cabeças de todas as estacas devem ser protegidas com capacetes de tipo aprovado, de preferência provido de coxim, de corda ou outro material adequado que se adapte ao capacete e se apoie, por sua vez, em um bloco de madeira.
- 13°) Na cravação de todas as estacas, verticais ou inclinadas, são sempre empregadas guias ou uma estrutura adequada para suporte e colocação do martelo, salvo indicação no projeto permitido o emprego de outro procedimento.
- 14°) Todas as estacas que sofrerem deslocamentos devidos à cravação de estacas adjacentes ou outras causas, devem ser recravadas.
- 15°) O executante deve tomar precauções no sentido de evitar ruptura da estaca ao atingir o horizonte rochoso ou outro qualquer material e obstáculo que torne difícil sua penetração. Os obstáculos que impeçam a penetração das estacas até a profundidade requerida devem ser removidos.
- 16°) Quando a cota de arrasamento estiver abaixo do plano de cravação da estaca e as características da camada de apoio permitirem uma previsão, pode ser utilizado um elemento suplementar, desligado da estaca propriamente dita, arrancado após a cravação. O emprego deste suplemento deve ser levado em consideração no cálculo da capacidade de carga e análise dos resultados da cravação, seu uso deve ser restrito a comprimentos máximos de 2,5m, caso não previstos recursos especiais.

g.2) Emenda e arrasamento:

- 1º) A emenda nas estacas pré-moldadas de concreto deve ser evitada sempre que possível; no entanto, pode se executada, desde que respeitados os seguintes preceitos:
- o concreto da extremidade da estaca deve ser cortado no comprimento necessário à emenda das barras longitudinais da armadura, por justaposição;
  - as superfícies de contato do concreto e a emenda da armação devem ser tratadas como uma emenda de concreto armado, com o emprego de “epoxy” e os demais cuidados necessários;
  - deve ser assegurado o alinhamento entre as faces da estaca e da parte prolongada;
  - a armadura da parte prolongada deve ser idêntica à estaca, assim como o concreto a empregar;
  - a concretagem, adensamento do concreto, remoção das fôrmas, cura e acabamento são como especificado no item 5.4.5, alínea c;
  - as exigências desta especificação relativas à cravação de estacas monolíticas aplicam-se também às estacas emendadas.
- 2º) As estacas de fundação, logo que concluídas sua cravação, são arrasadas nas cotas indicadas no projeto, de maneira que fiquem embutidas 20,0cm, pelo menos, no bloco de coroamento e sua armação mergulhada na massa do concreto num comprimento igual ou superior ao comprimento da ancoragem dos vergalhões. O controle da estaca deve ser sempre normal ao seu eixo.

### g.3) Tubulões e caixões

#### 1º) Tubulões cravados sem revestimento

- Podem ser executados com escavações manual ou mecânica.
- Quando escavados manualmente só podem ser executados acima do nível d’água, naturais ou rebaixados ou quando for possível bombear a água sem risco de desmoronamento ou perturbação no terreno de fundação, abaixo deste nível. Podem ou não ser dotados de base alargada tronco-cônica.
- Quando escavados mecanicamente com equipamento adequado, a base alargada pode ser aberta quando em seco, manual ou mecanicamente.
- Pode ser utilizado total ou parcialmente para evitar risco de desmoronamento, escoramento de madeira, aço ou concreto.
- A concretagem, quando a escavação for seca, é feita com concreto lançado da superfície, através de tromba (funil) de comprimento igual ou superior a

cinco vezes o seu diâmetro. Sob água, o concreto deve ser lançado através de tremonha ou outro processo equivalente.

- É desaconselhável o uso de vibrador, quando o concreto apresentar plasticidade adequada.

## 2º) Tubulões cravados com revestimento em concreto armado

- A camisa de concreto armado (cilindro) do tubulão é concretada em partes, com comprimento dimensionado em função do projeto. Pode ser concretada sobre a superfície aplainada do terreno e introduzida depois de estar o concreto com resistência adequada à operação, por escavação interna. Após um elemento ser arriado verticalmente, é concretado sobre ele o elemento seguinte até atingir-se devidamente escorada, de modo a evitar a sua descida.
- Caso atingido o lençol d'água deve ser adaptado o equipamento pneumático à camisa já cravada, de forma a permitir a execução dos trabalhos a seco sob pressão conveniente de ar comprimido. Durante a descida a distribuição das cargas deve ser regulada de maneira a não comprometer a estabilidade da obra.
- Em obras dentro d'água, a camisa deve ser concretada quando possível no próprio local, sobre estrutura provisória e descida até o terreno com auxílio de equipamento ou concretada em terra e transportada para local definitivo.
- Em casos especiais, as camisas podem ser executadas com alargamento, de modo a facilitar o preparo da base alargada.
- No assentamento do tubulão sobre uma superfície de rocha devem ser previstos recursos para evitar fuga: lavagem do concreto ou desaprumo do tubulão
- Após abertura do alargamento de base, é executada a concretagem, conduzida de maneira a obter um maciço compacto e estanque. O período máximo entre o término da execução do alargamento base e sua concretagem deve ser de 24 horas. Caso este período seja ultrapassado, deve ser feita nova inspeção, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida.
- O concreto empregado no fuste deve ter resistência característica mínima de 16 MPa (160kgf/cm<sup>2</sup>).

## 3º) Tubulões com camisa de aço

- A camisa de aço, com a mesma finalidade da de concreto armado, pode ser introduzida por cravação com bate-estacas, vibração ou equipamento com movimento de vai e vem simultâneo, com força de cima para baixo.

- A escavação interna pode ser manual ou mecânica, feita à medida da penetração do tubo ou de uma só vez, após a cravação total do mesmo.
- Caso previsto, pode ser executado um alargamento de base, com escavação manual sob ar comprimido ou não.
- A camisa de aço deve ser ancorada ou receber contrapeso para evitar sua subida, quando utilizado ar comprimido. Pode ser recuperada à medida que for sendo concretado o seu núcleo ou posteriormente, se não considerado no dimensionamento.

## **6 MANEJO AMBIENTAL**

6.1 Durante a execução dos serviços devem ser preservadas as condições ambientais exigindo-se, entre outros, os procedimentos a seguir descritos.

- a) O corte das árvores deve ser feito de acordo com a legislação ambiental vigente.
- b) Considere-se como condição básica para a instalação do canteiro, a disponibilidade de água potável e a disposição de esgoto sanitário em fossas sépticas instaladas a distâncias seguras de poços de abastecimento d'água e de talvegues naturais.
- c) As áreas utilizadas como canteiro de serviço devem ter os efluentes, tais como graxas e óleos utilizados na limpeza e manutenção de equipamentos das oficinas de campo, controlados através de dispositivos de filtragem e contenção.
- d) Cuidados devem ser adotados, para evitar represamento e empoçamento d'água que possam produzir áreas insalubres naturais, causa de proliferação de mosquitos e outros vetores.
- e) Os solos vegetais, removidos da área destinada à instalação do canteiro de obra, devem ser estocados em local não sujeito à erosão, devendo ser reincorporados à área de origem após a desmobilização.
- f) As áreas afetadas pelas operações de construção e execução devem ser recuperadas mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo também ser efetuada a recomposição ambiental.
- g) A desmobilização deve abranger a recuperação de uso da área anteriormente ocupada pelas instalações.
- h) Não provocar queimadas como forma de desmatamento.
- i) Não realizar barragens ou desvios de curso d'água que alterem em definitivo o leito dos rios.
- j) Evitar a realização de serviços em área de preservação permanente.

- k) É vedado o lançamento de refugo de materiais usados na faixa de domínio, nas áreas lindeiras, no leito dos rios, ou em qualquer outro lugar onde possam causar prejuízos ambientais.

6.2 Além destes procedimentos, devem ser atendidas, no que couber, as recomendações do Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR.

## **7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE**

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 Controle do material: deve atender ao constante nas especificações DNER-EM 034/94, DNER-EM 036/95, DNER-EM 037/94 E DER-EM 038/94.

7.4 Controle da execução

7.4.1 Estacas

- a) Durante a concretagem das estacas pré-moldadas devem ser colhidas amostras para a moldagem de uma série de quatro corpos de prova cilíndricos para cada 25 estacas concretadas, ou para cada dia de concretagem. As rupturas são feitas a sete e/ou a 28 dias, sempre com o rompimento de dois corpos de prova para cada idade do rompimento, moldados no mesmo ato.
- b) Para sua própria orientação, a executante pode cravar às suas expensas, tantas estacas de prova quantas considere necessárias.
- c) A executante crava estacas de prova e realiza provas de carga nas estacas indicadas no projeto ou nas que forem consideradas necessárias; nas obras normais, para as estacas cravadas, além destas, deve ser feita uma prova de carga para cada 500 estacas e, nas especiais, uma para cada 200 estacas. Nas estacas escavadas deve ser feita uma prova de carga para obras de mais de 100 estacas. Sempre que possível, as estacas de prova são localizadas de modo a ser aproveitadas como estacas de fundação, caso resultado satisfatório da prova. Sempre que houver dúvida sobre uma estaca, deve ser comprovado o seu comportamento satisfatório. Se não for suficiente, é realizada uma prova de carga.
- d) A executante deve manter um registro completo em duas vias, uma destinada à fiscalização, da cravação de cada estaca, inclusive as de prova. Anotar para todas as estacas: o número e a localização; dimensões; cota do terreno no local da estaca; nível da água (se houver); características do equipamento de cravação ou escavação; desaprumo e desvio de locação; qualidade de materiais utilizados e consumo por estaca; comprimento real da estaca abaixo do arrasamento; volume da base;

anormalidade de execução e anotação rigorosa de horários de início e fim de cravação ou escavação. Ainda registrar para as estacas cravas: suplemento de estaca utilizado (tipo e comprimento); profundidade de penetração da estaca com peso próprio e com peso do martelo; número de golpes necessários para a cravação de um metro de estaca; número efetivo de golpes por minuto, durante a cravação; duração de qualquer interrupção na cravação e hora de ocorrência; cota final do ponto da estaca cravada; cota de cabeça da estaca antes do arrasamento (pré-moldada); data de concretagem da estaca pré-moldada; data da cravação; negas no final da cravação e na recravação, quando houver. Em caso de estacas escavadas, mencionar os horários de início e fim da escavação e de cada etapa de concretagem, a comparação do consumo real de materiais em relação ao teórico e o comportamento da armadura durante e concretagem.

- e) O diagrama de cravação deve ser tirado em 10% das estacas, no mínimo, com prioridade para as mais próximas aos furos de sondagem.
- f) É permitido entre eixos de estacas isoladas e o ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, um desvio de 10% do diâmetro da estaca. Desvios superiores no caso de estacas não travadas obriga na verificação estrutural quanto à flambagem do pilar e da estaca. Para estacas travadas, as vigas de travamento devem ser redimensionadas para a excentricidade real e verificada a flambagem do pilar.
- g) Para conjunto de estacas alinhadas, admite-se um acréscimo de, no máximo, 15% sobre a carga admissível na estaca de excentricidade, na direção do plano das estacas. Acréscimos superiores devem ser corrigidos com acréscimo de estacas ou recurso estrutural. Para excentricidade na direção normal ao plano das estacas, vide parágrafo anterior.
- h) Para conjunto de estacas não alinhadas, deve ser verificada a solicitação em todas as estacas, admitindo-se o acréscimo de, no máximo, 15% sobre a carga admissível de projeto.
- i) Quanto ao desvio de inclinação, é tolerado, sem correção, um desvio angular em relação à posição projetada de 1:100.

#### 7.4.2 Tubulões e caixões

- a) Devem ser anotados na execução da fundação em tubulão os seguintes elementos, conforme o tipo: cota de arrasamento; dimensões reais da base alargada; material de apoio; equipamento de cada etapa; deslocamento e desaprumo; comparação do consumo de material durante a concretagem com o previsto; qualidade dos materiais; anormalidades de execução e providências tomadas, inspeção do terreno ao longo do fuste e assentamento da fundação.
- b) É tolerado um desvio entre eixos do tubulão e ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, de 10% do diâmetro do fuste do tubulão.
- c) Ultrapassados os limites quanto à excentricidade e, ou ao desaprumo, é feita verificação estrutural com os redimensionamentos necessários.

## **8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE**

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 O DER/PR pode requerer, junto à contratada, o projeto de fundação para a apreciação, entretanto esta ação não a isenta de qualquer responsabilidade, em eventuais problemas que possam ocorrer.

8.4 Para o controle e/ou recomendações do serviço, devem ser obedecidas as normas da ABNT NBR-6122/96 e NBR-12131/92

8.5 O DER/PR deve ter arquivado todas as anotações, dos elementos requerentes na execução da fundação e inspecionar o maior número possível de execuções de fundações.

## **9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO**

9.1 São aceitas as fôrmas que atendam às recomendações dos itens 5.1, 5.3, 7.1 e 7.2.

9.2 Serviços que não atenderem ao item 9.1, devem ser corrigidos, complementados, refeitos ou substituídos.

## **10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO**

10.1 Escoramento de cavas de fundações (ensecadeiras): são medidos por metro quadrado de pranchas verticais (ensecadeiras), com altura determinada pela diferença entre a cota de implantação da ensecadeira e a cota necessária à contenção. Não é medido em separado o escoramento e contraventamento das pranchas verticais, bem como, o enchimento e apiloamento do material de enchimento, no caso de ensecadeira dupla.

10.2 Escavação e aterros: a medição dos volumes é feita em metros cúbicos através da seções transversais determinadas antes e depois da execução dos serviços.

10.3 Blocos e sapatas: são medidos separadamente por metro quadrado de fôrmas colocadas, por metro cúbico de concreto, por quilograma de aço dobrado e colocados nas fôrmas.

10.4 Estacas: são medidas pelo comprimento entre as cotas da ponta e do arrasamento, para as estacas moldadas no local o comprimento medido é entre as cotas do topo do bulbo e do arrasamento da estaca concluída. A base da estaca (bulbo), se houver, é considerada para efeito de medição como um metro de estaca cravada e concretada. Não deve ser incluída na medição o corte das estacas e a perda do seu excesso, inclusive do tubo metálico, se for o caso.



10.5 Tubulões e caixões: são medidos por metro de camisa implantada e cheia de concreto e por metro cúbico de concreto da base alargada. Os caixões são medidos por metro de camisa implantada e por metro cúbico de material de enchimento e de alargamento de base, se houver.

## **11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO**

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.