

SUMÁRIO

OBJETIVO.....	2
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	2
CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS.....	3
0801 a 0805 ESTACA.....	6
0806 e 0807 TUBULÃO.....	11
0808 a 0814 FORMA.....	13
0815 PASSARELA DE SERVIÇO.....	15
0816 RAMPA DE ACESSO.....	15
0817 CIMBRAMENTO.....	16
0818 ARMADURA.....	16
0819 a 0822 CONCRETO.....	17
0823 ADITIVO.....	25
0824 GRAUTEAMENTO.....	28
0825 LAJE PRÉ-FABRICADA.....	28
0826 CONCRETO PROTENDIDO.....	28
RELAÇÃO DE DOCUMENTOS PADRONIZADOS.....	40
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS.....	42

OBJETIVO

Este módulo tem por finalidade definir as condições básicas para execução dos serviços relativos às fundações e às estruturas.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os serviços relativos à execução de fundações e estruturas serão indicadas no projeto, obedecendo rigorosamente às orientações do mesmo e, eventualmente, às especificações complementares definidas pela CODEVASF.

Os serviços relativos à execução de fundações diretas, através de sapatas, blocos e radiers serão executados quando indicados no projeto, obedecendo rigorosamente às orientações do mesmo e, eventualmente, às especificações complementares definidas pela CODEVASF. Por se tratar de serviços não itemizados neste volume, porém de grande importância, devem-se tecer considerações sobre o assunto.

As sapatas são elementos de fundação de concreto armado, dimensionadas de modo que as tensões de tração nelas produzidas não possam ser resistidas pelo concreto, do que resulta no emprego de armadura. Podem ter espessura constante ou variável e sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal. Podem ser isoladas (de um pilar), contínuas ou associadas (comuns a vários pilares não alinhados).

Os blocos são elementos de fundação de concreto, dimensionados de modo que as tensões de tração neles produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Podem ter as faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar planta de seção quadrada ou retangular.

Os blocos são largamente utilizados nas linhas de recalque de um SAA ou SES, como ancoragens da mesma. Apesar de as localizações desses “blocos de ancoragem” fazerem parte do projeto, algumas vezes, alterações de caminhamento impostas pelas condições locais obrigam a colocação de outros blocos, sob a orientação da fiscalização. Esses blocos de ancoragem podem ser simplesmente apoiados sobre estacas ou atirantados.

Os radiers são sapatas associadas que abrangem todos os pilares da obra, ou todo o carregamento distribuído.

As fundações diretas devem ser executadas em terrenos naturais, preferencialmente em corte. Caso seja área de aterro, cuidados especiais devem ser tomados para garantia de resistência e minimização de recalque. Esses cuidados envolvem escolha de material adequado,

levantamento de propriedades geotécnicas, preparo do terreno natural, controle contínuo “in situ” de umidade, densidade e grau de compactação, equipamento de compactação, etc...

As cotas de apoio das fundações diretas devem merecer contínua constatação visando à compatibilização com o projetado, podendo a base de uma sapata, por exemplo, necessitar abaixamento (maior profundidade de escavação). Nesse caso, deve-se preencher a altura adicional escavada com concreto não estrutural, mantendo-se assim a cota de projeto. Alternativamente pode-se aumentar o colarinho do pilar, com o aval do projetista da estrutura.

Dentre os critérios normalmente utilizados para a verificação “in situ” da cota de apoio de fundação direta, podem ser citados: sondagens, penetrômetro de bolso, vane teste (torque), prova de carga e ensaios laboratoriais de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade, em amostra indeformada do solo.

As sondagens, em geral à percussão, ocasionalmente complementadas com rotativa em materiais mais resistentes, ou de cone de penetração, comumente são as referências básicas para o projeto de fundação. Provas de cargas diretas sobre o terreno de fundação e ensaios laboratoriais em corpos de prova tirados de amostras indeformadas (cuidadosamente coletadas, embaladas e transportadas) do terreno natural junto à cota de assentamento da fundação fornecem valiosos subsídios a um melhor dimensionamento da mesma. Já o penetrômetro de bolso e o vane teste miniatura, facilmente transportáveis e utilizáveis com rapidez, acusam aproximadamente a resistência à compressão simples e a coesão, em solos argilosos. São indicados para avaliação rápida e expedida “in situ”, assim como para liberação de cota de apoio de sapatas, por exemplo.

Em qualquer caso, o lastro de concreto não estrutural executado entre o nível do terreno liberado pela fiscalização para apoio da fundação direta, e a base da estrutura deve ser executado com espessura mínima de 0,10 m. A situação ideal é a escavação seguida de inspeção e liberação, com a imediata limpeza e concretagem do lastro não estrutural, em todo o fundo da cava.

As funções do lastro de concreto não estrutural são: isolar a cota de apoio devidamente preparada do meio externo, permitindo assim a concretagem da sapata, mesmo passado algum tempo; promover melhor distribuição de tensões no contato com o solo; e proteger melhor a armadura da sapata. Radiers com altura variável, comuns em reservatórios, podem ter seu formato definido no próprio lançamento do lastro, concretado para servir de forma à fundação.

CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS

ESTACA

É elemento de fundação profunda, executada em concreto, aço ou madeira, com comprimento muitas vezes maior do que seu diâmetro médio, cravada por percussão, vibração ou prensagem e, no caso de concreto, pré-moldada ou moldada “in-loco”. A capacidade de carga das estacas depende da resistência de ponta e de atrito lateral, podendo um desses dois componentes ser desprezado, em casos particulares.

Os tipos mais comuns de estacas são:

- cravada: com ênfase para a cravação por percussão, cujo procedimento mais simples envolve martelo de queda livre forçando a estaca no solo;
- broca manual: que consiste na execução de furos no terreno a serem preenchidos com concreto armado ou simples;
- escavada: que é basicamente a anterior, porém perfurada mecanicamente, com uso ou não de lama bentonítica, conforme o perfil do subsolo e/ou a posição do nível de água do lençol freático local;
- Strauss: executada por perfuração através de balde-sonda (piteira), com uso parcial ou total de revestimento recuperável ou não e posterior concretagem;
- Franki: caracterizada por ter uma base alargada, obtida introduzindo-se no terreno uma certa quantidade de material granular ou concreto, por meio de golpes de um pilão - seus fustes podem ser moldados no terreno com revestimento perdido ou não, ou serem constituídos por elementos pré-moldados;
- injetada: nas quais, através de injeção sob pressão de produtos aglutinantes, normalmente calda de cimento, procura-se aumentar a resistência de atrito lateral, de ponta ou ambas;
- mega: cravada por prensagem, na qual as próprias estacas ou moldes (em geral de concreto ou aço) são introduzidas no terreno através de macaco hidráulico, em pequenos segmentos e utilizando cargueira ou a própria estrutura como reação.

As estacas deverão ser locadas rigorosamente de acordo com o projeto, não devendo ocorrer deslocamento ou inclinação na sua posição da perfuração ou cravação.

Ocorrendo excentricidade ocasionada por locação, perfuração ou cravação incorreta, deverá ser consultado o autor do projeto que apreciará o problema e determinará a solução a ser adotada e cujo custo ocorrerá por conta da contratada, sem ônus para a CODEVASF.

As estacas deverão suportar com segurança as cargas prefixadas, devendo ser controladas as cotas de arrasamento com referência aos níveis de projeto.

Na execução de fundações por estacas, cujo processo de cravação possa comprometer a estabilidade do solo e/ou edificações vizinhas, deverão ser tomadas medidas que neutralizem as vibrações ou procurar-se solução alternativa, sempre de acordo com o projetista da fundação. Eventuais danos a pessoas ou propriedades correrão por conta da contratada.

O tipo de estaca, sua capacidade nominal de carga, sua carga admissível e o comprimento médio estimado serão também fornecidos pelo projeto, sendo que qualquer alteração necessária na obra só poderá ser efetuada com a autorização prévia do autor do projeto de fundação.

No projeto de fundação deverão constar ainda elementos tais como: locação, seção transversal, procedimento executivo, nega (penetração de estaca em milímetros, correspondente a um décimo da penetração para os últimos dez golpes), equipamento a ser utilizado, energia de cravação, tipo de material, emendas, etc... Muitas dessas informações podem e devem ser verificadas “in situ” mesmo pelo projetista. Discrepâncias entre projeto e campo devem ser comunicadas ao responsável técnico pelo projeto e, caso julgadas inaceitáveis, corrigidas.

As providências de controle executivo, necessárias para a boa execução do que foi projetado e resumidas adiante, devem ser encaradas como rotineiras. Provas de carga devem também, sempre que possível ou nos casos específicos de norma, serem realizadas para elucidar dúvidas ou confirmar valores previstos de carga e recalque.

A execução de um estaqueamento deverá ser feita anotando-se os seguintes elementos, conforme o tipo de estaca:

- Comprimento real da estaca abaixo do arrasamento;
- Suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características do equipamento;
- Negas no final de cravação e recravação, quando houver;
- Qualidade dos materiais utilizados;
- Consumo de materiais por estaca;
- Comportamento de armadura no caso de estacas Franki armadas;
- Volume da base e diagrama de execução;
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;
- Anormalidade na execução.

0801 ESTACA MOLDADA “IN LOCO”**080101 a 080103 Perfuração manual**

As estacas-brocas manuais, de maneira geral, deverão ter comprimento limitado a 6 m (seis metros), de diâmetro entre 0,15 e 0,25 m, para carga até 8 tf, com espaçamento máximo de 2,00 m para baldrame de construção e 3,00 m para muros comuns, sendo seu espaçamento usual igual a 3 vezes o diâmetro.

Em geral, a critério da fiscalização, não será permitido o uso dessas estacas em solos moles e que acusam presença de lençol freático. Sendo autorizado o uso, deverão ser tomados cuidados especiais quanto à contenção lateral do furo, dosagem do concreto e esgotamento da água.

No caso de estacas armadas (sujeitas à flexão-pressão), cuidados especiais devem ser tomados quanto à armadura: colocação, enrijecimento, cobrimento, etc...

O concreto utilizado deverá ser dosado para uma resistência característica mínima de 15 MPa. Devido ao pequeno diâmetro dessas estacas, é aconselhável que o concreto seja mais plástico, para dar garantia de total preenchimento do furo e cobrimento da armadura, se houver.

080104 a 080112 Perfuração mecânica rotativa

A execução desse tipo de estaca deverá ser cuidadosamente acompanhada pela contratada e pela fiscalização. Serão executadas na sua posição definitiva, com a escavação feita com ou sem contenção. No caso de ter contenção, os tipos possíveis são: tubo perdido, tubo recuperável ou lama bentonítica.

Os procedimentos mais comuns nesses casos envolvem atividades normalizadas e resumidas a seguir.

Caso a análise preliminar do perfil do subsolo indique estabilidade da escavação (solo argiloso, sem presença de nível de água, pouca expansibilidade), pode ser programada a escavação, a liberação e a imediata concretagem das estacas. A confirmação para esse comportamento favorável do solo deverá ser feita “in situ”, através de furos pilotos, antes da definição do tipo de fundação.

080113 a 080117 Perfuração mecânica rotativa com lama bentonítica

Na hipótese de instabilidade da escavação, presença do nível de água ou risco elevado, deverá ser previsto revestimento ou contenção provisória com lama bentonítica e concretagem submersa.

080118 a 080129 Perfuração mecânica “Strauss”

Esse processo consiste em abrir previamente um furo no solo, introduzindo-se depois o tubo de aço (chamado de camisa), a armadura e o concreto. A camisa pode ou não ser recuperada. A sequência normal dos serviços é:

- Centralização da estaca;
- Início da perfuração e posicionamento da coroa;
- Perfuração com a sonda (piteira), rosqueando-se tubos de revestimento à coroa até a profundidade desejada;
- Concretagem do furo, completamente seco, fazendo-se inicialmente bulbo apilado e retirando-se gradativamente o revestimento, com o cuidado de manter-se sempre a coluna de concreto no tubo;
- utilização de concreto com $f_{ck} \geq 13,5$ MPa, consumo de cimento superior a 300 kg/m³, de consistência plástica e fator água/cimento não superior a 0,55.

080130 a 080141 Perfuração mecânica “Franki”

Neste tipo de estaca o tubo de aço (camisa) tamponado é cravado no solo pelo processo a percussão. Após a conclusão dos trabalhos, esse tipo de estaca apresenta um fuste rugoso e um enorme bulbo na extremidade inferior, o que ocorre para sua maior solidez com o terreno. Tem uma desvantagem por produzir intensas vibrações durante a cravação. A sequência normal dos serviços é:

- Cravação do tubo recuperável de revestimento com ponta fechada (bucha ou chapa de vedação) até a cota de apoio prevista;
- Abertura da base, prendendo-se o tubo de revestimento e apiloando-se fortemente a bucha e o concreto lançado;
- Colocação de armadura;
Concretagem do fuste, à medida que se retira o tubo de revestimento, apiloando-se o concreto recém lançado;
- Utilização de energia mínima igual a 2,5 MN.m para estacas com diâmetro $\leq 0,45$ m, e 5 MN.m para estacas com diâmetro $> 0,45$ m, ao se introduzirem os últimos 150 l de concreto da base alargada.

Dever-se-á atentar para a concretagem das estacas tipo “Strauss” e “Franki”, mantendo-se sempre o tubo de revestimento mergulhado no concreto fresco, impedindo assim a entrada de

material espúrio à escavação. Ao se atravessar camada de argila mole, cuidados especiais serão exigidos, tais como: dosagem e plasticidade do concreto adequadas, armadura especial, etc.

Cuidados especiais deverão também ser tomados para se evitar levantamento de estacas, requerendo-se que todas as que sejam situadas no interior de um círculo de raio igual a 6 vezes o diâmetro da estaca tenham sido concretadas há, pelo menos, 24 horas.

080142 a 080148 Escavada, injetada (microestaca, estaca-raiz)

A escavação deverá ser contínua até a profundidade prevista. Na sequência imediata será feita a colocação da armadura e a limpeza das imediações do furo. Devem-se tomar providências

para evitar o deslocamento da armadura e/ou introdução de material estranho ao concreto. O processo de concretagem a ser adotado é o submerso, utilizando-se tremonha. No caso de uso de bomba de concreto, a mesma deverá despejar o material no topo da tremonha, sendo vedado bombear diretamente para o fundo da estaca.

O concreto a ser utilizado terá:

- Teor de cimento não inferior a 400 kg/m³;
- Abatimento (“slump”) igual a 20 +/- 2 cm;
- Diâmetro máximo do agregado \leq a 10% do diâmetro do tubo de concretagem;
- Embutimento da tremonha no concreto, durante toda a concretagem, não inferior a 1,5 m a fim de evitar a mistura da lama no concreto.

0802 ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO

As estacas de concreto armado ou protendido terão suas formas e dimensões compatíveis com as cargas de projeto levando-se em conta a capacidade nominal (resistência da estaca) e a capacidade admissível (interação solo x estaca).

Sua fabricação será feita por lotes, em área protegida das intempéries. Cada estaca deverá ser identificada pelo número do lote e data de concretagem e todo o lote deverá ser de um mesmo tipo.

A qualidade das estacas a serem fornecidas será de inteira responsabilidade da contratada. As estacas danificadas, a critério da fiscalização, serão substituídas por conta da contratada, por



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

9/52

outra em perfeitas condições de utilização. Deverão ser dimensionadas para suportar não somente os esforços atuantes como elemento de fundação, como também aqueles que poderão ocorrer no seu manuseio, transporte, levantamento e cravação. Em particular, os pontos de levantamento previstos no cálculo deverão ser nitidamente assinalados nas estacas.

O manuseio e o transporte das estacas só poderá ser efetuado após o concreto ter atingido comprovadamente 80% da resistência prevista para os 28 dias. As estacas só poderão ser cravadas quando o concreto tiver atingido a resistência total prevista.

Toda estaca danificada na operação de cravação, devido a defeito interno de cravação, de deslocamento de sua posição ou com o topo abaixo da cota de arrasamento, será corrigida às expensas da contratada, que adotará, após aprovação da fiscalização, um dos seguintes procedimentos:

- Uma ou mais estacas serão cravadas adjacentes à estaca defeituosa, com mudança de bloco devidamente aprovada pelo projetista e fiscalização;
- A estaca será emendada com uma extensão suficiente para atender ao objetivo, mantendo-se a continuidade estrutural e obedecendo-se a os preceitos de concreto armado.

Uma estaca será considerada defeituosa quando tiver fissuras visíveis que se estendam por todo o perímetro da seção transversal, ou quando apresentar defeito que, a juízo da fiscalização, afete sua resistência ou vida útil.

As cabeças de todas as estacas deverão ser protegidas com capacete metálico adequado, provido de coxim superior e inferior sobre o qual atuará o golpe do martelo de cravação.

Em cada estaqueamento dever-se-á tirar o diagrama de cravação em pelo menos 10% das estacas, sendo obrigatoriamente inclusas as estacas mais próximas aos furos de sondagem.

Sempre que houver dúvida sobre uma estaca, a fiscalização pode exigir comprovação de seu comprimento satisfatório. Se essa comprovação não for julgada suficiente e, dependendo da natureza da dúvida, a estaca deve ser substituída ou seu comportamento comprovado por prova de carga. Independente disso, deve ser feita uma prova de carga, para cada grupo de 200 estacas.

O desvio de prumo máximo aceitável será de 1% e a excentricidade, 10% do diâmetro da estaca, relativa ao desvio entre eixo de estaca e ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar.

0803 ESTACA METÁLICA

É constituída de perfis laminados simples ou associados, por perfis compostos de chapa soldada, trilhos ou por tubos cravados no terreno rigorosamente nas posições indicadas no projeto.

As estacas serão depositadas em áreas próprias e protegidas contra a oxidação, em pilhas constituídas de no máximo 3 camadas, para evitar flexão naquelas localizadas nas camadas inferiores. Cada estaca deverá atender as indicações do projeto e as especificações das normas da ABNT.

O deslocamento da posição final da cabeça de cada estaca, em relação àquela indicada no projeto, será de no máximo 5 cm; a inclinação de seu eixo em relação à vertical não poderá ultrapassar a 1%.

A estaca danificada na operação de cravação, que apresente defeitos de fabricação, emenda mal executada, que tenha sido cravada com deslocamento excessivo de sua posição projetada ou que tenha sua cota de topo abaixo da cota de arrasamento fixada pelo projeto será corrigida às custas da contratada, adotando-se um dos seguintes procedimentos:

- Novas estacas serão cravadas com mudança de bloco, devidamente aprovado pelo projetista da estrutura e da fundação, além de aceito pela fiscalização.
- A estaca será emendada até que a cota do topo atinja a cota indicada em projeto.

0804 EMENDA DE ESTACA**080401 De concreto armado**

Caso o comprimento de cravação exceda o comprimento total da estaca, poderá ser executada uma emenda com a utilização de luva metálica de posição justa, para cargas exclusivamente de compressão; caso haja tração e/ou momento na estaca, deverá ser executada emenda de continuidade estrutural, devidamente detalhada pelo projetista da estrutura e aprovada pela fiscalização.

080402 e 080403 Metálica

Emendas de soldas, talas parafusadas ou luvas poderão ser aceitas, sempre que detalhadas em projeto. Só poderão ser executados trechos de estacas maiores que 3m, executando-se a



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

11/52

complementação para a última etapa, cujo comprimento seja o necessário para a concretização dos trabalhos.

0805 CORTE E ARRASAMENTO DE ESTACA

080501 De concreto Armado

Assim que for concluída sua cravação, as estacas serão arrasadas nas costas indicadas no projeto ou determinadas pela fiscalização, de maneira que fiquem embutidas pelo menos 5 cm no bloco de coroamento e sua armação seja mergulhada na massa de concreto num comprimento igual ao de ancoragem.

080502 e 080503 Metálica

O corte e arrasamento em estacas metálicas normalmente é executado utilizando-se aparelho de oxiacetileno e a ligação dela com a estrutura deverá ser aquela especificada em projeto.

0806 e 0807 TUBULÃO

É elemento de fundação profunda, cilíndrico, em concreto, que depende da resistência de ponta, normalmente desenvolvida entre a base alargada (de dimensões superiores às do fuste) e o solo na cota de apoio. Apesar de também existir componente de atrito lateral, essa é geralmente desprezada no cálculo da capacidade de carga. A base alargada pode não existir quando a perfuração for mecânica ou o terreno assim o permitir. Podem ser a céu aberto, onde o solo é estável a corte vertical e o nível de água for profundo ou sob ar comprimido, em casos mais complexos.

Os tubulões terão as dimensões definidas em projeto, com a camisa pré-moldada em concreto ou aço rigorosamente centrada e apumada, com ou sem emprego de ar comprimido, de acordo com as condições do terreno e do nível de água local. Em terrenos de reconhecida resistência e normalmente acima do nível do lençol freático, poder-se-ão executar tubulões a céu aberto sem a utilização de camisa.

As tolerâncias quanto à prumada e excentricidade de tubulões serão, respectivamente, 1% e 10% do diâmetro do fuste. Caso confirmadas, essas discrepâncias deverão ser avaliadas, caso a caso pelo projetista da fundação e da estrutura, devendo as providências cabíveis serem propostas pelos executantes e aceitas pela fiscalização.

Atingida a camada de terreno prevista, tendo sido constatada qualidade de resistência e compressibilidade especificadas no projeto, a fiscalização autorizará o alargamento da base do

tubulão, conforme as dimensões indicadas no projeto. Nesta cota, o terreno será nivelado e limpo para concretagem, que deverá ocorrer imediatamente a seguir após a colocação da

armadura, caso exista. Se a concretagem demorar, aceitar-se-á um tempo máximo de 24 horas sem nova inspeção.

Na execução de bases de tubulões contíguos, situados a uma distância inferior a 2 m entre as bordas mais próximas, dever-se-á proceder a abertura das bases, uma de cada vez. Somente após a concretagem e o início de cura do concreto é que será executada a escavação da base adjacente.

O enchimento do tubulão será com concreto especificado no projeto, lançado em queda livre através de funil apropriado e centrado no fuste, visando o mínimo de choque com as paredes da escavação.

No caso de um fuste ser feito por partes, em aduelas (seguimentos de camisa), a altura mínima de cada uma delas não poderá ser inferior a 2 m para céu aberto, e 3 m para ar comprimido.

Devido ao tipo de trabalho normalmente desenvolvido em tubulões, com descida de pessoal até a base, os cuidados executivos deverão ser grandes, especialmente quanto à segurança das atividades. No caso de ar comprimido deverão ser obedecidas especialmente às determinações da Portaria nº 73 de 02/05/50, do Ministério do Trabalho.

Para tubulões a ar comprimido, tanto o fuste quanto a base alargada serão considerados serviços sob regime pneumático. Para o desligamento do ar comprimido, num determinado tubulão, deverá estar garantida a adequada cura do concreto da base e do respectivo trecho de núcleo, de modo que a subpressão da água não danifique a concretagem executada. Como medida de segurança, o desligamento do ar comprimido deverá ocorrer dois dias após a concretagem do núcleo.

A execução de uma fundação em tubulão deverá ser feita anotando-se os seguintes elementos para cada tubulão, conforme o tipo:

- Cota de arrasamento;
- Dimensões reais de base alargada;
- Material de apoio;
- Equipamento usado nas várias etapas;
- Deslocamento e desaprumo;
- Consumo de material durante a concretagem e comparação com o volume previsto;
- Qualidade dos materiais;
- Anormalidade na execução e providência tomadas;

- Inspeção, por profissional responsável, do terreno de assentamento da fundação, bem como do terreno ao longo do fuste, quando for o caso em que essa possa ser feita.

0808 a 0814 FORMA

A contratada deverá executar e montar as formas obedecendo rigorosamente às especificações do projeto. As formas e o escoramento poderão ser de madeira, metálicos ou outro material aprovado pela fiscalização e conforme o grau de acabamento previsto para o concreto em cada local. De qualquer modo, porém, a qualidade da forma será de responsabilidade da contratada.

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar as pressões resultantes do lançamento e da vibração do concreto, devendo ser mantidas rigidamente na posição correta e não sofrerem deformações. Deverão ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

As formas dos pilares e colunas não deverão ser construídas de forma contínua abrangendo mais de um lance, podendo ser removidas após o concreto de um lance estar endurecido e montadas no lance seguinte. As formas novamente montadas deverão recobrir o concreto

endurecido do lance anterior, no mínimo 10 cm, devendo ser fixadas com firmeza contra o concreto endurecido, de maneira que ao ser reiniciada a concretagem, as mesmas não se deformem e não permitam qualquer desvio em relação aos alinhamentos estabelecidos ou perda de argamassa pelas justaposições. Se necessário, a critério da fiscalização, serão usados parafusos ou prendedores adicionais destinados a manter firmes as formas remontadas contra o concreto endurecido.

Deverão ser feitas aberturas nas formas, onde for necessário, para facilitar a inspeção, limpeza e adensamento do concreto. Todas as aberturas temporárias a serem feitas nas formas para fins construtivos, serão submetidas à prévia aprovação da fiscalização.

Os escoramentos e as formas para o concreto devem ser calculadas e executadas levando-se em consideração o sistema de trabalho, a aplicação de vibradores externos e todas as imperfeições e flexões inevitáveis, de forma que os limites da área de concreto obtida não se afastem mais de 1 cm do inicialmente previsto.

Não serão permitidas braçadeiras de arame para amarração das formas, sendo permitido somente o uso de agulhas metálicas para o travamento das mesmas, quando for o caso. As agulhas serão envolvidas por tubo plástico estanque, de maneira que as mesmas possam ser retiradas do concreto endurecido sem muita dificuldade. Após a retirada das agulhas, os furos deverão ser preenchidos com a mesma argamassa de concreto. Na execução de formas para



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

14/52

peças em que uma das faces receberá impermeabilização, as agulhas não deverão ser envolvidas pelo tubo plástico, devendo permanecer solidárias ao concreto. Após a retirada das formas, deve-se cortar com talhadeira, a uma distância de 2 cm para dentro da superfície, as agulhas de amarração, em ambos os lados, fechando-se as cavidades com argamassa impermeabilizante, cujo ônus será da contratada.

No momento da concretagem, as superfícies das formas deverão estar livres de incrustações, de nata de cimento ou outros materiais estranhos (pontas de aço, arames, pregos, madeira, papel, óleo, etc.), além de estarem saturadas com água, no caso de sua superfície não ser impermeável.

As mestras utilizadas na confecção de lastros, concretagens de laje de fundo e teto, etc., deverão ter rigidez suficiente de modo a garantir as cotas de projeto. Em qualquer caso deverão indicar os níveis de acabamento através de sua face inferior, não sendo permitidas mestras embutidas nas formas a serem concretadas.

No caso de serem utilizadas formas metálicas, as mesmas deverão estar desempenadas e não apresentar vestígios de oxidação, para melhor qualidade do concreto.

Na execução de formas de nichos de ancoragens ou de passagem de eletrodutos embutidos no concreto, deverá ser tomado cuidado especial na fixação das mesmas, de modo a evitar, durante a concretagem, os deslocamentos de locação em planta, bem como os defeitos de flutuação quando do lançamento do concreto.

As formas das peças de concreto aparente serão aplicadas nos locais indicados no projeto, podendo ser constituídas de painéis de tábuas de madeira, aparelhadas e desempenadas, com diversas posições quanto a ângulo e recorte, ou ainda, constituídas de painéis de compensado plastificado, sempre de acordo com o indicado pela fiscalização. Antes da confecção dos painéis das formas a serem aplicadas nos casos de peças visíveis em concreto, o detalhamento das juntas deverá ser submetido à fiscalização para aprovação. Particular atenção deverá ser dada ao alinhamento dos painéis e ao encontro dos mesmos, evitando-se ressalto, a fim de não prejudicar o aspecto do concreto aparente.

As formas para as superfícies curvas deverão ser construídas de maneira a ficarem precisamente com as curvaturas exigidas, cujas dimensões, para as superfícies de concreto, serão dadas por seções no projeto. Onde for necessário, para atender às exigências da curvatura, a forma de madeira deverá ser construída com réguas laminadas, cortadas de modo a serem obtidas superfícies de formas estanques e lisas.



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

15/52

As formas serão retiradas de acordo com o disposto pela ABNT, quanto aos prazos mínimos ou em prazos maiores ou menores autorizados previamente pela fiscalização. Não se admitirá na desforma o uso de ferramentas metálicas como “pés-de-cabra”, alavancas, talhadeiras, etc., entre o concreto endurecido e a forma. Caso haja necessidade de afrouxamento das formas deve-se usar cunhas de madeira dura. Choques ou impactos violentos deverão ser evitados, devendo para o caso ser estudado outro método para a desforma.

Após a desforma, todas as imperfeições de superfície tais como pregos, asperezas, arestas causadas pelo desencontro dos painéis das formas e outras deverão ser tratadas e corrigidas. A reutilização da forma, depois de limpa e preparada, será liberada ou não pela fiscalização, que verificará suas condições.

As formas deslizantes/trepantes serão utilizadas em locais onde o seu emprego seja viável, ou quando indicado em projeto. Deverão ser observadas as especificações das formas comuns no que diz respeito ao resultado que se pretende na moldagem do concreto. Serão alçadas mecânica ou manualmente, no todo ou em parte, com ligações, encaixes, travamentos e contraventamentos que permitam rapidez e segurança no deslocamento e qualidade final do concreto. Deverão ser perfeitamente esquadriadas, sem ondulações e com sistema que permita montagem e desmolde rápido.

0815 PASSARELA DE SERVIÇO

É uma estrutura de madeira com 1,20 m de largura que será utilizada para circulação de pessoas e equipamentos na execução de formas e na concretagem de reservatórios, ETAs, ETEs, etc...

Deve ser executada em pranchas de madeira colocadas lado a lado, sem intervalo entre si, de modo a cobrir a largura de 1,20 m, ou então, em chapas de madeira compensada. As pranchas serão fixadas sobre a estrutura de escoramento das paredes ou lajes, de forma a não se romperem ou deslizarem com o tráfego. No caso de se colocarem as passarelas sobre ferragem de lajes, devem-se tomar os cuidados necessários para que não se danifique a armadura.

0816 RAMPA DE ACESSO

Trata-se de uma estrutura em madeira, com 1,20 m de largura, que será utilizada para acesso de pessoal e equipamentos à passarela de serviços.

A estrutura deverá ser composta por escoras de madeira, travadas entre si, com suportes para recebimento de pranchas de madeira, ou chapas compensadas, que servirão de passadiços.

Toda a estrutura deverá ser dimensionada para suportar o trânsito de pessoas e equipamentos, bem como deverá ter sua inclinação determinada de forma a atingir a altura de passarela. Em função do grau de inclinação deverão ser colocados, sobre passadiço, travas de madeira, para dar segurança ao trânsito de pessoas, a fim de evitar acidentes por escorregamento.

Conforme a necessidade de alteração das passarelas para posições superiores, a rampa poderá ser prolongada de forma a permitir o acesso até o nível mais alto.

0817 CIMBRAMENTO

O terreno de apoio do cimbramento deve ser cuidadosamente analisado e deverá apresentar condições de suporte, sem recalques diferenciais que prejudiquem a estabilidade e/ou a estética da peça a concretar. Os cimbramentos poderão ser metálicos ou de madeira. Devem ser calculados para suportar, sem deformações, as sobrecargas provenientes dos materiais de construção e dos serviços a serem realizados sobre os mesmos. Serão suficientemente escorados, encunhados, contraventados e apoiados, a fim de se evitarem deslocamentos ou desabamentos por choques ou recalques. A estrutura do cimbramento deverá possuir qualidades tais que permitam sua utilização como andaimes e sirvam de apoio a formas trepantes, quando for o caso.

Durante os serviços de concretagem da peça cimbrada, a contratada deverá acompanhar, através de pessoal especializado, o comportamento do cimbramento, a fim de possibilitar a correção de pequenas deformações do mesmo.

O descimbramento só poderá iniciar-se decorrido o prazo necessário para se obter a resistência adequada do concreto, definida na NBR 6118 da ABNT e devidamente comprovada por resultados de corpos de prova. O prazo mínimo é de vinte dias e só será reduzido mediante prévia autorização da fiscalização, levando-se em conta as especificações do projeto quanto ao módulo de elasticidade, resistência à compressão axial e retração do concreto. O descimbramento deverá iniciar-se pelo afrouxamento das peças, com a retirada das cunhas de madeira, evitando-se choques ou impactos violentos na peça de concreto. Deverá ser feito de forma que a transmissão das cargas à estrutura seja lenta e gradativa. Nos casos de lajes, o descimbramento deverá ser executado do centro dos vãos para as extremidades.

0818 ARMADURA



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

17/52

A contratada deverá fornecer o aço destinado às armaduras, inclusive todos os suportes, cavaletes de montagem, arames para amarração, etc., bem como deverá estocar, cortar, dobrar, transportar e colocar as armaduras. As armaduras a serem utilizadas deverão obedecer às prescrições na NBR 7480 e NBR 7481.

Todo aço deverá ser estocado em área previamente aprovada pela fiscalização. Os depósitos deverão ser feitos sobre estrados de madeira ou similar, de modo a permitir a arrumação das diversas partidas, segundo a categoria, classe e bitola.

Os cobrimentos de armaduras serão aqueles indicados no projeto, ou em caso de omissão, os valores mínimos recomendados pela NBR 6118. O espaçamento deverá ser controlado pela contratada de modo a atender aos cobrimentos especificados, durante os serviços de concretagem.

As armações que sobressaírem da superfície de concreto (esperas) deverão ser fixadas em sua posição através de meios adequados. O dobramento das barras, eventualmente necessário aos trabalhos de impermeabilização e outros, deverá ser feito apenas com uma dobra.

As emendas das barras deverão ser executadas de acordo com o especificado pela NBR 6118. Qualquer outro tipo de emenda só poderá ser utilizado mediante a aprovação prévia da fiscalização. No caso de emenda por solda, a contratada se obriga a apresentar, através de laboratório idôneo, o laudo de ensaio do tipo de solda a ser empregado, para aprovação da fiscalização.

A armadura será cortada a frio e dobrada com equipamento adequado, de acordo com a melhor prática usual e NBR 6118 da ABNT. Sob circunstância alguma será permitido o aquecimento do aço da armadura para facilitar o dobramento.

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, será totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepa e substâncias estranhas que possam reduzir a aderência, e será mantida assim até que esteja completamente embutida no concreto. Os métodos empregados para a remoção destes materiais estarão sujeitos à aprovação da fiscalização. A armadura será apoiada na posição definitiva, como indicado no projeto e de tal maneira que suporte os esforços provenientes do lançamento e adensamento do concreto. Isto poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos em geral ou outros dispositivos aprovados pela fiscalização.

Após o término dos serviços de armação e até a fase de lançamento do concreto, a contratada deverá evitar ao máximo o trânsito de pessoas sobre as ferragens colocadas. Caso seja



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

18/52

necessário, a contratada executará uma passarela de tábuas que oriente a passagem e distribua o peso sobre o fundo das formas, e não diretamente sobre as ferragens.

No prosseguimento dos serviços de armação decorrentes das etapas construtivas da obra, obriga-se a contratada a limpar a ferragem de espera com escovas de aço, retirando excessos de concreto e de nata de cimento. Nos casos em que a exposição das armaduras às intempéries for longa e previsível, as mesmas deverão ser devidamente protegidas.

0819 a 0822 CONCRETO

Será composto de cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo. Quando necessário, poderão ser adicionados aditivos redutores de água, retardadores ou aceleradores de pega, plastificantes, incorporadores de ar e outros, desde que proporcionem no concreto efeitos benéficos, conforme comprovação em ensaios de laboratório.

O fornecimento, montagem, operação e manutenção de todos os equipamentos necessários à preparação, lançamento e adensamento do concreto serão feitos pela contratada.

Dadas as características peculiares de comportamento dos cimentos, eventuais misturas de diferentes marcas poderão implicar em inconvenientes, tais como trincas, fissuras e mudança de coloração, no caso de se usar concreto aparente, etc. Desta forma, o emprego de misturas de cimento ficará na dependência de uma aprovação pela fiscalização. O armazenamento do cimento deverá ser feito com proteção total contra intempéries, umidade do solo e outros agentes nocivos às suas qualidades. A disposição dos lotes deverá ser feita sob controle de empilhamento e idade.

O agregado miúdo a ser utilizado para o preparo do concreto poderá ser natural, isto é, areia quartzos a, de grãos angulosos, e áspera, ou artificial, proveniente da britagem de rochas estáveis, não devendo, em ambos os casos, conter quantidades nocivas de impurezas orgânicas ou terrosas, ou de material pulverulento.

Deverá sempre ser evitada a predominância de uma ou duas dimensões (formas achatadas ou alongadas) e a ocorrência de mais de 4% de mica. O armazenamento de areia deverá oferecer condições que não permitam a mistura de materiais estranhos, tais como outros agregados graúdos, madeiras, óleos, etc.

Como agregado graúdo poderá ser utilizado o seixo rolado do leito de rios ou pedra britada, com arestas vivas, isento de pó-de-pedra ou materiais orgânicos ou terrosos. Os materiais deverão ser duros, resistentes e duráveis. Os grãos dos agregados deverão apresentar uma

conformação uniforme. A resistência própria de ruptura dos agregados deverá ser superior à resistência do concreto. O armazenamento do agregado graúdo deverá obedecer às mesmas recomendações relativas ao armazenamento da areia. Poderão ser utilizados, a depender da classe do concreto, três tipos de agregados graúdos:

- a) brita nº 1, diâmetro máximo de 19 mm;
- b) brita nº 2, diâmetro máximo de 38 mm;
- c) brita nº 3, diâmetro máximo de 50 mm.

O diâmetro máximo será fixado em cada caso de acordo com a NBR 6118 da ABNT. O mesmo critério de classificação de brita será aplicado para os seixos.

A água deverá ser medida em volume e não apresentar impurezas que possam vir a prejudicar as reações da água com compostos de cimento, como sais álcalis ou materiais orgânicos em suspensão. Os limites máximos toleráveis dessas impurezas são os especificados na NBR 6118 da ABNT. Deverão ser feitos, em laboratório, ensaios com a água da argamassa de acordo com a NBR 7215 da ABNT. As resistências obtidas deverão ser iguais ou maiores que 90% das obtidas com água de reconhecida boa qualidade e sem impurezas aos sete e aos vinte e oito dias.

A proporção da mistura deverá ser determinada por qualquer método de dosagem racional e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar:

- a) uma mistura plástica e trabalhável, segundo as necessidades de utilização;
- b) um produto que não apresente um aumento excessivo de temperatura na concretagem e que após uma cura apropriada e um adequado período de endurecimento, tenha resistência, impermeabilidade e durabilidade, de acordo com as necessidades da obra onde for aplicado.

Os traços de concreto, bem como os materiais a serem utilizados na mistura, deverão ser submetidos à aprovação da fiscalização. São previstas as seguintes classes de concreto para utilização nas estruturas:

- a) $f_{ck} = 13,5$ MPa;
- b) $f_{ck} = 15,0$ MPa;
- c) $f_{ck} = 18,0$ MPa;
- d) $f_{ck} = 20,0$ MPa;
- e) $f_{ck} = 25,0$ MPa;
- f) $f_{ck} = 30,0$ MPa;
- g) $f_{ck} = 35,0$ MPa;
- h) $f_{ck} = 40,0$ MPa;
- i) concreto não estrutural;



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

20/52

j) concreto Ciclopico com 30% de pedra-de-mão.

A classe do concreto a ser empregado será definida pelo projeto estrutural, e na falta deste, será determinado pela fiscalização.

Será sempre exigido, nas obras em que for fixado o valor do fck no projeto, que o concreto seja dosado experimentalmente, a partir do conhecimento das características dos materiais componentes. O laudo deverá ser apresentado à fiscalização com antecedência mínima de 7 dias do início dos trabalhos de concretagem.

A medida dos materiais deve ser feita de preferência em peso, podendo, entretanto, os agregados serem medidos em volume, desde que seja feita a correção do volume do agregado miúdo por ocasião da dosagem. O cimento não deverá, em nenhuma hipótese, ser medido em volume, como também será vedada a mistura de materiais relacionados a sacos fracionados de cimento. A quantidade de água será determinada por pesagem ou por medição volumétrica.

O concreto será misturado completamente, até ficar com aparência uniforme. Não será permitido um misturamento excessivo, que necessite de adição de água para preservar a consistência necessária do concreto. Será preparado somente nas quantidades destinadas ao uso imediato. Quando estiver parcialmente endurecido não deverá ser remisturado nem dosado. A betoneira não deverá ser sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina.

O transporte entre a central de concreto e os locais de lançamento deverá ser tão rápido quanto possível, evitando-se a segregação do concreto. O concreto será descarregado o mais próximo possível do local de lançamento, não devendo ser obrigado a fluir de modo que o movimento lateral permita ou cause segregação. Por ocasião do lançamento do concreto, as formas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou materiais estranhos. Previamente ao lançamento do concreto em qualquer estrutura, a contratada deverá submeter à aprovação da fiscalização o plano de trabalho, mostrando e descrevendo os métodos de lançamento que pretende usar. Nenhum concreto poderá ser lançado na estrutura sem que os métodos de lançamento tenham sido aprovados pela fiscalização. A aprovação do método de lançamento proposto não isentará a contratada da responsabilidade de sua execução, que permanecerá como única responsável pela construção satisfatória de toda a obra. Nenhum concreto será lançado até que todo o trabalho de formas, instalação de peças embutidas, preparação das superfícies das formas e armação tenham sido liberados pela fiscalização.

Antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação, sobre as quais ou de encontro as quais o concreto deva ser lançado, estarão livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados. As superfícies porosas nas fundações, de encontro às quais o concreto deva ser lançado, serão completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém lançado não seja absorvida. Todas as infiltrações de água serão eliminadas por meio de drenos de brita ou cascalho, ou outros métodos aprovados pela fiscalização.

As superfícies de concreto, sobre as quais ou de encontro as quais o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas. Essas superfícies deverão apresentar-se limpas, saturadas e livres de excessos de água, antes de serem cobertas com o concreto fresco. A limpeza consistirá na remoção de nata, concreto defeituoso, areia e outros materiais estranhos. As superfícies das juntas de construção serão limpas com escovas de aço ou qualquer outro método aprovado pela fiscalização, antes do início do lançamento do concreto. Nesta operação de limpeza será tomado cuidado para evitar excesso de desbastamento.

A contratada manterá a fiscalização informada a respeito das datas de lançamento do concreto, que só será efetuado na presença da fiscalização. Será lançado somente com tempo seco, a não ser que seja autorizado de outra forma pela fiscalização. Todo o concreto será colocado em subcamadas contínuas aproximadamente horizontais. As espessuras das subcamadas não excederão 50 cm ou $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha do vibrador de imersão. A altura de lançamento do concreto não deve ser superior a 2 m, devendo-se, no caso do lançamento de alturas maiores, serem previstas aberturas nas formas para o lançamento e adensamento do concreto. Pode-se, entretanto, adotar dispositivos de lançamento tais como trompas ou similares, que, introduzidas na forma, permitam o lançamento de alturas maiores sem segregação.

Para lançamento de concreto ciclópico, a contratada deverá manter exposta a área de concreto fresco um mínimo de tempo possível. Para tanto, deverá começar o lançamento pela extremidade de jusante do bloco em execução, em uma faixa curta e completar todo o lance na largura total do bloco, repetindo o procedimento em faixas até completar a concretagem do lance em toda a extensão do bloco. Durante a concretagem do lance, a inclinação da face provisória do concreto deverá ser a mais íngreme possível. O concreto próximo a esta face não deverá ser vibrado até que o concreto adjacente seja colocado. Deverá, entretanto, ser vibrado imediatamente, desde que as condições do tempo acelerem a pega a um ponto tal que a vibração posterior não possa adensá-lo e nem integrá-lo completamente ao concreto da faixa adjacente, a ser lançado subseqüentemente. Qualquer agregado graúdo segregado deverá ser

novamente misturado ao concreto. Cada camada de concreto deverá ser totalmente vibrada antes que sobre ela seja lançada outra.

No caso de lançamento de concreto por intermédio de bombas, os equipamentos propulsores serão instalados em posições tais que não causem danos ao concreto já lançado; os condutos serão colocados de modo a evitar a segregação do concreto nas formas. O equipamento, sua disposição e capacidade deverão ser submetidos à aprovação da fiscalização.

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores e mangotes serão inspecionados quanto a defeitos que possam existir. O concreto será vibrado até atingir a densidade máxima praticável, livre de vazios entre agregados graúdos e bolsas de ar, ficando aderido a todas as superfícies das formas e dos materiais embutidos. O adensamento do concreto em estruturas será feito por vibradores do tipo imersão com acionamento elétrico ou pneumático. Deverá haver sempre em disponibilidade dois vibradores para cada frente de trabalho, ficando sempre um de reserva. Serão tomadas precauções para se evitar o contato dos tubos vibratórios com as faces das formas, aço de armaduras e partes embutidas. Será evitada vibração excessiva que possa causar segregação e exsudação. Não será permitido empurrar o concreto com o vibrador, devendo serem tomados todos os cuidados relativos a tempo de vibração efetiva, velocidade de imersão, retirada da agulha e conservação da armadura em posição inicial.

A cura e proteção do concreto deverá ser feita por um método ou combinação de métodos aprovados pela fiscalização. A contratada deverá ter todos os equipamentos e materiais necessários para uma adequada cura do concreto, disponíveis e prontos para uso no início da concretagem. O concreto de cimento Portland deverá ser protegido contra a secagem prematura, mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-a com uma película impermeável, pelo menos durante os 7 primeiros dias após o lançamento, ou até ser coberto com concreto fresco ou material de aterro. A cura com água começará assim que o concreto tenha endurecido superficialmente para evitar danos devido ao impacto da água na superfície.

Todo e qualquer reparo que se faça necessário executar, para corrigir defeitos na superfície do concreto e/ou falhas de concretagem, deverão ser feitos pela contratada, sem ônus para a CODEVASF e executados após a desforma ou teste de operação da estrutura, a critério da fiscalização. Após a desmoldagem e antes de qualquer reparo, a fiscalização inspecionará a

superfície do concreto e indicará os reparos a serem executados, podendo mesmo ordenar a demolição imediata das partes defeituosas para garantir a qualidade estrutural, a impermeabilização e o bom acabamento do concreto.

Para corrigir defeitos causados por recobrimento insuficiente de armadura, deve ser adotada a seguinte sistemática:

a) demarcação da área a reparar;

- b) apiloamento da superfície e limpeza;
- c) aplicação de adesivo estrutural na espessura máxima de 1 mm, sobre a superfície perfeitamente seca;
- d) chapisco com argamassa de cimento e areia no traço igual ao do concreto;
- e) aplicação de argamassa especialmente dosada, com espessura máxima de 2 cm;
- f) proteção da superfície contra ação de chuva, sol e vento;
- g) aplicação de segunda demão de argamassa para uniformizar a superfície, após 24 horas de aplicação da primeira demão;
- h) alisamento da superfície com desempenadeira metálica;
- i) proteção da superfície contra intempéries usando-se verniz impermeabilizante, cobertura plástica, ou camada de areia e molhando-se periodicamente durante 5 dias.

A desagregação do concreto, que resulta num concreto poroso, deve ser corrigida pela remoção da porção defeituosa ou pelo enchimento dos vazios com nata ou argamassa especial e aplicação adicional de uma camada de cobrimento, para proteção da armadura. A solução deve ser adotada, considerando-se a extensão da falha, sua posição (no piso, na parede ou no teto da estrutura) e sua influência na resistência ou na durabilidade da estrutura. Para recomposição da parte removida, deve-se adotar a mesma seqüência preconizada para a correção de defeitos causados por recobrimento insuficiente da armadura. Para enchimento da cavidade deverá ser aplicado adesivo estrutural e concreto ou argamassa de cimento e areia (dependendo das dimensões da cavidade), dosado com baixo fator água/cimento, aglutinante de pega rápida e aditivo expensor.

Para eliminação de vazamentos deve-se proceder a demarcação, nas partes externa e interna, da área do vazamento e a remoção da parte defeituosa. Em seguida adota-se a mesma seqüência indicada para a correção de defeitos causados por recobrimento insuficiente da armadura.

No tratamento de trincas e fissuras é necessário verificar se há movimento ou fissura e qual a amplitude desse movimento para escolha do material adequado para vedação. Quando a trinca ou fissura puder ser transformada em junta natural, adota-se a seguinte seqüência:

- a) demarcação da área a tratar;
- b) abertura da trinca ou fissura, de tal modo que seja possível introduzir o material de vedação;
- c) na amplitude máxima da trinca, introdução de cunhas de aço inoxidável a fim de se criar tensões que impeçam o fechamento;
- d) aplicação de material de plasticidade perene, fortemente aderente ao concreto. Esses materiais são elastômeros, cuja superfície em contato com o ar polimeriza, obtendo resistência física e química, mantendo, entretanto, a flexibilidade e elasticidade.

Quando deve ser mantida a continuidade monolítica da estrutura, procede-se como da forma descrita para a correção de defeitos causados por recobrimento insuficiente da armadura, sem aplicação do elastômero substituindo-o por uma película de adesivo estrutural e argamassa especial, semi-seca, que permita adensamento por percussão. Na película se adiciona aglutinante de pega rápida e adesivo expensor.

Quando não houver tensões a considerar e se desejar vedar a trinca, adotar a seguinte sistemática:

- a) executam-se furos, feitos com broca de diamante ou vídea, ao longo da trinca, espaçados de 10 cm e com 5 cm a 6 cm de profundidade, sem atingir a armadura;
- b) cobre-se a trinca com um material adesivo, posicionando os tubos de injeção;
- c) injeta-se material selante adesivo (epóxi) com bomba elétrica ou manual apropriada.

As juntas de concretagem, quando não indicadas nos desenhos de construção, deverão ser indicadas nos planos de concretagem apresentados pela contratada, no que se refere às suas posições. Na elaboração destes planos, a contratada deverá levar em consideração as recomendações contidas na NBR 6118. As juntas de concretagem deverão receber os seguintes tratamentos que possibilitem uma perfeita união entre as duas partes adjacentes:

- a) tratamento com escova de aço;
- b) tratamento com jato de água e ar, ainda no período da pega;
- c) tratamento com jato de areia molhada, depois do tempo de fim de pega;
- d) tratamento através de picotagem com ponteira.

Após a aplicação de um desses processos, a superfície deverá ser perfeitamente limpa, com jato de areia molhada ou jato de água e ar, de maneira que, no final, fique a superfície sem a presença da pasta que cobre superficialmente o agregado miúdo. A profundidade do corte não deve exceder a 5 mm. Protuberâncias ou sulcos profundos dificultam a execução de uma boa limpeza como também é necessária a remoção de toda a água livre que possa estar na superfície. Antes do lançamento do concreto novo, deverá ser lançada uma camada de argamassa do mesmo traço do concreto em aplicação, a fim de garantir a presença de argamassa e agregados, para uma forma homogênea de ligação das etapas. Nas juntas situadas em locais solicitados por grandes tensões de tração, ou nos locais indicados nos desenhos de construção, deverá ser usado um adesivo estrutural após a aprovação da fiscalização.

Caso surjam juntas frias devido a interrupções eventuais no lançamento, por questões de transporte; defeitos na central de concreto ou nos equipamentos; acidente nos locais de trabalho, etc., a fiscalização deverá ser comunicada imediatamente. Em qualquer caso, antes do novo lançamento, quando da normalização da situação, a fiscalização efetuará um exame

do concreto já lançado na forma, a fim de constatar a ocorrência ou não de junta fria; caso seja realmente comprovada tal existência, a concretagem deverá ser imediatamente paralisada e o concreto será tratado como junta de concretagem.

0823 ADITIVO

É produto que adicionado a concreto ou argamassa, antes ou durante a mistura, modifica algumas de suas propriedades, no sentido de melhorá-las e/ou adequá-las a determinadas condições.

O uso de aditivo deve ser comunicado ao projetista estrutural, que deve aprovar a sua utilização. Deve-se utilizar preferencialmente aditivo em forma líquida, devendo ser feita a comprovação "a priori" de sua eficiência, por comparação entre concretos com e sem aditivo, feita nas condições da obra e, se possível, em parte dela.

Aditivos com idade superior a 6 (seis) meses devem ser reensaiados obrigatoriamente, de acordo com as normas da ABNT.

Podemos classificar os aditivos em: modificadores da reologia da massa fresca, modificadores do tempo de pega, impermeabilizante ou hidrófugos e expansores. Segundo esta classificação, podemos separá-los por suas ações durante a mistura, no tempo de cura ou no resultado final do concreto ou da argamassa. De uma maneira bastante genérica temos as subdivisões abaixo relacionadas e as prováveis consequências.

082301 Fluidificante

Aumenta a docilidade da massa, facilitando a sua aplicação. Esse aditivo diminui o fator A/C (água/cimento) facilitando o lançamento nas formas e reduzindo o tempo e a intensidade de vibração requerida.

082302 Aerante

Modifica a reologia pela introdução de microbolhas de ar no concreto. Esse tipo de aditivo permite a redução na quantidade de cimento e do fator A/C e aumenta a homogeneidade, o volume e o tempo de cura, além de diminuir a segregação.

082303 Plastificante

Reduz o fator A/C mantendo a consistência e melhorando a impermeabilidade, a compacidade e a resistência à corrosão.

082304 Redutor de tempo de pega

Na massa fresca ele permite uma redução do consumo de água; para o mesmo "slump", melhora a trabalhabilidade, diminui a segregação, melhora a vibração e o bombeamento; reduz

a temperatura da massa fresca durante a hidratação; alguns tipos aumentam a plasticidade para um mesmo fator A/C.

No concreto endurecido ele aumenta a resistência mecânica devido a menos água no fator A/C; com um mesmo consumo de cimento aumenta a resistência inicial e dá boa trabalhabilidade no concreto; alguns tipos melhoram as resistências em todas as idades.

082305 Retardador de tempo de pega

Na massa fresca ele evita juntas frias em concretagem de grandes volumes, dá homogeneidade na resistência da peça; permite a concretagem em dias de altas temperaturas.

No concreto endurecido ele causa, aos 28 dias, uma resistência de 15 a 20% maior, diminui as fissuras por retração.

082306 Acelerador de tempo de pega

Não se recomenda o uso desse tipo de aditivo devido ao aumento da corrosão da armadura. Além disso, afeta a estanqueidade e a impermeabilidade do concreto.

082307 Redutor de absorção capilar

Na massa fresca aumenta a trabalhabilidade e reduz o fator A/C.

No concreto endurecido aumenta a durabilidade pois impede a penetração de agentes agressivos.

082308 Redutor de porosidade

Tem por objetivo tornar o concreto mais impermeável. Esse efeito pode ser conseguido por alguns tipos já citados, como por exemplo: redutor, incorporador de ar, plastificante, etc... O desempenho desse aditivo específico não está bem comprovado, visto que o concreto bem proporcionado, misturado, lançado, por si só já possui boa impermeabilidade.

082309 Expansor

A sua ação se manifesta como expansão do concreto durante a hidratação, pela geração de gases ou por aumento de volume.

Na massa fresca aumenta a fluidez do concreto; diminui a exsudação da água facilitando sua retenção; aumenta a coesão e a homogeneidade; aumenta a plasticidade; reduz o fator A/C e evita a retração.

No concreto endurecido aumenta os vazios do concreto e, como consequência, diminui sua densidade e a sua resistência.

Nota: Por seus efeitos prejudiciais só devem ser aplicados sob rigorosa apreciação do projetista e a orientação de especialista.

Existem aditivos que combinam as características anteriormente especificadas e fornecidas como um só produto, como por exemplo: plastificante acelerador, superplastificante retardador, fluidificante retardador; etc...

Não se recomenda o uso de aditivos que contenham cloretos de cálcio, sendo esse um dos motivos pelos quais se deve conhecer com detalhes o produto antes do seu emprego na obra. Exigir, se for o caso, atestado (s) de qualidade fornecido (s) por laboratórios idôneos. O pessoal encarregado do trabalho com aditivo deve ser habilitado para isso.

Verificar as limitações impostas pelo projetista e pelo aditivo no que diz respeito à quantidade máxima do aditivo na massa, processo de cura, tempo de aplicação do concreto com aditivo, etc...

A combinação de mais de um produto na obra só pode ser feita com especificação de tecnologista de concreto e aprovação do projetista para que se verifique a compatibilidade entre os produtos.

Sempre que possível, deve ser comparado o custo do concreto com aditivo ao custo de mudanças de técnicas construtivas, dosagens, impermeabilização, etc...e ver se seu emprego é vantajoso.

0824 GRAUTEAMENTO

O graute é uma argamassa pronta para uso, auto-nivelante e de alta resistência inicial. Atinge normalmente uma resistência de 20 MPa, podendo receber até 50% do peso em pedrisco, transformando-se num concreto-graute.

O graute é indicado para fixação de equipamentos, chumbamento de tubulações, reparos de falhas de concretagem, recuperação estrutural e outros serviços afins.

Deve ser usado com adição de água limpa, nas proporções indicadas pelo fabricante. Após a adição de água o tempo máximo para utilização é de 30 minutos.

A cura deve ser úmida pelo menos durante 3 (três) dias.

0825 LAJE PRÉ-FABRICADA

Será executada de acordo com o projeto específico e as prescrições do fabricante. Deverá ser perfeitamente escorada, de modo a não permitir deformações. Quando for destinada a forro, será executada com viguetas de concreto e tijolos especiais e recoberta com camada de concreto não estrutural com espessura de 4 cm.

0826 CONCRETO PROTENDIDO

Critérios para classificação do concreto protendido

a) Quanto à aplicação da força de protensão:

- com pré-tensão da armadura - Neste caso a armadura é estirada antes da concretagem, apoiada em dispositivos alheios a peça e a força de protensão é transmitida por aderência. A técnica resume-se em se estirar a armadura no interior da forma, apoiada sobre dispositivos externos. O conjunto denomina-se de “pistas ou bancos de protensão”. Depois se concretiza a peça e ultimada a cura, adquirindo o concreto certa resistência, cortam-se os fios que transmitirão por aderência a força de protensão ao concreto. Este tipo apresenta vantagens, especialmente para instalações de pré-fabricação.
- com pós-tensão da armadura - Neste caso a armadura é esticada após a concretagem e após o concreto adquirir uma certa resistência, com apoio da própria peça, a força de protensão é transmitida através de órgãos especiais de ancoragem. A peça é toda armada, colocando-se a armadura de protensão dentro de um invólucro metálico flexível chamado bainha, que impedirá a aderência entre o cabo e o concreto. Em seguida, funde-se o concreto que endurecerá até atingir certa resistência com a armadura inteiramente solta. A armadura é

então esticada com dispositivos hidráulicos especiais (macacos de protensão), apoiados na

própria peça; o equilíbrio realiza-se interiormente, isto é, à medida que se estica o cabo já se desenvolvem ações cabo/concreto e vice-versa. Portanto, ao contrário do que ocorre no tipo anterior, a deformação elástica do concreto devido a protensão, verifica-se durante o estiramento dos cabos. O aço ao atingir tensão determinada, procede-se a ancoragem do cabo empregando-se dispositivos especiais (órgãos de ancoragem), passando a segurança da

peça a depender da segurança das ancoragens. Pode-se ainda, por uma injeção de argamassa no núcleo da armadura, após a protensão, obter o que se chama de aderência posterior, melhorando-se as condições de segurança à fissuração e à ruptura, além de preservar a armadura da ação dos elementos e agentes exteriores.

b) Quanto às tensões normais da flexão:

- com protensão total (completa) - a protensão diz-se completa ou total quando todas as tensões normais devidas à flexão, sem se considerar o cortante, forem de compressão.
- com protensão parcial (limitada) - neste caso são toleradas tensões de tração até certos limites. O concreto não fissurará se a tensão de tração for contida em um pequeno valor.

c) Quanto à aderência entre a armadura de protensão e o concreto:

- com aderência posterior;
- sem aderência posterior.

Ambas as possibilidades só são realizáveis na pré-tensão, sendo a aderência não realizada proibida na maior parte dos regulamentos, porque as pedras resultantes apresentam risco de grandes deformações e pouca segurança à fissuração e à ruptura.

Sistema Técnico de Realização da Protensão

As diferenças mais importantes entre os vários sistemas de protensão residem na maneira de ancorar as armaduras.

a) Ancoragem pelo efeito de atrito e cunha:

Mediante a introdução de cunhas entre os elementos tensores (fios, arames, cordoalhas), e as peças de ancoragem a que se dá a conformação cônica, manifestam-se forças prensoras ou de agarre, que se bastam para manter a sujeição do fios. Para evitar um deslizamento incontrolado dos fios, as cunhas recebem, na parte em contato com aqueles, um perfil

dentado que se incrusta nos fios pelo efeito da mesma carga que o mantém tracionado. Isto produz um certo deslizamento que causa perda de protensão.

Utilizam este efeito os processos *Freyssint*, *Rudloff*, *VSL*, *Magnel*, *Lee MacCall*, *Gifford*, etc...

b) Ancoragem por porca e rosca:

Utilizam este equipamento os processos *Roebbing*, *Dywidag*, *BBRV* nas ancoragens ativas.

c) Ancoragem por botões (rebites):

Os diferentes fios são passados em uma peça de ancoragem através de orifícios praticados na mesma; nos extremos mediante rebitado a frio, formam-se pequenos cabeçotes de retenção, que se apoiam contra a peça de ancoragem retendo os fios quando estirados.

Utilizam essa sistemática os processos *BBRV*, *Freyssinet* nas ancoragens passivas, e *Prescon* nas ativas.

d) Ancoragem por placas mordças:

Empregam-se fios de aço perfilados, ovalados ou retangulares, que com parafusos de alta resistência ficam presos entre placas de aço que por sua vez transmitem a carga para a peça.

e) Outros processos:

Cimento expansivo (*Lossier*), aquecimento elétrico das armaduras, macacos agindo externamente, deformação prévia da armadura por meio de cargas externas, e posteriormente bloqueada por meio de concretagem acrescentada à estrutura, são alguns processos alternativos a serem considerados.

Alguns efeitos como aderência e atrito utilizados em peças pré-tensionadas, no sistema *Ferraz*, e nas ancoragens passivas por laços, na maioria dos sistemas, também podem ser utilizados.

Protensão

Os materiais a serem empregados nas estruturas de concreto protendido são aqueles especificados para formas, armaduras e concreto.

O aço de protensão será indicado, para cada caso, nos desenhos de projeto, no que se refere à sua resistência nominal e constituição. As características mínimas exigíveis serão as contidas

nas NBR 7482 e 7483 da ABNT, para fios e cordoalhas, respectivamente. Todos os lotes de aço recebidos da fábrica deverão vir acompanhados dos respectivos certificados de ensaio, que serão encaminhados à fiscalização. Além disso, deverão ser ensaiados em laboratório idôneo, para verificar se o material atende às especificações da ABNT no que se refere a escoamento, resistência e alongamento. A aceitação ou rejeição dos lotes ficará submetida aos critérios fixados nas NBRs 7482 e 7483 da ABNT, correspondentes ao aço empregado. Os fios e cordoalhas deverão vir da fábrica embalados adequadamente, para proporcionar maior proteção contra oxidação ou corrosão e serão estocados em área coberta, protegida das intempéries.

O isolamento e proteção dos fios ou cordoalhas de aço são feitos através dos cabos de proteção, que é o nome dado ao conjunto formado pela ancoragem, bainha e calda de injeção.

As ancoragens deverão ter uma resistência igual ou superior a 90% da resistência característica especificada para o aço de proteção, devendo o ensaio ser realizado com cabo sem calda de injeção.

As bainhas serão metálicas, galvanizadas, corrugadas e deverão possuir resistência suficiente para evitar qualquer dano irreparável ou deterioração durante o seu transporte, estocagem, manuseio e instalação. As bainhas deverão, ainda, ser estanques a fim de impedir a penetração da nata de cimento no seu interior durante a concretagem.

Calda de injeção é a mistura a ser injetada na bainha e será composta de água, cimento e eventuais aditivos. A água a ser utilizada deverá ser limpa e fresca, livre de óleo, graxas, ácidos, álcalis, silícios ou qualquer outra substância agressiva ao cimento, em quantidades prejudiciais. O cimento poderá ser de alta resistência inicial (ARI) ou cimento Portland comum com finura equivalente a do cimento de alta resistência inicial (4.500 cm²/gr, método Blaine). Para tanto, este último deverá ser peneirado em peneira nº 100 e a porcentagem máxima retida em peneira nº 200 não devendo ser superior a 4,3 %. É vedado o uso de cimento armazenado por mais de 90 dias ou que apresente empedramento. Caso sejam usados aditivos, estes deverão ter influências positivas nas propriedades da calda de injeção, tais como baixo fator água/cimento, boa fluidez, diminuição da retração e expansão. O aditivo não deverá conter nenhum produto químico em quantidade que possa ter efeito nocivo sobre o aço de proteção

ou sobre o cimento. Aditivos contendo cloretos, sulfatos e nitratos não deverão ser usados. Todos os aditivos deverão ser empregados de acordo com as instruções do fabricante. Na dosagem, o cimento e os aditivos deverão ser medidos em peso, nas proporções indicadas pelo laboratório de concreto, que também indicará a relação água/cimento e os eventuais aditivos.

A relação água/cimento não poderá exceder 0,45. A dosagem será feita com os próprios misturadores que servirão à operação de injeção.

O início de fluidez, avaliado pelo cone de Marsh, deverá ficar entre 10 e 16 segundos. A exsudação deverá ser sempre inferior a 2 %. A resistência à compressão da mistura, avaliada aos 28 dias de idade, em corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, curados segundo a NBR 7215 da ABNT, deverá atender ao valor de 25 MPa. No caso de avaliação aos 7 dias de idade, a resistência deverá atender ao valor de 17 MPa.

Durante a confecção dos cabos e manipulação do aço não serão permitidas operações de endireitamento dos fios ou cordoalhas. A enfição deverá ser realizada antes da montagem dos cabos, portanto os dispositivos de fixação dos cabos na peça deverão ser dimensionados de modo adequado, a fim de resistir aos esforços provenientes do seu próprio peso. Estes dispositivos poderão ser fixadores ligados à armadura não protendida, suportes de apoio ou qualquer outro tipo que mantenha a correta posição dos cabos durante a concretagem. Os cabos deverão ser locados de acordo com os desenhos do projeto. Nenhum cabo poderá ter um desvio de sua posição de projeto superior a 1 cm.

Caso haja necessidade de desviar o cabo em virtude da presença de abertura, dutos, insertos, etc., o raio de curvatura mínimo deverá ser de 6 m e o cobrimento em relação à face da abertura deverá ser superior a 15 cm. Cada cabo será marcado individualmente e claramente identificado antes da sua colocação na peça. Cuidado especial deverá ser tomado durante o seu manuseio, para evitar danos às bainhas. Caso isto ocorra, a fiscalização decidirá pela conveniência do reparo no próprio campo, podendo, inclusive, solicitar a retirada da bainha danificada, sem ônus para a CODEVASF. Nos pontos do cabo em que houver depressão ou elevação e em pontos intermediários, previamente fixados, deverão ser deixados purgadores destinados a servir de drenos, respiros ou pontos de injeção de calda de cimento.

Na concretagem de uma peça estrutural protendida, o lançamento, adensamento e cura do concreto deverão obedecer às prescrições dos itens específicos, entretanto algumas considerações complementares são feitas sobre essas operações:

- a) antes do lançamento deverá ser verificada a locação correta dos cabos, principalmente nos pontos críticos, tais como no meio de vãos, inflexões e pontos de momento negativo. Se a bainha for danificada, reparos deverão ser executados, observando-se sempre as tolerâncias de posição e os cobrimentos fixados em projeto;
- b) atenção especial deverá ser dada a vibração do concreto nas ancoragens, para garantir uma compactação uniforme nestes pontos.

Não será permitida a protensão com menos de 72 horas após o término do lançamento do concreto, salvo se for utilizada cura térmica, e com autorização da fiscalização. A operação de protensão só será iniciada quando o concreto atingir 80% de sua resistência característica especificada em projeto. Para tanto, a fiscalização mandará romper dois corpos de prova, curados nas mesmas condições da peça a que se referem, tomando como valor da resistência o menor dos valores obtidos no ensaio.

Antes do início da protensão, deverá ser feita uma inspeção preliminar para verificar se os cabos estão de acordo com o projeto, os equipamentos são os adequados para cada tipo de cabo e estão em perfeito funcionamento, o plano de protensão e as tabelas de dados estão no local e todo o pessoal especializado está presente. Qualquer operação de protensão só poderá ser executada com a presença da fiscalização.

As tensões máximas no aço, aplicadas durante a protensão, não podem ultrapassar os seguintes limites:

$$0,80f_{ptk} \text{ ou } 0,90f_{p0,1k}$$

onde:

f_{ptk} = valor característico da resistência de ruptura à tração do aço de protensão;

$f_{p0,1k}$ = tensão no aço de protensão correspondente à deformação unitária residual de 0,1%.

O valor da força de protensão aplicada em cada cabo será sempre controlada pela:

- leitura das pressões manométricas nas bombas de acionamento dos macacos, que serão adequadamente transformadas em valores de força aplicada ao cabo;
- leitura dos alongamentos apresentados pelo cabo que serão comparados com os valores teóricos de alongamentos calculados. Estes alongamentos teóricos serão referidos ao valor do módulo de deformação do aço utilizado, obtido em ensaio e terão em conta os efeitos de atrito presentes.

Este controle poderá referir-se aos valores finais, ou a valores parciais de forças de protensão aplicadas, a juízo da fiscalização. Em qualquer fase da operação de protensão, os valores de força aplicada, avaliados pelas alíneas “a” e “b” acima, não deverão divergir entre si mais de 5% do maior deles. A avaliação da força aplicada pela alínea “b” será feita com o auxílio da expressão:

$$P_l = \frac{\Delta l}{\Delta l_{teo}} = P_0$$

onde:

- Pl - força aplicada;
 Δl - alongamento medido;
 Δl , teo - alongamento teórico, calculado correspondente a P_0 ;
 P_0 - força máxima a ser aplicada ao cabo, prevista em projeto.

A somatória das forças de protensão aplicadas junto às ancoragens dos dados de uma mesma peça deverá situar-se entre os limites de $\pm 2\%$ da somatória dos valores destas forças, prevista em projeto. No caso de cabos de paredes de reservatório ou de lajes, aplica-se esta exigência aos cabos que se situem em uma mesma faixa de largura igual a 1,00 m.

Os defeitos que sejam porventura observados durante a protensão, tais como cabos presos e ruptura do concreto junto às ancoragens, serão devidamente corrigidos antes de ser completada a protensão da respectiva peça, obedecendo a procedimentos previamente aprovados pela fiscalização. No caso de sinais de ruptura ou de vazios no concreto junto às ancoragens, observar os cuidados seguintes:

- substituir adequadamente todo o concreto local por outro que atenda às exigências destas especificações;
- não utilizar aditivos aceleradores de pega;
- não efetuar nova operação de protensão na mesma ancoragem antes do concreto ter atingido a resistência exigida para o caso.

Para injeção da nata são exigidos os seguintes equipamentos:

- misturador de alta turbulência, com capacidade suficiente para injetar todo o cabo sem interrupção e com velocidade de rotação mínima de 12000 rpm. Na tomada de calda, a mistura deve passar por uma peneira nº 10, a fim de eliminar partículas maiores, que impediriam um fluxo uniforme da calda;
- bomba injetora automática com capacidade de bombeamento contínuo para, em condições normais, preencher o maior dos cabos de projeto em menos de 20 minutos, sob pressão de 1 MPa;
- manômetro de marca reconhecida, com capacidade para leitura de até duas vezes a pressão de injeção, adaptado a respectiva bomba.

Para execução da mistura, a ordem de colocação dos materiais no misturador deverá ser sempre a mesma e obedecendo à fixada na dosagem. O tempo de mistura, após a introdução de todos os materiais, será de dois a oito minutos. A calda será agitada continuamente até seu bombeamento. Não poderá ser adicionada água para aumentar a fluidez, após a sua mistura. Calda com temperatura superior a 32°C não poderá ser empregada; se necessário, a água de mistura deverá ser gelada.

Para a injeção, todos os tubos e purgadores serão abertos no início da operação, que será sempre precedida de lavagem dos cabos. Os cabos verticais serão injetados pelo extremo inferior. A pressão no interior da bainha não poderá exceder a 1,5 MPa. O bombeamento deverá ser mantido até que a calda saia continuamente sem nenhuma golfada de água ou ar e o volume de calda ejetada não seja menor que o injetado. Para garantir que a bainha permaneça cheia, a saída e a entrada deverão ser fechadas.

Para o controle de qualidade serão coletadas amostras à saída do misturador ou à saída da bomba, realizando-se ensaios à razão seguinte:

- a) fluidez: três ensaios para cada 20 sacos de cimento ou fração;
- b) exsudação e resistência: um ensaio para cada 20 sacos de cimento ou fração.

O escoramento precisa ser mantido na posição até que se complete a operação de protensão.

Formas laterais de vigas poderão ser removidas antes da operação de protensão, obedecendo a o tempo mínimo de desforma. A remoção das formas e escoramentos poderá ser feita imediatamente após a operação de protensão, entretanto, um novo escoramento poderá ser necessário para prevenir sobrecargas adicionais devidas à construção. Não encunhar fortemente o novo escoramento contra peças protendidas.

Todas as partes expostas das ancoragens deverão ser protegidas de maneira adequada, com uma cobertura de concreto ou argamassa, de boa consistência, com abatimento mínimo no tronco de cone (“slump-test”). Não usar concreto ou argamassa que contenha cloreto de cálcio para o arremate das ancoragens.

Reservatório de concreto armado protendido

Introdução

No caso de reservatórios de concreto armado protendido as tensões de membrana são envolvidas em adição das tensões de flexão e de outras ações estruturais. O objetivo é protensionar o concreto, o suficiente para que ele permaneça sem fissuração para as tensões de serviço, e ainda com um percentual de segurança adequado, escolhido em função da probabilidade de sobrecargas e considerações das consequências da fissuração.

A grande maioria de reservatórios de concreto protendido é de forma circular, com proteção circunferencial suficiente para eliminar as tensões de tração em cada nível. Os tendões circunferenciais podem ser contínuos, aplicados por fios aderentes ou em tubos, ou aplicados através de parafusamento ou macacos de protensão, utilizados em operações sequenciais para

providenciar o estado de tensão necessária. Cabos circulares podem também consistir de cabos superpostos entre ancoragens colocadas parcialmente no perímetro.

Os reservatórios de concreto também podem ser protendidos tridimensionalmente por cabos helicoidais, cruzando-se a 45°. Este processo permite a utilização de cabos relativamente curtos, tais como barras que minimizam a fricção.

Os reservatórios podem utilizar protensão na direção vertical em combinação com armaduras de reforço circular na forma de cabos protendidos ou aço comum.

Reservatórios quadrados podem ser requeridos para uso industrial, em função de espaço físico ou de fluxograma de processo. Neste caso, os efeitos das deformações quando carregados devem ser considerados.

Paredes de reservatórios podem ter variações de altura entre anéis ou pórticos superiores e inferiores. Estes anéis podem ser protendidos circunferencialmente e as paredes podem ser protendidas verticalmente. Cascas finas de concreto (tais como parabolóides hiperbólicos) podem ser usadas para cobertura do reservatório. Cuidados com as deflexões nos nós verticais e a possibilidade de vazamentos devem ser tomados.

As paredes de reservatórios de concreto podem ser concretadas "in-loco", utilizando-se painéis de concreto pré-moldado ou ainda através do shotcrete.

Paredes de concreto moldado no local são concretadas em segmentos alternados de altura total, para permitir a dissipação da retração. Formas auto-portantes são utilizadas. Os cabos de enrijecimento das formas podem ser utilizados posteriormente na capacidade portante do reservatório através da incorporação nas paredes.

Nas juntas construtivas, verticais e horizontais, os nós devem ser cortados e escarificados manualmente e via jatos de água ou areia para expor o agregado. A seguir, deve-se molhar generosamente a superfície antes do próximo lançamento, ou mesmo utilizarem-se resinas poliméricas ou epoxídicas em nível de ponte de aderência. A utilização de formas deslizantes ou trepantes também podem ser definidas.

Painéis pré-moldados podem consistir de placas verticais ou horizontais, lajes diagonais ou placas geodésicas ou dobradas. Estes elementos podem ser pré-tencionados, com uma pós-tensão, nas direções transversais, aplicada após a montagem.

Reservatórios com contrafortes têm sido construídos utilizando-se contrafortes pré-fabricados, com ancoragens embutidas, e montados no campo com paredes moldadas no local.

A técnica do shotcrete pode ser aplicada em formas internas ou malhas metálicas formando a parede interna de concreto, ou ainda pode ser aplicada externamente como camada protetora sobre cabos protendidos.

Nos reservatórios de maior dimensão, a ligação entre as paredes e a laje do piso acontece com uma conexão não-rígida, de tal maneira que reduz as tensões de flexão nas paredes e permite movimentos relativos das paredes sujeitas à protensão e a variações de carga. Essas conexões podem permitir rotações e translações totais ou limitadas.

O projeto de reservatórios em concreto protendido é afetado pelas cargas externas e internas, pelas condições de rigidez dos contornos (as junções entre paredes, pisos e coberturas) e ainda por aspectos do sistema construtivo tais como: retração, variação de umidade, deformação lenta, relaxação do aço, módulo de elasticidade, estágios de protensão e intervalos de tempo de carga. Cargas externas incluem aterros e sobrecarga sobre os mesmos, cargas nas coberturas e cargas aerodinâmicas (que podem ocorrer durante a construção e devem ser consideradas para reservatórios elevados). Os casos de sub-pressão nas placas de piso também devem ser levados em consideração.

Alguns aspectos devem ser estudados de acordo com a probabilidade de acontecerem. Tolerâncias de construção nas espessuras das paredes ou nas medidas externas podem afetar grandemente a estabilidade da estrutura durante a fase de protensão.

A retração é particularmente severa com reservatórios devido à pequena espessura das seções transversais e as superfícies expostas. Um processo adequado de cura deve ser garantido para minimizar e prevenir os efeitos da fissuração. Um umedecimento constante deve ser providenciado por aspersão ou esguichamento.

No caso da adoção de contrafortes, eles devem ser detalhados de tal maneira a prover aberturas suficientes para as ancoragens e os equipamentos de protensão. Estas regiões são normalmente muito congestionadas e os detalhes devem ser utilizados para providenciar espaço para a concretagem. Muito cuidado deve ser tomado com a escolha da mistura a ser utilizada. As ancoragens devem estar rigidamente fixadas para prevenir deslocamentos durante a concretagem.

Os detalhes dos nós das coberturas devem propiciar as condições desejadas de deformabilidade, e também terem uma capacidade selante para prevenir a penetração de

umidade entre o aço e o concreto, o que levaria à corrosão dos cabos de protensão. Se a cobertura for construída antes da pós-tensão do tanque, os detalhes destes nós devem permitir movimentos livres das paredes do reservatório durante este tensionamento.

Juntas entre painéis pré-moldados devem ser projetados para transmitir o cisalhamento e a flexão local, além das deformações. Este cuidado deve ser mais verificado no caso de utilização de painéis tipo cascas espaciais. No caso de inserts metálicos, o efeito do calor deve ser considerado, juntamente com o descascamento da seção do concreto adjacente. Nós grauteados devem ser detalhados para assegurar que o nó tenha resistência suficiente. Devem-se preferir nós espessos (8 a 10 cm) para maior estabilidade. O uso de resinas epoxídicas ou cimento com expansores previne fissuras de retração.

A instalação de cabos e cordoalhas de protensão e seu tensionamento produzirão tensões de flexão temporária nas paredes. O seqüenciamento e as etapas de protensão devem ser estudadas para manter estas tensões em níveis toleráveis.

Aberturas são geralmente acomodadas pela deflexão dos cabos, acomodados em faixas. Cabos individuais deverão ser espaçados para prevenir excessiva concentração de forças. Armadura passiva para reforço, com aço comum, deve ser colocado em conjunto com os cabos de protensão para conter as forças radiais.

Os cabos de protensão podem consistir de:

- cabos de alta resistência à tração, nas quais as tensões podem ser obtidas através de reação de cabo contra apoios localizados;
- barras de aço de alta resistência, alongadas com emendas mecânicas, se necessário;
- cordoalhas de alta resistência, pretas e galvanizadas, ou ainda encapsuladas em bainhas plásticas e que são protendidas por equipamentos apropriados;
- tiras de aço de alta resistência resfriadas para tensionamento.

Podem ainda as cordoalhas serem externas ou internas, colocadas em dutos que são posteriormente preenchidos por graute.

Alguns cuidados devem ser tomados quanto aos domos e coberturas:

- duas camadas de armadura deverão ser utilizadas próximas às extremidades, na direção meridional para resistir aos movimentos de flexão destas extremidades. Os domos devem requerer um acréscimo de espessura na região das extremidades. Estas situações podem ser minimizadas pelo detalhamento correto dos nós;
- uma armadura distribuída em tela poderá ser aplicada para a absorção de processos de fissuração devido à retração e aos efeitos térmicos;

- chavetas ou ancoragens devem ser utilizadas quando os nós forem considerados indeslocáveis para prevenir possíveis movimentos relativos entre as paredes e os domos de cobertura.

A impermeabilização das paredes exteriores pode vir a ser necessária uma vez que estes reservatórios estejam enterrados ou semi-enterrados. Esta providência garante uma maior durabilidade, uma vez que se consegue a proteção dos cabos ou cordoalhas de protensão mesmo com a presença latente de erros de concretagem ou porosidade na mistura de concreto utilizada. Uma pintura betuminosa pode ser utilizada.

Critérios de dimensionamento

As normalizações mais modernas aceitam que os seguintes critérios sejam adotados para o projeto de reservatório em concreto armado protendido:

- máxima tensão de compressão ($0,55 f_{ck}$);
- margem de segurança contra a fissuração;
- margem de segurança contra a descompressão;
- armadura mínima de reforço (para prevenir falha após a fissuração);
- resistência última.

No caso em que se requeira a utilização da estrutura apenas para o armazenamento de água, recomenda-se a adoção apenas de protensão circular através dos processos vistos nos casos anteriores.

Tolerâncias

Quanto às tolerâncias para reservatórios em concreto protendido podem ser especificadas as seguintes:

- a tolerância no diâmetro de tanques circulares não deve exceder 7,5 cm para cada 30 m de diâmetro;
- a espessura das paredes deve ter uma tolerância de 6 mm;
- a verticalidade das paredes pode ser aceita na condição de até 1 cm para cada 3 m de altura.

Alguns cuidados construtivos devem ser tomados também: os apoios elastoméricos devem ser colocados no concreto com adesivos à base de epóxi para evitar deslocamentos durante a concretagem; quaisquer cavidades que ocorram durante a concretagem deve ser preenchida por massa mista de masticue plástico compatível com a impermeabilização necessária; para garantir o posicionamento da armadura devem-se utilizar espaçadores na forma de pastilhas

cerâmicas ou plásticas, com rigidez suficiente para não se deslocarem durante a operação de lançamento do concreto.

Durabilidade

Reservatórios de água confeccionados em concreto armado protendido tem uma longa história de sucessos em termos de utilização, porém alguns aspectos devem ser descritos para o caso de se querer definir as possibilidades de falhas e colapsos:

- penetração de materiais agressivos nas cordoalhas através de fissuras abertas nas paredes internas;
- uso de misturas com cloretos de cálcio para o shotcrete;
- deixar os cabos tensionados por muito tempo antes do encapsulamento em ambiente agressivo;
- separação dos nós entre paredes e juntas nos materiais de revestimento, permitindo a penetração de umidade nas regiões de ancoragem;
- corrosão das bainhas e ancoragens, devido ao uso de selantes inadequados.

RELAÇÃO DE DOCUMENTOS PADRONIZADOS

Portaria nº 73 de 02/05/50, do Ministério do Trabalho.

NBR 5716 - Componentes de Cerâmica, de Concreto ou de outro Material utilizado em Lajes Mistas na Construção Coordenada Modularmente.

NBR 5732 - Cimento Portland Comum.

NBR 5733 - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

NBR 5738 - Moldagem e Cura de Corpos-de-Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.

NBR 5750 - Amostragem de Concreto Fresco.

NBR 6118 - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.

NBR 6119 - Cálculo e Execução de Lajes Mistas.

NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de estruturas de Edificações.

NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações.

NBR 7197 - Projeto de Estruturas de Concreto Protendido.

NBR 7211 - Agregado para Concreto.

NBR 7212 - Execução de Concreto Dosado em Central.

NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão.

NBR 7480 - Barras e Fios de Aço destinados a Armaduras para Concreto Armado.

NBR 7481 - Telas de Aço Soldados para Armadura de Concreto.

NBR 7482 - Fios de Aço para Concreto Protendido.

NBR 7483 - Cordoalhas de Aço para Concreto Protendido.

NBR 7680 - Extração, Preparo, Ensaio e Análise de Testemunhos de Estruturas de Concreto.



3ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – PETROLINA/PE

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

MÓDULO

5

ESPECIFICAÇÕES

REVISÃO

0

PÁGINA

41/52

NBR 7681 - Calda de cimento para injeção.
NBR 8548 - Barras de Aço destinadas a Armaduras para Concreto Armado com Emenda Mecânica ou por Solda.
NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas.
NBR 8953 - Concreto para Fins Estruturais - Classificação por Grupos de resistência.
NBR 8965 - Barras de Aço CA 42 S com Características de Soldabilidade destinada à Armaduras para Concreto Armado.
NBR 9531 - Chapas de Madeira Compensada - Classificação.
NBR 9532 - Chapas de Madeira Compensada - Especificação.
NBR 9602 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.
NBR 9607 - Prova de Carga em Estruturas de Concreto Armado e Protendido.
NBR 9608 - Aços para Construção - Série Padronizada.
NBR 9935 - Agregados.
NBR 10788 - Execução da Injeção em Concreto Protendido com Aderência Posterior.
NBR 10789 - Execução da Protensão em Concreto Protendido com Aderência Posterior.
NBR 11768 - Aditivos para Concreto de Cimento Portland.
NBR 12131 - Estacas - Prova de Carga Estática.
NBR 12654 - Controle Tecnológico de Materiais Componentes do Concreto.
NBR 12655 - Preparo, Controle e Recebimento de Concreto - Procedimento.



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 42/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
0801	ESTACA MOLDADA “IN LOCO”		
080101	Perfuração manual Ø 15 cm (3 tf)	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para perfuração do solo, preparo, lançamento e adensamento do concreto. Inclui somente a confecção e a colocação da armadura de espera.	080101 a 080119 - Extensão, em m, definida pela profundidade da estaca executada, até a cota de arrasamento.
080102	Perfuração manual Ø 20 cm (5 tf)		
080103	Perfuração manual Ø 25 cm (8 tf)		
080104	Perfuração mec. rotativa Ø 20 cm (15 tf)		
080105	Perfuração mec. rotativa Ø 25 cm (24 tf)		
080106	Perfuração mec. rotativa Ø 30 cm (35 tf)		
080107	Perfuração mec. rotativa Ø 40 cm (62 tf)		
080108	Perfuração mec. rotativa Ø 50 cm (98 tf)		
080109	Perfuração mec. rotativa Ø 60 cm (140 tf)		
080110	Perfuração mec. rotativa Ø 70 cm (192 tf)		
080111	Perfuração mec. rotativa Ø 80 cm (250 tf)	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para perfuração do solo; preparo, lançamento e adensamento do concreto; confecção e colocação da armadura de espera; instalação, operação e manutenção do equipamento, bem como a sua mobilização e desmobilização.	
080112	Perfuração mec. rotativa Ø 90 cm (317 tf)		
080113	Perf. mec. rotativa com lama bentonítica Ø 50 cm (98 tf)		
080114	Perf. mec. rotativa com lama bentonítica Ø 60 cm (140 tf)		
080115	Perf. mec. rotativa com lama bentonítica Ø 70 cm (192 tf)		
080116	Perf. mec. rotativa com lama bentonítica Ø 80 cm (250 tf)		
080117	Perf. mec. rotativa com lama bentonítica Ø 90 cm (317 tf)		
080118	Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada Ø 25 cm (24 tf)		
080119	Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada Ø 32 cm (40 tf)		
080120	Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para perfuração do solo; preparo, lançamento e adensamento do concreto; confecção e colocação da armadura de espera; instalação, operação e manutenção do equipamento, bem como a sua mobilização e desmobilização.	080120 a 080141 - Extensão, em m,

VOLUME 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 43/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
080121	Ø 38 cm (56 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada		definida pela profundidade da estaca executada, até a cota de arrasamento.
080122	Ø 42 cm (69 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada		
080123	Ø 46 cm (83 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada		
080124	Ø 50 cm (98 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa não recuperada		
080125	Ø 25 cm (24 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080126	Ø 32 cm (40 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080127	Ø 38 cm (56 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080128	Ø 42 cm (69 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080129	Ø 46 cm (83 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080130	Ø 50 cm (98 tf) Perf. mec. “Strauss” com camisa recuperada		
080131	Ø 30 cm (45 tf) Perf. mec. “Franki” com camisa não recuperada		
080132	Ø 35 cm (65 tf) Perf. mec. “Franki” com camisa não recuperada		
080133	Ø 40 cm (85 tf) Perf. mec. “Franki” com camisa não recuperada		
080134	Ø 45 cm (110 tf) Perf. mec. “Franki” com camisa não recuperada		
	Ø 52 cm (150 tf)		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 44/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
080135	Perf. mec. “Franki” com camisa não recuperada Ø 60 cm (195 tf)	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para perfuração do solo e injeção do concreto. Inclui a instalação, operação, manutenção, mobilização e desmobilização dos equipamentos tanto de cravação quanto os de injeção. Não inclui a armadura nem o concreto.	080142 a 080148 - Extensão, em m, definida pela profundidade da estaca executada, até a cota de arrasamento.
080136	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 30 cm (45 tf)		
080137	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 35 cm (65 tf)		
080138	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 40 cm (85 tf)		
080139	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 45 cm (110 tf)		
080140	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 52 cm (150 tf)		
080141	Perf. mec. “Franki” com camisa recuperada Ø 60 cm (195 tf)		
080142	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 10 cm (15 tf)		
080143	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 12 cm (25 tf)		
080144	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 15 cm (35 tf)		
080145	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 20 cm (60 tf)		
080146	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 25 cm (80 tf)		
080147	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 31 cm (110 tf)		
080148	Escavada, injetada (Microestaca, Estaca-raiz) Ø 41 cm (150 tf)		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 45/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
0802	ESTACA PRÉ-MOLDADA	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para cravação das estacas, inclusive o fornecimento das mesmas. Inclui o transporte até o local de aplicação, instalação, operação, mobilização e desmobilização dos equipamentos.	0802 - Extensão, em m, definida pela profundidade da estaca cravada, até a cota de arrasamento.
080201	Concreto armado Ø 15 cm (15 tf)		
080202	Concreto armado Ø 18 cm (18 tf)		
080203	Concreto armado Ø 20 cm (20 tf)		
080204	Concreto armado Ø 23 cm (26 tf)		
080205	Concreto armado Ø 25 cm (30 tf)		
080206	Concreto armado Ø 28 cm (36 tf)		
080207	Concreto armado Ø 30 cm (40 tf)		
080208	Concreto armado Ø 40 cm (70 tf)		
080209	Concreto armado Ø 50 cm (90 tf)		
080210	Concreto armado Ø 60 cm (130 tf)		
080211	Concreto armado Ø 70 cm (190 tf)		
080212	Concreto protendido 16 x 16 cm (19 tf)		
080213	Concreto protendido 18 x 18 cm (23 tf)		
080214	Concreto protendido 20 x 20 cm (27 tf)		
080215	Concreto protendido 23 x 23 cm (36 tf)		
080216	Concreto protendido 26 x 26 cm (45 tf)		
080217	Concreto protendido 30 x 30 cm (60 tf)		
0803	ESTACA METÁLICA	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para cravação das estacas, inclusive o fornecimento das mesmas. Inclui o transporte até o local de aplicação, instalação, operação, mobilização e desmobilização dos equipamentos.	0803 - Extensão, em m, definida pela profundidade da estaca cravada, até a cota de arrasamento.
080301	Com trilhos TR-32 simples (30 tf)		
080302	Com trilhos TR-32 duplo (60 tf)		
080303	Com trilhos TR-37 simples (40 tf)		
080304	Com trilhos TR-37 duplo (80 tf)		
080305	Com trilhos TR-45 simples (50 tf)		
080306	Com trilhos TR-45 duplo (100 tf)		
080307	Com trilhos TR-68 simples		
080308	Com trilhos TR-68 duplo		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 46/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
0804 080401	EMENDA DE ESTACA De concreto armado	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para execução da emenda, inclusive luvas ou outro dispositivo necessário.	0804 - Por unidade, ud, executada.
080402 080403	Metálica simples Metálica dupla	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para execução da solda.	
0805 080501 080502 080503	CORTE E ARRASAMENTO DE ESTACA De concreto armado Metálica simples Metálica dupla	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução do corte, arrasamento e coroamento das estacas.	
0806 080601 080602 080603 080604	TUBULÃO A CÉU ABERTO Sem camisa Com camisa de concreto perdida Com camisa metálica perdida Com camisa metálica recuperada	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução do tubulão, inclusive escavação e alargamento da base do fuste. Não está incluso o custo do concreto, armadura e tubulação recuperada ou perdida.	0806 - Volume, em m ³ , da escavação do tubulão executado.
0807 080701 080702	TUBULÃO COM AR COMPRIMIDO Com camisa metálica perdida Com camisa metálica recuperada	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução do tubulão, inclusive escavação e alargamento da base do fuste. Inclui também instalação, operação, manutenção, mobilização e desmobilização do equipamento de ar comprimido. Não está incluso o custo do concreto, armadura e tubulação recuperada ou perdida..	
0808 080801 080802 080803	FORMA PARA LAJE Chapa resinada e= 10 mm Chapa resinada e= 12 mm Chapa resinada e= 14 mm	Fornecimento de materiais e mão-de-obra para execução das formas, inclusive montagem, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem. Nos preços já está considerado o reaproveitamento. O cimbramento deverá ser pago em	0808 - Área, em m ² , de forma em contato com o concreto.



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 47/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
080804 080805 080806	Chapa resinada e= 18 mm Chapa resinada e= 21 mm Em madeira	separado.	
0809 080901 080902 080903 080904 080905 080906 080907 080908 080909 080910 080911 080912 080913 080914 080915 080916 080917 080918 080919	FORMA PARA VIGA, PILAR E PAREDE Plana em madeira não aparelhada Curva em madeira não aparelhada Plana em madeira aparelhada Curva em madeira aparelhada Plana em chapa resinada e= 10 mm Plana em chapa resinada e= 12 mm Plana em chapa resinada e= 14 mm Plana em chapa resinada e= 18 mm Plana em chapa resinada e= 21 mm Curva em chapa resinada e= 10 mm Curva em chapa resinada e= 12 mm Curva em chapa resinada e= 14 mm Curva em chapa resinada e= 18 mm Curva em chapa resinada e= 21 mm Plana em chapa plastificada e= 10 mm Plana em chapa plastificada e= 12 mm Plana em chapa plastificada e= 14 mm Plana em chapa plastificada e= 18 mm Plana em chapa plastificada e= 21 mm	Fornecimento de mão-de-obra e materiais para execução das formas, inclusive montagem, escoramento, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem. Nos preços já está considerado o reaproveitamento.	0809 - Área , em m², de forma em contato com o concreto.
080920 080921 080922 080923 080924	Curva em chapa plastificada e= 10 mm Curva em chapa plastificada e= 12 mm Curva em chapa plastificada e= 14 mm Curva em chapa plastificada e= 18 mm Curva em chapa plastificada e= 21 mm		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 48/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
0810 081001 081002 081003 081004 081005 081006 081007 081008 081009 081010 081011 081012	FORMA P/ FUNDAÇÃO E BALDRAME Plana em madeira não aparelhada Curva em madeira não aparelhada Plana em chapa resinada e= 10 mm Plana em chapa resinada e= 12 mm Plana em chapa resinada e= 14 mm Plana em chapa resinada e= 18 mm Plana em chapa resinada e= 21 mm Curva em chapa resinada e= 10 mm Curva em chapa resinada e= 12 mm Curva em chapa resinada e= 14 mm Curva em chapa resinada e= 18 mm Curva em chapa resinada e= 21 mm	Fornecimento de mão-de-obra e materiais para execução das formas, inclusive montagem, escoramento, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem. Nos preços já está considerado o reaproveitamento.	0810- Área , em m ² , de forma em contato com o concreto.
0811 081101 081102 081103 081104 081105 081106	FORMA PERDIDA Plana em madeira Plana em chapa resinada e= 10 mm Plana em chapa resinada e= 12 mm Plana em chapa resinada e= 14 mm Plana em chapa resinada e= 18 mm Plana em chapa resinada e= 21 mm	Fornecimento de materiais e mão-de-obra para execução das formas, inclusive montagem, escoramento e nivelamento.	0811 - Área , em m ² , de forma em contato com o concreto.
0812 081201 081202	FORMA DESLIZANTE Metálica com chapa resinada Metálica	Fornecimento de mão-de-obra e materiais para execução das formas, inclusive montagem, escoramento, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem bem como a mobilização e desmobilização dos equipamentos. Nos preços já está considerado o reaproveitamento.	0812 - Área , em m ² , de forma em contato com o concreto.
0813	FORMA TREPANTE	Fornecimento de mão-de-obra e materiais para execução das	0813 - Área , em m ² , de forma em



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 49/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
081301 081302 081303	De chapa resinada Metálica com chapa resinada Metálica	formas, inclusive montagem, escoramento, nivelamento, aplicação de desmoldante e desmontagem, bem como a mobilização e desmobilização dos equipamentos. Nos preços já está considerado o reaproveitamento.	contato com o concreto.
0814 081401 081402 081403	FORMA PARA PEÇAS PRÉ-MOLDADAS Em madeira Em chapa resinada e=12 mm Metálica	Fornecimento de mão-de-obra e materiais para execução das formas, inclusive moldagem e desmoldagem das peças. Nos preços já está considerado o reaproveitamento.	0814 - Área, em m ² , de forma em contato com o concreto.
0815 081501	PASSARELA DE SERVIÇO Passarela de serviço em madeira	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para a execução da passarela de trabalho, inclusive pranchas, sua fixação, sustentação e posterior desmontagem.	0815 - Extensão, em m, de comprimento da passarela executada.
0816 081601	RAMPA DE ACESSO Rampa de acesso em madeira	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para a execução da rampa de acesso às passarelas de trabalho, inclusive sua estrutura e posterior desmontagem	0816 - Volume, em m ³ , de rampa executada, considerando a sua extensão projetada e a altura média entre 2 patamares horizontais consecutivos.
0817 081701 081702	CIMBRAMENTO De madeira Metálico	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução do cimbramento, inclusive regularização do terreno.	0817 - Volume, em m ³ , executado, considerando-se a área de projeção da laje e a altura do cimbramento.
0818 081801 081802 081803	ARMADURA Em aço CA-25 Em aço CA-50 (categoria A ou B) Em aço CA-60 (categoria A ou B)	Fornecimento de materiais e mão-de-obra para corte, dobragem, montagem nas formas, amarração, posicionamento e limpeza, incluindo perdas, arames para amarração e outros elementos necessários à fixação e manutenção de espaçamentos.	0818 - Peso, em kg, utilizado.
0819	CONCRETO CONVENCIONAL	Fornecimento de materiais, equipamentos e mão-de-obra para	0819 - Volume, em m ³ , definido



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 50/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
081901 081902 081903 081904 081905 081906	Não estrutural fck = 13,5 MPa fck = 15,0 MPa fck = 18,0 MPa fck = 20,0 MPa Ciclópico com 30% de pedra-de-mão	mistura, transporte, lançamento nas formas, adensamento, desempenho, cura e correção de eventuais defeitos ou falhas.	pelas dimensões das peças executadas.
0820 082001 082002 082003 082004 082005 082006 082007 082008 082009 082010 082011 082012	CONCRETO USINADO fck = 15,0 MPa - slump 5 fck = 15,0 MPa - slump 8 fck = 15,0 MPa - slump 12 fck = 15,0 MPa - slump 20 fck = 18,0 MPa - slump 5 fck = 18,0 MPa - slump 8 fck = 18,0 MPa - slump 12 fck = 18,0 MPa - slump 20 fck = 20,0 MPa - slump 5 fck = 20,0 MPa - slump 8 fck = 20,0 MPa - slump 12 fck = 20,0 MPa - slump 20	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para mistura, transporte, adensamento, desempenho, cura e correção de eventuais defeitos ou falhas. NOTA: Quando ocorrer bombeamento do concreto, este serviço deverá ser remunerado através do item 082101.	0820 - Volume, em m³, definido pelas dimensões das peças executadas.
082013 082014 082015 082016 082017 082018 082019 082020 082021	fck = 22,0 MPa - slump 5 fck = 22,0 MPa - slump 8 fck = 22,0 MPa - slump 12 fck = 22,0 MPa - slump 20 fck = 25,0 MPa - slump 5 fck = 25,0 MPa - slump 8 fck = 25,0 MPa - slump 12 fck = 25,0 MPa - slump 20 fck = 30,0 MPa - slump 5		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 51/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
082022	fck = 30,0 MPa - slump 8		
082023	fck = 30,0 MPa - slump 12		
082024	fck = 30,0 MPa - slump 20		
082025	fck = 35,0 MPa - slump 5		
082026	fck = 35,0 MPa - slump 8		
082027	fck = 35,0 MPa - slump 12		
082028	fck = 35,0 MPa - slump 20		
082029	fck = 40,0 MPa - slump 5		
082030	fck = 40,0 MPa - slump 8		
082031	fck = 40,0 MPa - slump 12		
082032	fck = 40,0 MPa - slump 20		
0821	BOMBEAMENTO DE CONCRETO	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para bombeamento do concreto, inclusive mobilização e desmobilização.	0821- Volume, em m³, definido pelas dimensões das peças executadas.
082101	Bombeamento de concreto usinado		
0822	CONCRETO PARA ESTACA INJETADA	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para	0822 - Volume, em m³, efetivamente
082201	Concreto para estaca injetada	injeção do concreto, inclusive o seu fornecimento.	injetado.
0823	ADITIVO	Fornecimento de mão-de-obra, aditivos e equipamentos de dosagem e aplicação.	0823 - Peso, em kg, de aditivo empregado.
082301	Fluidificante		
082302	Aerante		
082303	Plastificante		
082304	Redutor de tempo de pega		
082305	Retardador de tempo de pega		
082306	Acelerador de tempo de pega		
082307	Redutor de absorção capilar		
082308	Redutor de porosidade		
082309	Expansor		



FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS		MÓDULO 5
REGULAMENTAÇÃO DE PREÇOS	REVISÃO 0	PÁGINA 52/52

ITEM	SERVIÇO	ESTRUTURA	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
0824 082401	GRAUTEAMENTO Argamassa de grauteamento	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para preparo do local e execução do grauteamento.	0824 - Volume, em m ³ , efetivamente executado.
0825 082501 082502 082503 082504	LAJE PRÉ-FABRICADA Para forro, vão até 4,00 metros Para forro, vão entre 4,01 e 5,50 metros Para piso, vão até 4,00 metros Para piso, vão entre 4,01 e 5,50 metros	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para execução da laje, incluindo o fornecimento das viguetas, tijolos, capeamento (concreto não estrutural e= 4,00 cm) e escoramento necessário.	0825 - Área, em m ² , da laje executada.
0826	CONCRETO PROTENDIDO	Fornecimento de mão-de-obra, materiais e equipamentos para colocação das bainhas, cabos de protensão, ancoragens, preparo, injeção de nata de cimento e protensão de acordo com as determinações do projeto estrutural. Não está incluso o fornecimento do concreto e da armadura convencional.	0826 - Peso, em kg, dos cabos aplicados.