



## **ESPECIFICAÇÃO BÁSICA PARA OBRAS DE CONCRETO ABRIL / 2011**

**A PRESENTE ESPECIFICAÇÃO APLICA-SE A TODAS AS OBRAS CONTRATADAS,  
CUJAS PROPOSTAS FOREM APRESENTADAS APÓS 03/05/2011.**

### **OBRAS DE CONCRETO**

#### **1. GERAL**

Este módulo refere-se à execução das estruturas de concreto simples ou armado, bem como ao fornecimento dos materiais e aparelhagem necessários, de acordo com os desenhos do projeto, com estas Especificações e com as normas da ABNT, principalmente no que se refere ao seu Preparo, Controle e Recebimento de acordo com a NBR 12655-96.

O estudo do concreto propriamente dito, ou seja, as características de composição, preparação, colocação, proteção e impermeabilização, fazem parte da empreitada.

O fornecimento, montagem, operação e manutenção de todos os equipamentos necessários à preparação, lançamento e adensamento do concreto serão feitos pela contratada. A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto preparado por empresa de serviços de concretagem ou pelo preparo na própria obra. Em ambos os casos, o estudo dos materiais e da dosagem do concreto deverá ser apresentado pela Empresa responsável pelo serviço de controle tecnológico do concreto.

A CONTRATADA submeterá à aprovação da CONTRATANTE o programa completo e detalhado de fornecimento do concreto 15 dias antes do início dos serviços de concretagem, contemplando o plano de concretagem e o traço do concreto.

As especificações do concreto deverão seguir as determinações do projeto estrutural.

São previstas as seguintes classes de concreto para utilização nas estruturas:

- a)  $f_{ck} = 15,0$  Mpa (apenas para fundações);
- b)  $f_{ck} = 20,0$  MPa;
- c)  $f_{ck} = 25,0$  MPa;
- d)  $f_{ck} = 30,0$  MPa;
- e)  $f_{ck} = 35,0$  MPa;
- f)  $f_{ck} = 40,0$  MPa;
- g) concreto não estrutural (concreto magro para regularização)
- h) concreto Ciclóptico 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.

## 2. CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

Também chamado autocompactável, o Concreto Auto-Adensável - CAA é, sobretudo, um material fluido, que tem a capacidade de se moldar às formas valendo-se apenas do peso próprio, dispensando compactação ou vibração externas. É capaz de preencher espaços e envolver barras de aço e outros obstáculos mantendo uma homogeneidade adequada.

O material também deve apresentar três propriedades básicas: coesão, fluidez e resistência a segregação.

O CAA é obtido a partir dos mesmos materiais utilizados para a produção do concreto convencional – cimento, agregados graúdo e miúdo, material fino coesivo e água, porém com maior adição de finos, de aditivos superplastificantes e moderadores de viscosidade.

O equipamento ideal para avaliar a qualidade do CAA no estado fresco é o reômetro, que permite a obtenção da tensão de escoamento e da viscosidade plástica. Como é pouco disponível em campo, as propriedades do material no estado fresco são avaliadas por três outros testes: caixa “L”, funil “V” e ensaio de espalhamento. Enquanto o espalhamento se relaciona mais diretamente com a tensão de escoamento, o funil traz mais informações pertinentes à viscosidade. Já a caixa “L” verifica a fluidez, a capacidade...

Materiais para a obtenção do CAA

### Cimento

◆ São preferíveis os cimentos mais finos e com teores mais baixos de álcalis e de C3A. No entanto, a princípio, qualquer tipo de cimento empregado na produção do concreto convencional pode ser utilizado para obtenção do CAA.

### Adições

◆ Filler calcário: embora o de natureza calcítica seja o mais indicado, não é um material verdadeiramente inerte, principalmente se em contato com C3A, além de aumentar a velocidade de hidratação do cimento. Deve ter finura igual ou menor que a do cimento.

◆ Cinza volante: com forma esférica, diminui o atrito interno entre agregados e cimento, reduzindo o consumo de superplastificante por aumentar a fluidez e a viscosidade. Deve ter finura entre 500m<sup>2</sup>/kg e 600m<sup>2</sup>/kg.

◆ Sílica ativa: comum para obtenção de elevada resistência à compressão, promove aumento da resistência à segregação quando representa entre 2% e 5% da massa de cimento. Nesses casos também aumenta a demanda por aditivo superplastificante e a tensão de escoamento.

◆ Fração fina dos agregados industrializados: o tipo de rocha e a forma de britagem e classificação, influenciam as características próprias e a adequação do CAA.

### **Aditivos**

- ◆ Superplastificantes: reduzem em pelo menos 20% o consumo de água. Mesmo os de base policarboxilato, mais indicados, provocam perdas de fluidez exigindo compatibilização com os finos da mistura.
- ◆ Promotores de viscosidade: normalmente à base de polissacarídeos, melhoram a resistência à segregação. São dispensáveis quando os teores de finos são adequados. Aumentam a retração quando em doses elevadas.

### **Agregados**

- ◆ Miúdo: os mesmos do concreto convencional. O ideal é que representem entre 40% e 50% da argamassa do CAA.
- ◆ Graúdo: também semelhantes ao do concreto convencional, são preferíveis os de forma regular. O de 10mm é o mais difundido por resultar numa composição mais econômica.

O estudo de dosagem, os ensaios de laboratório, de campo, e o acompanhamento da aplicação devem ser realizados por empresa especializada em tecnologia do concreto.

## **3. CENTRAL DE CONCRETO**

A CONTRATADA deve instalar e operar no canteiro das obras, uma ou mais centrais de concreto ou betoneiras compatíveis com a produção, perfeitamente equipadas para atender à demanda em todas as frentes de serviço, de maneira a possibilitar cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma. A capacidade de produção em termos de concreto lançado, tipo e a localização ficará a cargo da CONTRATADA, devendo ambos entretanto, ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Cada central de concreto deve dispor de equipamento de medição de materiais a peso, inclusive cimento, para o caso em que este seja adquirido a granel. Os silos de dosagem de cimento a granel devem ser construídos de modo a não reterem nenhum resíduo durante o esvaziamento.

A instalação de dosagem deve obedecer às normas em uso, e permitir um imediato ajustamento, para levar em conta as variações de umidade dos agregados.

O controle das instalações, assim como a verificação das balanças, devem ser feitos mensalmente, ou quando a FISCALIZAÇÃO achar necessário, sendo que somente serão efetuados com a presença do representante desta.

Antes da montagem da central de concreto e dos equipamentos necessários para fabricar, classificar, transportar, armazenar e dosar os materiais componentes do concreto, a CONTRATADA deve submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO o projeto da central de concreto, incluindo a localização e a descrição dos meios para recolhimento de corpos de prova e dos seus componentes.



A aprovação pela FISCALIZAÇÃO da central de concreto, dos equipamentos e do modo de operar, não isenta de responsabilidade da Contratada quanto as especificações que estabelecem a qualidade dos materiais e das obras acabadas.

#### **4. COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO**

O concreto será composto de cimento portland, água, agregados e aditivos sempre que necessários, desde que proporcionem no concreto efeitos benéficos, conforme comprovação em ensaios de laboratório.

##### **4.1 Cimento Portland**

Para a produção do concreto deverá ser utilizado o cimento portland pozolânico CP-IV (NBR 5736) ou cimento portland com adição de pozolana CP-II-Z (NBR 5734). Outro tipo de cimento só poderá ser utilizado com prévia aprovação da área responsável pelos projetos estruturais da Sanepar.

Para cada unidade a ser concretada deve ser utilizado um único tipo de cimento. Serão executados ensaios de qualidade do cimento, de acordo com os métodos da NBR 5736 ABNT, em laboratório aprovado pela FISCALIZAÇÃO, correndo por conta da CONTRATADA as despesas daí originadas.

A FISCALIZAÇÃO deve rejeitar as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores aquelas estabelecidas pela NBR 5736 da ABNT, sem que caiba à CONTRATADA direito a qualquer indenização, mesmo que o lote já se encontre no canteiro da obra.

Caso seja utilizado cimento ensacado, os sacos de cimento devem ser empregados na ordem cronológica em que forem colocados na obra.

Cada lote de cimento ensacado deve ser armazenado de modo a se poder determinar, facilmente, sua data de chegada ao canteiro, sendo de responsabilidade da CONTRATADA todo o cuidado no sentido de protegê-lo de deterioração, armazenando-o em pilhas de, no máximo 10 sacos, durante um período nunca superior a 90 dias.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento serão esvaziados e limpos pela CONTRATADA, quando exigidos pela FISCALIZAÇÃO; todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será superior a 120 dias.

##### **4.2 Água**

A água destinada ao amassamento do concreto deve ser límpida e isenta de teores prejudiciais de sais, ácidos, álcalis e substâncias orgânicas devendo ser convenientemente armazenada a fim de evitar contaminação. Considera-se que toda a água potável serve para a execução do concreto.

A CONTRATADA deve proceder a uma pesquisa sistemática da qualidade das águas utilizáveis para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar seguro de que, em qualquer tempo, elas terão características não nocivas à qualidade do concreto.

### 4.3 Agregados

Os agregados devem satisfazer às prescrições da NBR 7211, sendo verificados pelos ensaios segundo os métodos da NBR 7216, NBR 7217, NBR 7218, NBR 7220 e NBR 7221 contidos na norma “Materiais para Concreto Armado — Especificações e Métodos de Ensaio” da ABNT.

O agregado miúdo a ser utilizado para o preparo do concreto poderá ser natural, isto é, areia, 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, os seguintes tipos de agregados graúdos:

- brita nº 0, diâmetro máximo de 6,3 mm a 12,5 mm;
- brita nº 1, diâmetro máximo de 12,5 mm a 19 mm;
- brita nº 2, diâmetro máximo de de 19 mm a 32 mm;
- Brita nº 3, diâmetro máximo de 32 mm a 50 mm;

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

O  $D_{máx}$  tem que ser o menor valor das seguintes verificações:

- $\frac{1}{4}$  da menor dimensão entre as faces das formas;
- $\frac{1}{3}$  da espessura da laje;
- 1,2 vez o espaçamento vertical entre armaduras;
- 0,8 vez o espaçamento horizontal entre armaduras;
- $\frac{1}{4}$  do diâmetro da tubulação de bombeamento
- 0,2 vez o cobrimento nominal da armadura adotado

Os montes e silos de agregados devem ser previstos com um sistema de drenagem eficiente, impedindo-se a introdução de materiais estranhos e modificação da granulometria. Os depósitos devem ser dimensionados de tal modo que permitam o programa de concretagem estabelecido.

#### 4.4 Aditivos

É o produto que adicionado ao concreto, 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 será definido no estudo de dosagem do concreto realizado pela empresa responsável pelo controle tecnológico do concreto.

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. De uma maneira bastante genérica temos as subdivisões abaixo relacionadas e as prováveis conseqüências.

| ADITIVOS            |   |  |  |   |
|---------------------|---|--|--|---|
| TIPOS               | USOS  |  |  |   |
|                     | EFEITOS   | VANTAGENS  | DESVANTAGENS   | EFEITOS NA MISTURA  |
| Plastificante ( P ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta o índice de consistência</li> <li>- Possibilita a redução mínima de 6% de água.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior Trabalhabilidade e para determinada Resistência.</li> <li>- Maior Resistência para maior Trabalhabilidade e.</li> <li>- Menor Consumo de Cimento para determinada resistência e trabalhabilidade</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retardamento do início de pega para dosagens acima da compatibilidade com o cimento.</li> <li>- Risco de Segregação.</li> <li>- Enrijecimento prematuro em certas condições como</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos significativos na mistura</li> </ul> |

|                                  |  |   | exemplo em altas temperaturas  |  |
|----------------------------------|--|---|--|--|
| Retardadores(R)                  | - Aumenta o tempo de inicio de pega                              | - Mantém a trabalhabilidade e em temperaturas elevadas.<br>- Retarda a elevação do calor de hidratação.<br>- Amplia o tempo de Aplicação  | - Pode promover exudação.<br>- Pode aumentar a retração plástica do concreto.  | - Retardamento do Tempo de Pega.                                       |
| Aceleradores( A)                 | -Tempo de Pega mais Rápido.<br>Resistência inicial mais elevada. | - Possibilita a utilização em concreto projetado.<br>- Ganho de Resistência em baixas temperaturas.<br>- Redução do tempo de desforma.<br>- Bom para utilização em Reparos do concreto. | - Aumenta as chances de fissuração devido ao aumento do calor de Hidratação.<br>- Aumento o risco de corrosão de armaduras, quando feito à base de cloretos( a maioria). | - Acelera o tempo de Pega e a Resistência Inicial.                     |
| Plastificante e Retardador ( PR) | - Efeito combinado dos dois.                                     | - Em climas quentes diminui a perda de consistência.  | - Aumenta exudação e a retração plástica.<br>- Aumenta o risco de Segregação   | - Efeitos iniciais significativos.<br>- Reduz a perda de consistência  |
| Plastificante e Acelerador(PA)   | - Efeito combinado dos dois.                                     | - Reduz a água e permite o ganho mais rápido de resistência.  | - Aumenta o risco de corrosão das armaduras, quando a base é de cloretos   | - Efeitos iniciais significativos.<br>Reduz o tempos de inicio e final |

|                                  |   |  |  | de pega.   |
|----------------------------------|---|--|--|--|
| Incorporadores de Ar(IAR)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorpora bolhas de pequeno diâmetro ao concreto.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta a durabilidade ao congelamento do concreto, sem aumentar o cimento e conseqüentemente diminui o calor de hidratação.</li> <li>- Reduz o teor de água e a permeabilidade do concreto.</li> <li>- Aumenta o desempenho dos concretos com baixo consumo de cimento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita controle rigoroso da porcentagem de ar incorporado e do tempo de mistura.</li> <li>- O aumento da trabalhabilidade pode se tornar inaceitável.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos iniciais significativos.</li> </ul> |
| Superplastificante s-SP          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado aumento do índice de consistência.</li> <li>- Possibilidade de redução de 12% até 30% no teor de água de amassamento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente para execução de concretos auto adensáveis, como também eficiente redutor de água.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riscos de segregação na mistura.</li> <li>- Pouca duração do efeito fluidificante.</li> <li>- Perda rápida da consistência.</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos iniciais significativos.</li> </ul> |
| Expansor                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expansão do concreto durante a hidratação</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- aumento do volume sem retração</li> <li>- aumenta a fluidez , coesão, homogeneidade ,e plasticidade.</li> <li>- Diminui a exsudação</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de vazios</li> <li>-Diminui densidade e resistência</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>                                  |
| Impermeabilizante e hidrofugante | <ul style="list-style-type: none"> <li>- obturam os poros do concreto</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- reduz a penetração de umidade sobre pressão ou repelem</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos finais significativos.</li> </ul>   |



|                     |   |  |   |   |
|---------------------|---|--|---|---|
|                     |   | eletricamente a água e reduzindo a penetração de umidade |   |   |
| Redutor de retração | minimizando a saída da água da pasta gerando pequenas bolhas de gás que tem como função controlar a redução volumétrica do concreto | - reduz as fissuras devido a retração                    | - | - |

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.

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.

No preço composto do concreto da Sanepar esta incluso todos os aditivos necessários para sua produção.

#### 4.3.1 Adições Minerais:

São materiais silicosos moídos a pó, geralmente são provenientes de algum tipo de resíduo industrial sólido, que quando adicionados ao cimento, produzem algumas características interessantes no concreto.

#### 4.3.2 Adições Com Ação Pozolânica:

As adições que causam principalmente reações pozolânicas podem se dividir em:

- Pozolanas comuns - pozolanas naturais e cinzas volantes;
- Pozolanas altamente reativas - sílica-ativa e cinza de casca de arroz;
- Pozolanas pouco reativas - escórias de alto forno esfriadas lentamente.

#### 4.3.3 Cinzas volantes:

Pó proveniente de fornos que queimam carvão mineral moído como combustível, (Ex. termoelétricas a carvão), retirado por filtros eletrostáticos.

As cinzas volantes em geral tem os seguintes efeitos sobre o concreto:

- Retardam o ganho de resistência mecânica. Nas primeiras idades a resistência mecânica fica prejudicada devido a baixa velocidade das reações pozolânicas. Aos 60 dias aproximadamente a resistência se iguala a do clínquer hidratado;
- Reduz o calor de hidratação devido ao menor e melhor distribuído no tempo do calor liberado pelas reações pozolânicas em relação ao clínquer hidratado;
- Minimiza a permeabilidade do concreto por diversos fatores: as reações pozolânicas fixam o hidróxido de cálcio minimizando sua solubilidade; minimizam a retração; minimizam as fissuras por contração térmica pelo menor calor de hidratação;
- Diminuem a possibilidade da ocorrência das reações álcali-agregados, a sílica das cinzas volantes “consomem” os álcalis;
- Favorecem a trabalhabilidade por retardar um pouco o início de pega e minimizar a quantidade de reações de hidratação que ocorrem enquanto o concreto está fresco.

Sílica-ativa (microsílica):

A sílica-ativa é composta por partículas muito pequenas de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), com 0,1  $\mu\text{m}$  de diâmetro médio, solidificadas no estado amorfo (não cristalino), portanto extremamente reativas.

Efeitos principais da sílica-ativa:

- Aumento da resistência mecânica;
- Redução da porosidade e permeabilidade;
- Aumento da durabilidade;
- Redução da trabalhabilidade;
- Melhora da aderência;
- Reduz a reflexão em concreto projetado;
- Reduz a penetração de cloretos;

Cinza de casca de arroz:

O resíduo da queima de cascas de arroz é extremamente rico em sílica, são produzidos 200 kg de cascas aproximadamente para cada tonelada de arroz, e a queima destas gera 40 kg cinzas.

As cinzas de casca de arroz, quando adicionadas ao concreto tem efeitos similares ao da sílica-ativa só que em menor intensidade, tanto sobre a resistência mecânica e permeabilidade, assim como sobre a trabalhabilidade.

#### 4.3.4 Metacaulin:

É uma pozolana de alta reatividade, em fase amorfa (vítrea), que reage com hidróxidos presentes nas pastas de Cimento Portland endurecidas, formando compostos quimicamente estáveis e mecanicamente mais resistentes.

Efeitos sobre o concreto fresco:

Causa uma diminuição na segregação, com sedimentação e exsudação de água reduzidas, ficando o concreto com aparência “argamassada”, com melhor trabalhabilidade e maior coesão, permitindo um melhor acabamento superficial.

Efeitos sobre o concreto endurecido:

- Aumenta a resistência à compressão;
- Aumenta o módulo de elasticidade da pasta matriz;
- Reduz a penetração de íons de cloretos;
- Reduz a absorção de água;
- Reduz o índice de vazios;
- Reduz a retração;
- Reduz o calor de hidratação;
- Reduz a reatividade álcali-agregado;

Efeitos sobre concreto projetado:

- Dispensa o uso de aditivo acelerador na maioria dos casos;
- Diminui o tempo de início de pega;
- Acelera o ganho de resistência nas primeiras horas;
- Garante maior aderência ao substrato (rocha, argila, concreto antigo).

Como consequência a utilização do metacaulim nos concretos em geral, como aditivo leva a:

- Menor presença de hidróxido de cálcio livre;
- Diminuição do índice de vazios;
- Matriz menos porosa e mais “cristalizada”;
- Melhora a zona de interface entre a pasta e os agregados;
- Aumento da retenção de água e menor retração;
- Redução das eflorescências;
- Maior resistência a ácidos e sulfatos;
- Maior resistência à abrasão e erosão;
- Menor fissuração oriunda da retração por secagem e autógena.

#### **4.3.5 Adições Com Ação Cimentante:**

São as escórias de alto forno, que tem principalmente ação cimentante.

Escórias de alto forno:

São resíduos provenientes do alto-forno siderúrgico, onde argilas calcárias (cástinas) são usadas como fundentes, (para diminuir a temperatura de fusão do minério de ferro), e para elevar o PH.

#### **4.3.6 Outros Aditivos:**

Além dos grupos principais de aditivos citados anteriormente, existem outros, não normalizados, com finalidades bem específicas dentro da tecnologia do concreto.

##### **4.3.6.1 Aditivos Inibidores de Corrosão:**

Funcionam bloqueando a formação da micropilha (reação anódica/catódica) por um tempo, retardando o início da corrosão do aço. Reduzem principalmente os efeitos dos cloretos.

Tem como efeito colateral prejudicar a trabalhabilidade.

##### **4.3.6.2 Controladores das reações álcali-sílica:**

São aditivos baseados no lítio (hidróxido, carbonato ou fluorito), que funcionam reagindo com os álcalis antes da sílica dos agregados.

Também tem boa atuação contra as reações álcali-sílica, os aditivos minerais pozolânicos, principalmente a sílica-ativa, suas pequenas partículas silicosas reagem e “consomem” os álcalis, antes destes terem tempo para reagir com a sílica dos agregados.

##### **4.3.6.3 Inibidores da hidratação:**

Aditivos que interrompem o processo de hidratação do cimento

O objetivo é reaproveitar a água de lavagem dos caminhões betoneira e permitir prolongar o tempo de pega do concreto, ou seja, manter suas características básicas por várias horas e até alguns dias.

## **4.4 DOSAGEM**

A dosagem de Concreto define os quantitativos, em peso e volume, dos materiais constituintes do concreto. Os quantitativos são determinados em função de valores especificados em projeto, requisitos de durabilidade exigidos pela Sanepar, características

que levam em conta o tipo de controle adotado na obra, os equipamentos disponíveis, as dimensões das peças, o espaçamento entre ferragens, o tipo de lançamento, descimbramento, etc.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental devendo, no entanto, ser respeitados, para cada classe, os valores máximos da relação água/cimento definido em projeto, 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.

O consumo de cimento, a granulometria dos agregados, o fator água/cimento e os eventuais aditivos devem ser determinados e aprovados com base nos ensaios de laboratório a serem realizados pela CONTRATADA, através da empresa responsável pelo controle tecnológico do concreto atendendo os parâmetros definidos pelo projeto.

Durante o andamento das obras, a SANEPAR poderá exigir ajustes no traço, sem que isto proporcione à CONTRATADA direito a reivindicações sobre alterações preços ou prazo de execução da obra.

As quantidades de agregados devem ser determinadas a peso, sendo que a água será medida em peso ou volume. 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.

Na dosagem da água de amassamento, deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de speedy moisture tester, ou outros métodos expeditos usuais.

Os resultados obtidos no estudo de dosagem do concreto devem ser apresentados à Fiscalização com antecedência mínima de 7 dias, antes do início dos trabalhos de concretagem.

#### **4.5 PRODUÇÃO DE CONCRETO**

A produção de concreto estrutural deve obedecer rigorosamente ao projeto, especificações e respectivos detalhes, bem como as normas técnicas da ABNT que regem o assunto.

Podem ser produzidos no local da obra ou usinados (desde que inspecionados e aprovados pela Fiscalização).

Os concretos a serem empregados nos diversos locais da obra, devem apresentar as características definidas no projeto estrutural.

Caso o concreto seja produzido na obra, a ordem de colocação dos materiais na betoneira é a seguinte:

- Brita
- Parte da Água
- Acionar a betoneira por 3 minutos
- Descansar por 3 minutos
- Areia
- Cimento
- Água restante com aditivo se necessário e aprovado
- Misturar por 2 minutos

Antes de proceder a mistura do concreto na obra ou solicitar a entrega do concreto usinado, deve-se verificar as condições operacionais dos equipamentos necessários (vibradores, mangotes, bombas para hidrojateamento, etc.), sua adequabilidade ao volume de concreto a ser produzido e transportado.

O concreto será misturado completamente, até ficar com aparência uniforme. Não será permitido um tempo excessivo de mistura, 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.

#### **4.6 TRANSPORTE**

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.

Os recipientes de transporte devem ser tais que assegurem um mínimo tempo de transporte.

O equipamento para transporte do concreto deve ser do tipo que não possibilite a segregação dos agregados, perda da água de amassamento ou variação da trabalhabilidade da mistura, entre a saída da betoneira e a chegada ao local da concretagem.

Se forem utilizados caminhões betoneira para o transporte do concreto deve ser observado o seguinte:

Os caminhões betoneiras devem ser equipados com um medidor de caudal, colocado entre o reservatório de água e a betoneira, e com um conta rotações que possa ser zerado com facilidade para indicar o número total de rotações por amassamento;

Cada caminhão deve ter uma placa metálica onde estejam indicadas a capacidade da betoneira e as respectivas velocidades máxima e mínima de rotação;

O amassamento deve ser contínuo, durante um mínimo de 50 rotações após a introdução na betoneira dos componentes do concreto, com exceção de 5% da água que deve ser introduzida posteriormente. A velocidade da betoneira deve situar-se entre 12 e 22 rotações por minuto. Depois da conclusão do amassamento, se houver rotações adicionais elas deverão ser realizadas à velocidade especificada pelo fabricante do caminhão betoneira; no entanto, depois da introdução dos 5% de água finais, o amassamento deve continuar durante um mínimo de 30 rotações à velocidade de rotação especificada;

O concreto deverá ser lançado até 2 horas depois da introdução do ligante na betoneira. O intervalo de tempo entre a saída do concreto da betoneira e a vibração respectiva deve ser o mais curto possível.

#### **4.7 LANÇAMENTO**

Quando do lançamento do concreto, as fôrmas deverão estar isentas de incrustações de argamassa, lodo, óleos, detritos (restos de arames de amarração, pregos, serragens, madeiras, etc.). Previamente ao lançamento do concreto, a contratada deverá submeter à aprovação da Fiscalização o plano de trabalho, mostrando e descrevendo os métodos de lançamento que pretende usar, devendo a concretagem ser efetuada na presença da 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 fôrmas, instalação de peças embutidas e armação tenham sido liberados pela Fiscalização.

Todas as superfícies que receberão o concreto devem estar completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém lançado não seja absorvida.

O concreto deverá ser lançado em subcamadas contínuas aproximadamente horizontais, não excedendo 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 fôrmas para o lançamento e adensamento do concreto. Pode-se, entretanto, adotar dispositivos de lançamento tais como trombas, funis ou calhas, que, introduzidas na fôrma, permitam o lançamento de alturas maiores minimizando a segregação. O concreto deve ser lançado o mais próximo

de sua posição final, não sendo depositado em grande quantidade em determinados pontos para depois ser espalhado ou manipulado ao longo das formas.

O lançamento do concreto deverá ser iniciado e concluído no horário compreendido entre 7 e 17 horas, para possibilitar a execução de serviços complementares tais como desempenamento, preparação de juntas (corte verde), execução dos procedimentos de cura. Em situações especiais deverá ser solicitada a Fiscalização a liberação para concretagem em horários fora do acima estabelecido.

Não deve ser lançado concreto enquanto o terreno de fundação, as formas e suas amarrações, os escoramentos, cimbramentos e as armaduras não tiveram sido inspecionados e aprovados pela Fiscalização.

O concreto não deve ser exposto à ação da água antes de início da pega. No caso de chuvas torrenciais o concreto fresco deverá ser protegido, para evitar a retirada dos materiais finos.

O lançamento do concreto deve ser contínuo, e conduzido de forma a não haver interrupções. Caso ocorra a necessidade de interrupção esta não deverá ser superior a uma hora.

Deve haver um cuidado especial de evitar o deslocamento de armaduras, dutos de protensão, ancoragens e formas, bem como para não produzir danos nas superfícies das formas, principalmente quando o lançamento do concreto for realizado em peças altas por queda livre. Depois de iniciada a pega, deve-se ter o cuidado de não vibrar as formas, nem provocar esforços ou deformação nas extremidades de armações deixadas como espera para concretagens posteriores.

Em pés de pilares colocar uma argamassa, com composição igual à da argamassa do concreto estrutural, com espessura em torno de 5 cm, para evitar vazios (bicheiras) no início dos mesmos.

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 fôrmas. Os equipamentos, suas disposições e capacidades deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização.

#### **4.8 ADENSAMENTO**

Durante e imediatamente após o lançamento, peças com espessura igual ou superior a 20 cm devem ser adensadas empregando-se vibradores pneumáticos ou elétricos, de imersão.

O vibrador deve ser de no mínimo de 7.000 r.p.m., com intensidade e duração suficientes para produzir plasticidade e assentamento do concreto, adensando-o perfeitamente, sem



excesso que provoquem segregação dos materiais. Deve haver um número de vibradores compatível com o volume de concreto a ser adensado.

O vibrador deve ser mantido na massa de concreto até que a superfície se apresente brilhante (apareça a nata na superfície), quando então deverá ser retirado e mudado de posição sempre em funcionamento.

Os vibradores de imersão devem ser aplicados no ponto de descarga do concreto, de modo que toda a massa seja compactada cuidadosamente, de maneira uniforme. Durante a vibração de uma camada, o vibrador deve ser mantido em **posição vertical** e a agulha deve penetrar cerca de 10 cm na camada inferior, anteriormente lançada. Ele não será deslocado rapidamente no interior da massa, e uma vez terminada a vibração, deve ser retirado **lentamente** para evitar a formação de bolhas e vazios. Vibrar o maior número de pontos ao longo do elemento estrutural. Não encostar o vibrador nas formas, nem nas armaduras.

Novas camadas não podem ser lançadas antes que a precedente tenha sido adensada.

Deve haver sempre, no canteiro da obra, um vibrador sobressalente para concretagens até 50 m<sup>3</sup>, e dois vibradores sobressalentes para concretagens individuais de mais de 50 m<sup>3</sup>. Não havendo tais equipamentos sobressalentes a concretagem não será liberada.

Em peças delgadas, cujas formas tiverem sido construídas para resistirem à vibração, devem ser empregados vibradores externos, preliminarmente aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Quando se tratar de peças fortemente armadas, a CONTRATADA deve usar vibradores capazes de compactar o concreto sem danificar as armações e formas.

## 5. JUNTAS DE CONCRETAGEM

Serão obedecidas as prescrições da NBR 6118

Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista, devem ser tomadas as devidas precauções para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido com o novo trecho.

Quando a concretagem for suspensa por período de tempo superior aquele em que se iniciou a pega, o ponto onde houver sido suspensa deve ser considerado uma junta de concretagem.

No caso de se terem juntas de concretagem, a superfície que servirá de junta deve ser escovada intensamente com escova de aço, no período de 3 a 6 horas após a concretagem, ou deve ser lavada com jato de água com pressão mínima de 1500 lbs/pol<sup>2</sup>.

Quando se for unir concreto com outro já endurecido, a superfície que receberá o novo concreto deve ser apicoada com ponteiros, para retirar a nata superficial, o material solto e

os corpos estranhos. Essa superfície deve ser lavada de modo a deixar aparente o agregado graúdo.

Antes da retomada da concretagem deve ser feita a limpeza da superfície com ar comprimido e o umedecimento da mesma. Aplicar argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto sobre a superfície da junta para evitar a formação de vazios.

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 fôrma, 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.

Nota – podem ser utilizados produtos para melhorar a aderência entre as camadas de concreto em uma junta de concretagem, desde que não causem danos ao concreto e seja possível comprovar desempenho ao menos igual ao dos métodos tradicionalmente utilizados.

## **6. JUNTAS DE DILATAÇÃO**

As juntas de dilatação devem ser construídas de modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto. Depois de concluído todo o trabalho, a argamassa solta, ou que estiver formando conchas delgadas capazes de se estilhaçarem com o movimento, deve ser retirada cuidadosamente de todas as juntas usando-se um cinzel fino. Todas as juntas de dilatação devem ser construídas com material elástico flexível que satisfaça os requisitos necessário conforme preconizado no projeto.

## **7. CURA**

Podemos designar por cura do concreto o conjunto de operações ou procedimentos adotados para evitar que a água de amassamento e de hidratação do cimento se evapore das regiões superficiais do concreto.

A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o seu melhor desempenho tornando-o mais impermeável, com baixa absorção de água, com alta resistência a carbonatação e a difusão de íons, ou seja com resistência mecânica e durabilidade adequadas. A não execução acarretará em um concreto mais poroso, permeável, com baixa resistência superficial e sujeito ao ataque dos agentes agressivos.

A água é parte integrante do processo de reação química com o cimento, devendo permanecer o maior tempo possível no concreto, pois a mesma fará parte dos compostos resultantes da hidratação do cimento.

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Evitar a perda de água pela superfície exposta,
- Assegurar uma superfície com resistência adequada,
- Controlar a temperatura do concreto durante o período de tempo suficiente, até que atinja o nível de resistência suficiente.

Os agentes prejudiciais mais comuns ao concreto em seu início de vida são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

Mesmo no caso de utilização de aditivos para acelerar a pega do concreto, não se dispensa os procedimentos de cura.

Elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de acordo com a NBR 12655, igual ou maior que 15 Mpa.

A CONTRATADA deve ter em seu poder, para uso imediato, todos os materiais e equipamentos necessários para a cura adequada e proteção do concreto antes que se inicie a concretagem.

#### Métodos de Cura

Deve-se iniciar a cura uma hora após o adensamento do concreto.

Os procedimentos que podem ser adotados para curas normais em temperaturas ambientes são:

### **7.1 Cura com Água**

O concreto diretamente curado com água deve ser mantido umedecido durante, pelo tempo mínimo conforme tabela A. Deve-se manter umedecido o concreto cobrindo-o com uma lâmina de água ou por sistema de tubulação perfurada, espargidores mecânicos ou qualquer outro método aprovado, que mantenha umedecidas todas as superfícies a serem curadas continuamente, não periodicamente. A água usada para a cura deve ter às mesmas características da usada para fazer o concreto.

### **7.2 Cura Química**

A cura química deve ser realizada com material impermeável, de polietileno ou compostos que formem membranas de cura.

Obs. Para acelerar a cura pode-se aquecer as formas, através de vapores de água, a temperaturas em torno de 70 a 80°C

### 7,3 Tempo de Cura

Para definir o tempo de Cura, é preciso considerar os seguintes aspectos:

- Relação água / cimento
- Tipo de cimento
- Condições locais de temperatura, vento e umidade relativa do ar;
- Geometria das peças, que pode ser definida pela relação, área de exposição/volume da peça;
- Agressividade do meio ambiente;

Para calcular o tempo de cura total, utiliza-se as tabelas A, com os respectivos fatores de correção, N1, N2 e N3, aplicando-se a seguinte fórmula:

**Tempo mínimo de cura = Valores da tabela A x N1 x N2 x N3**

**Tabela A**

| <b>TEMPO MÍNIMO DE CURA EM FUNÇÃO DO TIPO DE CIMENTO E DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (A/C)</b> |        |        |        |         |
|--|--------|--------|--------|---------|
|  | 0,35   | 0,55   | 0,65   | 0,70    |
| CPI ou CP II<br>32   | 2 dias | 3 dias | 7 dias | 10 dias |
| CPIV – POZ<br>32   | 2 dias | 3 dias | 7 dias | 10 dias |
| CPIII – AF 32  | 2 dias | 5 dias | 7 dias | 10 dias |
| CPI e II 40  | 2 dias | 3 dias | 5 dias | 5 dias  |
| CP V ARI   | 2 dias | 3 dias | 5 dias | - dias  |

- **Fatores de Correção dos Tempos de Cura da Tabela A**

| <b>- Condições Atmosféricas -(N1)</b>      |                    |                      |            |                                     |            |
|--|--------------------|----------------------|------------|-------------------------------------|------------|
|  | - Temperatura      | - $T < 15^{\circ}.C$ |            | - $16^{\circ}.C < T < 39^{\circ}.C$ |            |
|  | - Umidade Relativa | - UR < 70%           | - UR > 70% | - UR < 70%                          | - UR > 70% |
| - Coeficiente de Correção do Tempo de Cura | - N1               | - 1,10               | - 1,05     | - 1,05                              | - 1,00     |

| <b>GEOMETRIA DA PEÇA:- (N2)</b>              |      |          |                     |                     |            |
|--|------|----------|---------------------|---------------------|------------|
| R= Área Exposta/Volume da Peça               |      | - R=0,20 | - $0,20 < R < 0,40$ | - $0,40 < R < 0,70$ | - R > 0,70 |
| - Coeficiente e de Correção do Tempo de Cura | - N2 | - 1,00   | - 1,05              | - 1,10              | - 1,20     |

| <b>AGRESSIVIDADE DO MEIO AMBIENTE: - (N3)</b> |      |         |         |         |               |
|---|------|---------|---------|---------|---------------|
|   |      | - Fraca | - Média | - Forte | - Muito Forte |
| - Coeficiente e de Correção do Tempo de Cura  | - N3 | - 1,05  | - 1,10  | - 1,15  | - 1,25        |

## 8. REPAROS NO CONCRETO

Os reparos dos defeitos encontrados no concreto provenientes de falhas de concretagem, devem ser iniciados após a desmoldagem. 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 estanqueidade e o bom acabamento do concreto.

Os reparos no concreto devem ser efetuados por pessoal especializado. A CONTRATADA deve manter a FISCALIZAÇÃO avisada sobre a época em que qualquer reparo no concreto deva ser feito. O reparo no concreto deve somente ser efetuado na presença de um fiscal, bem como o material utilizado no reparo deve ter a aprovação da Fiscalização.

O concreto danificado ou com "ninhas de abelha", deve ser removido até a parte sã e preenchido com enchimento seco, argamassa ou concreto. As saliências devem ser eliminadas por apicoamento ou desbaste. Os enchimentos secos devem ser aplicados em vazios causados pela remoção dos prendedores das extremidades, dos tirantes das formas, os rebaixos de fixação de tubulação e as ranhuras estreitas cortadas para o reparo de fendas.

O enchimento com concreto deve ser feito em vazios que se estendam inteiramente pelas seções da peça ou que sejam maiores, em área do que 1.000 (mil) centímetros quadrados. Também em vazios, em concreto armado, maiores em área que 500 (quinhentos) centímetros quadrados e que se estendam além da armadura.

Todos os enchimentos devem aderir firmemente à superfície dos vazios e devem ser perfeitos e isentos de fissuras produzidas por contração. Devem igualar em cor o concreto adjacente (peças em concreto aparente) e para isso deve-se usar cimento da mesma qualidade e origem do que aquele do concreto. O traço do concreto para o reparo deve ser o mesmo definido no início da obra ou utilização de graute. Os custos de todos os materiais, mão-de-obra e equipamentos empregados nos reparos do concreto correrão por conta da CONTRATADA.

#### Argamassa para Enchimento Seco DRY PACK

O enchimento seco deve consistir em uma mistura (por volume ou peso seco) de 1 (uma) parte de cimento para 2,5 (duas e meia) partes de areia, sendo que a granulação deve passar cem por cento (100%) pela peneira no 16. Deve ter água somente em quantidade suficiente para produzir uma argamassa que, ao moldada numa bola e pressionada levemente com as mãos, transpire água e apenas mantenha as mãos úmidas.

O enchimento seco deve ser colocado por camadas. Cada camada deve ser fortemente compactada por toda a superfície, mediante o emprego de uma régua de madeira de lei e um martelo.

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

- a) demarcação da área a reparar;
- b) apicoamento 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;

## 9. FISSURAS E TRINCAS

Embora tomadas todas precauções relacionadas a tecnologia do concreto e as orientações contidas neste módulo, podem ocorrer fissuras provenientes da retração do concreto em peças de grandes dimensões como paredes de: reservatórios, decantadores, reatores, etc. Após o período de cura, a estrutura deverá ser inspecionada minuciosamente pela Fiscalização da Sanepar a fim de identificar e demarcar as possíveis fissuras. O histórico em obras de concreto da Sanepar, em peças de grandes dimensões apresenta como aceitável a ocorrência de um índice de fissuras de retração da ordem de 0,15 m por m<sup>2</sup> de superfície. Exemplificando, se tivermos uma parede de 20 m por 5 m (100 m<sup>2</sup>) teríamos um total de 15 m de fissuras a serem tratadas distribuídas na superfície. Até este índice de fissuras o custo do tratamento deve estar incluso no orçamento da obra. Ocorrendo fissuras acima do índice previsto o custo do tratamento adicional deve ocorrer às expensas da Contratada.

O tratamento das fissuras de retração só deve ocorrer após a conclusão da concretagem de toda a unidade. Para recuperação das fissuras será adotado o sistema de impermeabilização flexível, conforme descrito no item de impermeabilização e proteção das estruturas de concreto deste módulo.

## 10. GRAUTEAMENTO

O graute é uma argamassa pronta para uso, auto-nivelante e de alta resistência inicial. Atinge normalmente uma resistência superior a 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.

## 11. CONCRETO PROTENDIDO

### Protensão

Os materiais a serem empregados nas estruturas de concreto protendido são aqueles especificados para fôrmas, 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 cm<sup>2</sup>/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, sulfitos 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 que resistiam 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 SANEPAR. 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 se estão em perfeito funcionamento, se 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.

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.

## **11.1 SERVIÇOS DE PROTENSÃO**

### **11.1.1 Cortes Dos Cabos**

Os cabos devem ser cortados e pré-blocados de acordo com os desenhos dos projetos e junto com os cabos enrolados e pintados de forma que fiquem de fácil identificação na hora da montagem na obra, deverá ser emitida uma lista de corte denominada de Romaneio, onde estarão todas as informações sobre os cortes e numeração dos cabos.

Pré-blocar é cravar a cunha com macaco hidráulico, antes de ser montado.

Casos em que os cabos forem cortados na obra, deverão seguir os romaneios de cortes. Devendo em seguida serem separados, e distribuídos de acordo com os números e tamanhos distintos.

Seqüência de pré-blocagem:

1. Comece o corte pelos cabos que serão montados primeiro;
2. Corte os cabos de acordo com o projeto e o romaneio;
3. Após o corte dos cabos verifique se o macaco esta calibrado, verifique também qual será a pressão a ser dada no macaco;
4. Corte 15 cm da bainha se o cabo tiver menos de 9 metros, se o cabo tiver mais de 9 metros, corte 25cm, e retire-a;
5. Se o macaco não tiver a peça de pré-blocagem fixa nele, pegue a peça e fixe-a em uma bancada depois coloque o macaco encostando-se à peça;

6. Passe o cabo por dentro das garras do macaco, e por dentro da peça;
7. Coloque um pedaço de 30cm de magueira se o cabo for maior que 9 metros, se for menor que 9 metros não coloque a mangueira, depois de pré-blocar puxe a bainha até encostar-se à placa;
8. Pegue a placa, a encoste na peça de pré-blocagem, depois passe o cabo por dentro da placa, deixe uns 5cm passando da placa, coloque duas cunhas, depois bata um pouco as cunhas na placa, vendo se as duas estão alinhadas;
9. Em seguida faça a pré-blocagem;

### **11.2 Entrega de Material e Equipamentos, Manuseio e Armazenagem.**

O material deve ser descarregado, armazenado e conferido pelo comprador, inclusive quando as bobinas forem direto para a obra. A conferência será feita de acordo com o romaneio.

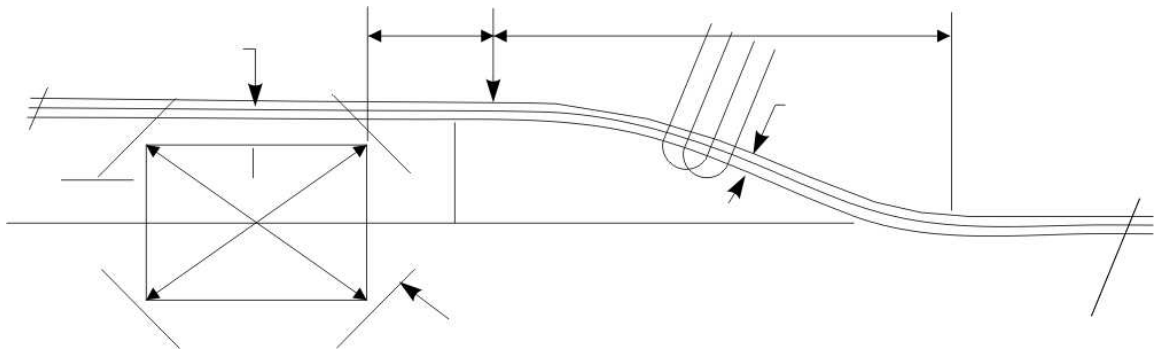
Os cabos só deverão ser recebidos e conferidos na obra junto com o seu respectivo romaneio. Caso os cabos não sejam imediatamente utilizados, estocá-los em local seco, cobertos por uma manta plástica, protegidos dos efeitos do sol e da chuva e seguro contra possíveis danos.

Materiais como cadeirinhas, cunhas, pocket former e outros materiais, também deverão ser conferidos, estes materiais serão conferidos pelo comprador de acordo com a requisição de material e devem ser armazenados em locais secos seguros contra danos ou perdas.

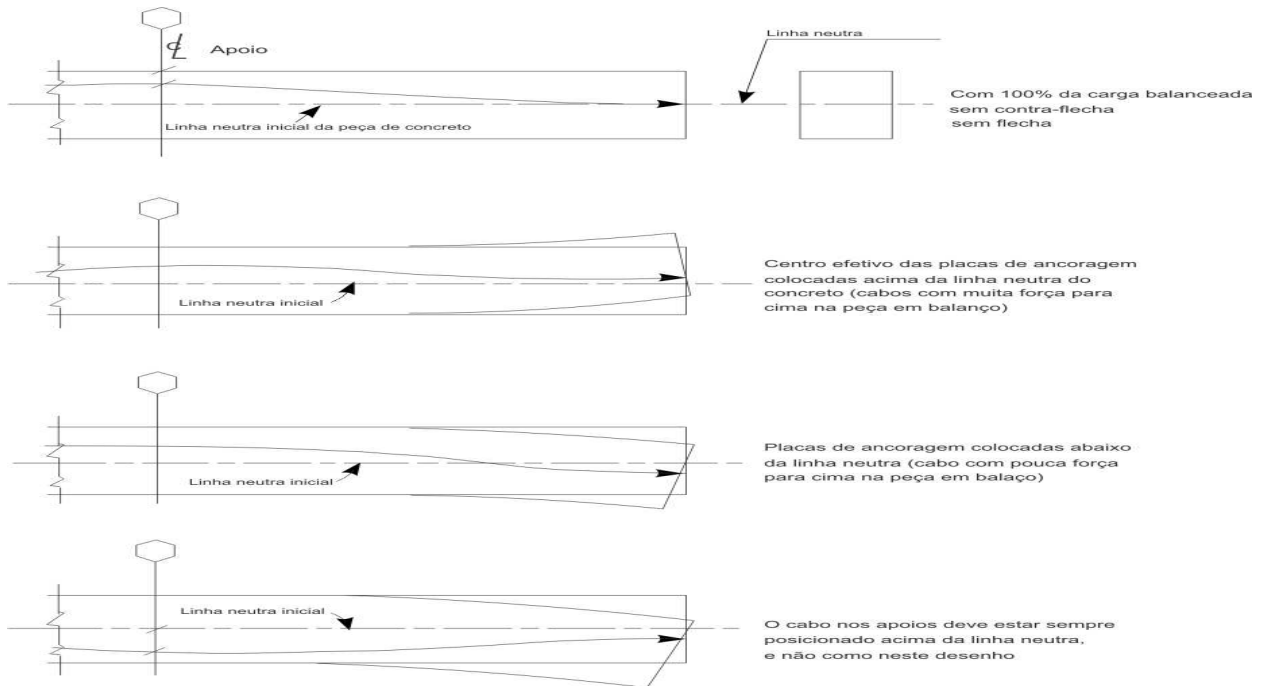
### **11.3 Montagem dos Cabos**

1. Confira se o projeto que você tem em mãos é o mesmo da obra que vai ser montada e se está com o pavimento certo.
2. Leve para cima da laje todo o material que vai ser utilizado na montagem da mesma.
3. Começar a marcação e a furação na forma de borda de cada ancoragem ativa, espaçando-as de acordo com o projeto. Se houver algum problema e não puder ser colocada conforme mostra o desenho do projeto consulte o engenheiro do projeto ou alguém responsável na Impacto.
4. Pegue o pocket former dê duas volta de fita adesiva na ponta do pocket former, em seguida coloque na placa. Fixe a placa com arame de 60cm de comprimento com duas voltas para que fiquem bem amarradas.

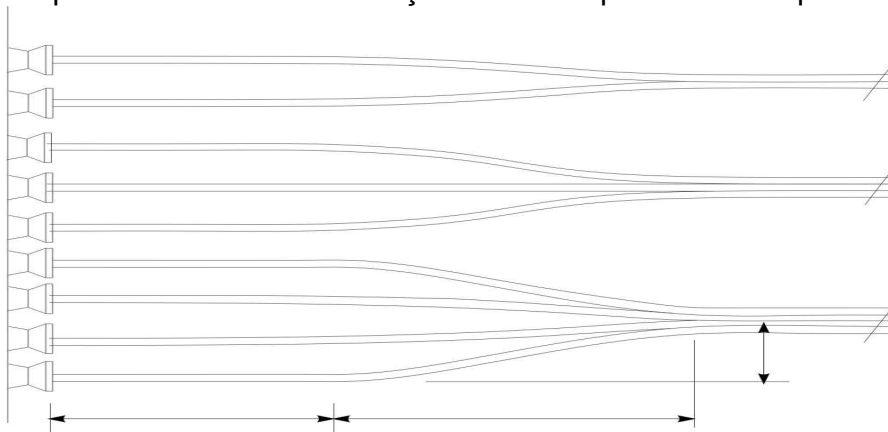
5. Depois de colocada a armadura positiva, comece a colocação dos cabos. Primeiro desenrole os cabos no local onde vai ser montado, depois comece a montagem.
6. Inicie a montagem pelos cabos das faixas, seguindo a seqüência que é colocada no projeto, coloque depois os cabos da laje.
7. Sempre verificar antes de começar a amarração, as alturas dos cabos para saber se não haverá algum problema com as alturas.
8. Quando for colocar os cabos para dentro da placa, tem que ter o cuidado na hora de cortar a bainha, não cortar muito e nem deixar a bainha para dentro da placa.
9. Verificar se os cabos não vão atrapalhar os negativos, se atrapalharem, comunicar ao Engenheiro de obra.
10. Sempre tomar cuidado nas caixas de passagem, conduites de instalações hidráulicas e elétricas, havendo interferências deve ser comunicado o próprio engenheiro da obra.
11. Se algum cabo fizer curva, sempre colocar um U em cada cabo. Se for feito algum desvio, também deve ser colocado.



12. Se o cabo tiver ancoragem intermediária, sempre observar se o cabo está passando no meio da laje (linha neutra);



13. Comece a etiquetar primeiro, as faixas, sempre observando as distâncias que estão no projeto. As distâncias devem ser seguidas rigorosamente.
14. Após a etiquetagem começar a amarração dos cabos.
15. A amarração dos cabos deve ser feita de acordo com o projeto, comece a amarrar da ancoragem passiva para a ativa, cuidado para não dar um ponto muito forte, porque pode ser que danifique a bainha.
16. Os cabos devem ser suavemente deslocados na direção das placas de ancoragem. Amarre o grupo de cabos no sistema de apoio conforme mostrado nos desenhos de montagem da pós-tração. Verifique a colocação perpendicular dos cabos dentro das placas de ancoragem vertical e horizontalmente. Se isto não for feito corretamente o resultado poderá ser uma quebra da cordoalha, um estouro do concreto, uma falha na cravação das cunhas, alongamento baixo, perda excessiva na cravação ou outros problemas na protensão.



17. As alturas devem ser seguidas rigorosamente, se houver algum problema nas alturas, deve ser comunicado a alguém responsável da Impacto ou ao engenheiro da obra.
18. Amarrar uma galga nas ancoragens passiva para que elas fiquem alinhadas.
19. Depois de terminada a montagem, fazer uma conferência final.

#### **11.4 PROTENSÃO DOS CABOS**

A operação de protensão não deve começar até que os testes dos corpos de prova de concreto curados, sob as condições do canteiro de obras, indiquem que o mesmo tenha atingido a resistência mínima à compressão especificada para protensão, de acordo com os Documentos de Contrato ou com o Projeto.

1. As fôrmas de borda devem ser retiradas tão logo quanto possível para permitir a remoção da fôrma plástica no buraco para a limpeza da cavidade da placa de ancoragem enquanto o concreto ainda está verde. Outras fôrmas são deixadas no lugar até o final da protensão;
2. Remova os pockt former do nicho;
3. Limpe totalmente a cavidade da placa de ancoragem e remova qualquer pasta de concreto ou matéria estranha.
4. Confira a integridade do concreto tanto dentro do nicho quanto em todas as superfícies expostas. Se fissuras, vazios, bicheiras ou quaisquer outras anormalidades são vistas, NÃO PROTENDA. Se bicheiras são suspeitadas, sonde com um martelo e notifique a alguém responsável da Impacto ou ao engenheiro responsável pela obra.
5. Confira se o cabo está perpendicular à placa de ancoragem e se a placa de ancoragem está paralela à face do concreto (a menos que se fixe um ângulo diferente no projeto). Se qualquer uma delas estiver fora de alinhamento, notifique a Impacto para receber instruções.
6. Remova o excesso de graxa e qualquer sujeira, areia ou nata de cimento das pontas dos cabos. Não é necessário limpar totalmente as pontas, mas somente remover os materiais da superfície da área a ser pintada (marca para leitura dos alongamentos). É muito importante limpar esta área para que a marca não se apague durante a protensão.
7. Nas placas de ancoragem intermediárias onde a graxa é removida para que se faça a marcação, reaplique a graxa e encape de novo a bainha depois da protensão para restaurar o sistema de proteção.

8. Coloque as cunhas uniformemente. Verifique se o ajuste das cunhas é perfeito e se o dispositivo de cravação do macaco está encaixado nas duas (ou três) partes da cunha.
9. Fixe as cunhas na posição com uma ferramenta de assentamento manual.
10. Marque o cabo com tinta spray usando uma pequena tábua de 10x10 cm como gabarito para ter uma referência constante em relação à borda da laje. Se os cabos forem protendidos pelas duas extremidades, é importante que ambas sejam marcadas (pintadas) antes do início da protensão.
11. Confira o equipamento de protensão:
  - a. Tenha certeza de que o equipamento está limpo, especialmente nas mandíbulas do macaco e nas áreas do pistão de cravação.
  - b. Ligue a bomba, abra e feche o macaco várias vezes enquanto confere vazamentos hidráulicos, expansão e retração dos cilindros e se o pistão de cravação está funcionando.
  - c. Manter o macaco totalmente aberto ou totalmente fechado irá causar pressão excessiva, que pode danificar o equipamento e/ou danos pessoais.
  - d. As folhas de aferição da calibração devem ser conferidas e a respectiva pressão registrada para protensão (aferição do manômetro).

## **11.5 PROTENDENDO OS CABOS**

1. A protensão não deve acontecer antes que o concreto tenha a apropriada resistência (veja os registros dos desenhos de montagem estruturais e de pós-tração), mas deve ser feita tão logo isso aconteça;
2. Uma área apropriada deve ser liberada, isolada ou erguido um andaime seguro para os trabalhadores da protensão;
3. Cuidado impróprio no uso do equipamento de protensão pode resultar em danos à obra e ferimentos pessoais. Somente pessoas treinadas e qualificadas devem ter permissão para aproximar-se do equipamento de protensão durante o seu uso. Todos devem permanecer longe do cabo que está sendo protendido durante todo tempo.
4. Quando se protender acima do nível do solo, os macacos e bombas devem ficar presos a um objeto fixo por meio de uma corda de segurança para evitar que o

equipamento seja arremessado para fora do edifício caso o cabo se rompa durante a protensão.

5. Assegure-se de que o batedor de cunha não esteja quebrado e esteja completamente retraído. Ele deve estar aproximadamente 1cm para fora do bico do macaco, na operação de travamento das cunhas.
6. Abra as mandíbulas do macaco puxando para trás a alavanca que une as duas partes.
7. Posicione o macaco na cordoalha a ser protendida e empurre-o à frente até o mesmo apoiar o bico na placa de ancoragem. Nunca tente ajustar a posição do macaco com golpes ou empurrões depois que a carga pressão tenha sido aplicada. Retire a pressão, remova o macaco e reposicione-o quando necessário.
8. Empurre as mandíbulas do macaco à frente para encaixar na cordoalha, estando certo de que:
  - a. As mandíbulas do macaco estão paralelas para evitar danos a elas ou à cordoalha.
  - b. A cordoalha está na respectiva posição dentro das mandíbulas do macaco.
9. Coloque a bomba de válvula na posição de protensão.
10. Ponha a bomba em funcionamento usando o interruptor remoto (o uso do mesmo permite ao operador permanecer ao lado da bomba, longe de qualquer tipo de risco se o cabo ou as mandíbulas do macaco falharem).
11. Em bombas equipadas com uma válvula de seqüência ou válvula de cravação automática (Figura 9-1):
  - a. Acione o motor da bomba usando o interruptor remoto até que a pressão seja indicada no manômetro. O macaco deverá se abrir, tracionando e esticando a cordoalha, que deve se alongar conforme previsto no projeto. Nesse ponto, o macaco permanece aberto e segurando a cordoalha tencionada.
  - b. Mude a válvula para a posição de retorno.
  - c. Ao acionar o motor da bomba, a pressão irá permanecer no macaco e o alongamento da cordoalha será mantido, mas o manômetro baixará para zero e a pressão começará a se elevar.
  - d. Quando a pressão definida é atingida (dependendo do equipamento usado) o bico de cravação estará completamente pressurizado, empurrando a cunha para dentro do alojamento da ancoragem um ruído de estalo será ouvido e o macaco começará a retornar. Nesse ponto, a cordoalha retornará junto com o macaco levando a cunha à sua posição final;
  - e. Quando o macaco estiver quase totalmente fechado (2cm), pare a bomba e mude a válvula de quatro vias para a posição de tracionamento. O bico de cravação deverá se retrair totalmente. É importante parar a bomba e interromper a válvula rapidamente, para evitar pressão excessiva acumulada no macaco depois que tiver retornado completamente. Esta pressão excessiva acumulada



pode causar uma falha prematura das juntas do macaco, mangueiras e conexões.

- f. Deslize o macaco para frente para liberar as mandíbulas que seguravam a cordoalha e remova-o.

## 11.6 ALONGAMENTOS

### 11.6.1 GERAL

Depois que as fôrmas de borda foram removidas, os cabos devem ser preparados para protensão. Uma parte significativa do procedimento de protensão é a marcação, medição e registro dos alongamentos. O procedimento seguinte deve ser seguido passo a passo com o objetivo de obter resultados de protensão e registros adequados.

### 11.6.2 Preparação

- a) A fôrma para nicho deve ser removida.
- b) A limpeza da cavidade da placa de ancoragem deve ser feita suavemente para que não seja danificada.
- c) A cavidade da placa de ancoragem, cunhas e a cordoalha devem estar sem nenhuma pasta de concreto, pedrisco, sujeira ou material estranho, caso contrário, as cunhas podem não se assentar eficazmente e a cordoalha pode escorregar durante ou depois da cravação da cunha.
- d) As cunhas devem ser colocadas e assentadas com uma ferramenta de assentamento manual.
- e) Usando um gabarito (uma peça de 10 cm de largura x 10cm de comprimento) para estabelecer uma medida de referência constante em relação à face do concreto, marque com tinta spray de secagem rápida. Não pinte por cima de outra pintura para não comprometer a precisão da atual.
- f) A medida deve ser tirada a partir da placa. A dimensão final também é medida da placa de ancoragem para se calcular o alongamento.
- g) A marcação deve estar clara. Uma marca larga ou manchada resultará em uma medida de alongamento imprecisa.
- h) Antes da protensão das duas extremidades ativas do cabo, as cunhas da extremidade oposta em relação à primeira extremidade ativa devem ser bem batidas e posicionadas.
- i) Se isto não for feito, a cordoalha pode escorregar e resultar em medição de alongamento imprecisa. As marcações devem ser aplicadas em ambas as extremidades antes da operação de protensão.
- j) A escala de medição (metro, trena) deve ser rígida e estar sempre limpa.

### 11.6.3 Registro

- a) Os registros de protensão devem mostrar os seguintes dados:
- b) Número de identificação dos cabos
- c) Número do pavimento da concretagem
- d) Data da protensão
- e) Número de identificação dos equipamentos de protensão
- f) Pressão requerida no manômetro conforme tabela de calibração encaminhado pela firma de protensão
- g) Seqüência da protensão por vigas
- h) Qualquer dado especial / observações relacionadas a protensão
- i) Nome da obra
- j) 10.Nome da construtora
- k) 11.Nome do operador
- l) 12.Alongamento medido
- m) 13.Número e data dos desenhos de montagem usados para montagem e protensão
- n) 14.A Impacto deverá participar ativamente na resolução de problemas de alongamento.
- o) 15.Registro completo da protensão deve ser remetido à construtora (ou seu designado) para que seja repassado ao engenheiro do projeto.

#### 11.6.4 Check List Antes da Concretagem

- a) Número e o local dos cabos estão corretos (verifique contando as extremidades ativas)?
- b) Comprimento da ponta dos cabos é suficiente para protensão?
- c) Os vergalhões de fretagem e vergalhões auxiliares estão colocados conforme requerido?
- d) As placas de ancoragem do lado ativo estão fixadas seguramente na fôrma de borda com a fôrma para nicho com tamanho apropriado?
- e) A bainha da extremidade ativa está cortada corretamente nas imediações do lado de trás da placa de ancoragem (não mais do que 25 mm de cordoalha exposta ou conforme requerido nos documentos de contrato)?
- f) Existe qualquer conflito com a localização de caixas de passagens ou eletrodutos?
- g) As ancoragens se apoiarão sobre um concreto sólido (nunca próximo de conduites, passagens, etc.)?
- h) Há espaço adequado para o macaco?
- i) O espaçamento e a orientação das placas de ancoragem está correto?
- j) O cabo está entrando reto dentro das placas de ancoragem (conforme desenhos de montagem)?
- k) A cordoalha está isenta de corrosão na extremidade passiva?
- l) As ancoragens passivas estão colocadas na posição adequada?

#### 11.6.5 Corte dos Cabos Após Protensão

- 11.6.5.1 O corte da ponta dos cabos deve ser efetuado após a protensão, mas somente depois da conferência da medida dos alongamentos pela fiscalização
- 11.6.5.2 As cordoalhas devem ser cortadas com equipamento de corte oxiacetilênico. No corte com maçarico oxiacetilênico, evite que a chama atinja as cunhas diretamente. O comprimento da cordoalha além das cunhas após o corte deve ficar entre 13 e 20 mm.

#### 11.6.GRAUTEAMENTO DO NICHOS DE PROTENSÃO

1. Após o corte das pontas do cabo, sua extremidade deve receber um cap com graxa (somente em área próximo a praia, sujeito à maresia), contra corrosão. Em no máximo 48 horas após o corte com maçarico.
2. Antes da aplicação do graute, o nicho de protensão deve estar livre de qualquer sujeira/pedrisco/óleo/graxa para que uma boa aderência seja conseguida entre o concreto e o graute.
3. Logo após a protensão do cabo e do corte, os nichos de protensão devem ser preenchidos com aplicação de graute que não sofra retração e nem contenha metálicos. Sob nenhuma circunstância deixe os nichos expostos por muito tempo.
4. O graute usado para preenchimento do nicho não deve conter cloreto ou outra substância química conhecida por ser nociva ao aço de protensão.

<sup>1</sup> Fonte: Serviço de Protensão conforme material fornecido pela Empresa Protensão Impacto Sul Ltda, em 20/02/2009.

### PROTEÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DO CONCRETO

#### Obras Novas

Para as estruturas de concreto armado que requeiram a estanqueidade, tais como Reservatórios, Estações de Tratamento e Estações Elevatórias, a mesma deve ser obtida pelo próprio concreto mediante a sua correta execução.

Mesmo tomando-se todos os cuidados e obedecendo-se as recomendações citadas neste módulo e as normas vigentes, as estruturas de concretos de grandes dimensões sofrerão fissuras provenientes principalmente da retração do concreto na sua fase de cura.

Depois do período de cura, a estrutura deverá ser inspecionada minuciosamente pela Fiscalização da Sanepar a fim de identificar e demarcar as possíveis fissuras. O histórico em obras de concreto da Sanepar, em peças de grandes dimensões apresenta como aceitável a ocorrência de um índice de fissuras de retração da ordem de 0,15 m por m<sup>2</sup> de superfície. Exemplificando, se tivermos uma parede de 20 m por 5 m (100 m<sup>2</sup>) teríamos um total de 15 m de fissuras, distribuídas na superfície a serem tratadas. Até este índice de fissuras, o custo do tratamento com o sistema flexível de impermeabilização, está incluso no orçamento da obra. Ocorrendo fissuras acima do índice previsto o custo do tratamento adicional deve ocorrer às expensas da Contratada.

Surgindo ainda outras patologias no concreto, decorrentes de má execução tais como: falhas decorrentes da segregação (ninhas de abelhas, bicheiras), falhas em juntas de

concretagem, falhas em juntas de dilatação, falhas de cobrimento e se o teste de impermeabilidade acusar vazamentos, a Contratada deve, às suas expensas, executar os reparos e posteriormente a impermeabilização com sistema flexível devidamente homologado pela Sanepar e em casos críticos poderá ser exigido pela fiscalização o revestimento total da superfície recuperada, sem ônus para a Sanepar.

A impermeabilização das superfícies afetadas deve incluir, além da superfície deteriorada, um adicional de no mínimo 10 cm em cada direção, com sistema flexível de proteção.

As estruturas de concreto armado tais como reservatórios, câmaras de contato de Estações de Tratamento de Água -ETAs, unidades ETEs e caixas sujeitas à deterioração causadas pelo gás cloro ou gases provenientes do esgoto e de seu tratamento, devem receber na face interna das lajes superiores e nas paredes internas entre 30 cm abaixo do nível máximo, definido em projeto, até a face inferior da laje de cobertura, impermeabilização com sistema flexível. Nos poços de sucção de Estações Elevatórias de esgoto, deverá ser aplicada a impermeabilização com sistema flexível, somente na laje superior e nos 30 cm de parede a partir desta. Nas áreas de ETAs e ETEs sujeitas a abrasão por fluxo tais como, sistemas de entrada, calha parshal, desarenador também devem receber o revestimento impermeabilizante flexível em toda a superfície em contato ou não com o líquido.

As lajes de cobertura dos reservatórios, em sua face externa, devem ser impermeabilizadas. Para tanto, poderão ser impermeabilizadas com mantas flexíveis atóxicas ou sistema flexível, conforme especificação de impermeabilização.

As paredes externas de reservatórios, em contato com o solo, devem receber aplicação de manta tipo geocomposto para drenagem, conforme especificação de impermeabilização.

A aplicação do sistema flexível de proteção e impermeabilização deverá ser feita por empresa certificada pelo fabricante do produto, mediante apresentação de documento comprobatório.

### **Obras de Recuperação de Estruturas**

Para as obras de recuperação de estruturas de concreto dada a especificidade de cada caso, prevalecerá a recomendação do projeto específico, pois poderá haver a necessidade de se executar a recuperação de parte da estrutura (aço + concreto) além de nova impermeabilização / proteção.

Nestes casos o projeto de recuperação poderá especificar tanto o sistema flexível como o sistema rígido de impermeabilização, de acordo com o tipo de obra (água ou esgoto), tipo de unidade construtiva (ETA, ETE, Reservatório ou Elevatória) e também, o local de aplicação (canal de chegada de água, paredes ou fundos de reservatórios, etc).

### **Sistema Flexível de Proteção e Impermeabilização**

#### ***Descrição do Sistema***

O sistema flexível de proteção e impermeabilização para estruturas de concreto utilizado e aprovado pela Sanepar deverá ser a base de Poliuretano ou Poliuréia, conforme Norma Brasileira NBR 15487/2007 - Membrana de poliuretano para impermeabilização.

A empresa aplicadora do sistema flexível de proteção e impermeabilização deve ser certificadas pelo fabricante do produto, mediante apresentação de documento comprobatório.

A superfície que receberá o sistema flexível de proteção e impermeabilização deve ser previamente lavada com hidro-jateamento de alta pressão para retirada de partículas soltas e estar isentas de resíduos de óleo, graxa, desmoldante ou qualquer outro material que interfira na sua perfeita aderência, com a previa aplicação de “primer”, sempre que a superfície estiver úmida.

Além da norma citada acima, deverão ser observadas as recomendações abaixo.

### **Especificação para Poliuretano**

Sua composição deve ser do tipo Poliuretano elastomérico monolítico flexível, homologado pela Sanepar, 100% de materiais sólidos (isentos de solventes), bi-componente, não deverá produzir gases tóxicos durante a aplicação e cura, ser isento de materiais pesados e alcatrão, ou outros produtos químicos nocivos à saúde, que possam transmitir gosto prejudicando a potabilidade da água ou que possam agredir o meio ambiente, atendendo as normas ANSI, FDA, ou ASTM, podendo a SANEPAR, a qualquer momento, solicitar novos laudos; ter resistência à tração mínima de 2,0 Mpa, alongamento na ruptura mínima de 50%, deformação permanente máxima de 30%, resistência ao rasgo 2,0 kN/m, dureza Shore A 60–90, escorrimento a 120°C, tração e alongamento após intemperismo – 500 h perda máxima de 25%, flexibilidade (5° C) após envelhecimento acelerado (4 semanas a 80° C) conforme NBR 9952, aderência à tração mínima 0,30 Mpa, transmissão ao vapor d’água deverá ser menor ou igual a 0,08 US PERMS, de acordo com a ASTM F-1249, após o contato com o revestimento a água deverá atender a portaria n.º 518/2005 do Ministério da Saúde e NBR 12170; cor preferencialmente creme.

Deve ser aplicada uma camada de poliuretano com espessura mínima de 2 mm, por pulverização em demão única por meio de máquina "airless plural component" de alta pressão, de forma contínua e sem emendas. Caso o fabricante indique a utilização de tecido geotextil de polipropileno o mesmo deve apresentar gramatura mínima de 350 g/m<sup>2</sup>, específico para receber revestimentos do tipo elastomérico. O tecido geotextil deve ser fixado com o mesmo material especificado para o revestimento.

A superfície que receberá o sistema flexível de proteção e impermeabilização deve ser previamente lavada com hidro-jateamento de alta pressão para retirada de partículas soltas e estar isentas de resíduos de óleo, graxa, desmoldante ou qualquer outro material que interfira na sua perfeita aderência, com a previa aplicação de “primer”, sempre que a superfície estiver úmida.

Após a cura do revestimento aplicado, é obrigatória a verificação e a correção de possíveis falhas na aplicação, através de varredura em toda a área, com a utilização do equipamento “Holiday Detector”.

### **Especificação para Poliuréia**

Sua composição deve ser do tipo Poliuréia Aromática monolítico flexível, homologado pela Sanepar, 100% de materiais sólidos (isentos de solventes), não deverá produzir gases tóxicos durante a aplicação e cura, isento de materiais pesados e alcatrão, ou outros produtos químicos nocivos à saúde, que possam transmitir gosto prejudicando a potabilidade da água ou que possam agredir o meio ambiente, atendendo as normas ANSI, FDA, ou ASTM, podendo a SANEPAR, a qualquer momento, solicitar novos laudos; ter resistência à tração mínima de 2,0 Mpa, alongamento na ruptura mínima de 50%, deformação permanente máxima de 30%, resistência ao rasgo 2,0 kN/m, dureza Shore A 60–90, escorrimento a 120°C (atender NBR 9952), tração e alongamento após intemperismo – 500 h perda máxima de 25%, flexibilidade (5° C) após envelhecimento acelerado (4 semanas a 80° C) conforme NBR 9952, aderência à tração mínima 0,30 Mpa, transmissão ao vapor d'água deverá ser menor ou igual a 0,08 US PERMS, de acordo com a ASTM F-1249, após o contato com o revestimento a água deverá atender a portaria n.º 518/2005 do Ministério da Saúde e NBR 12170; cor preferencialmente creme.

Deve ser aplicado uma camada de poliuréia com espessura mínima de 2 mm, por pulverização, em demão única por meio de máquina "airless plural component" de alta pressão.

Após a cura do revestimento aplicado, é obrigatória a verificação e a correção de possíveis falhas na aplicação, através de varredura em toda a área, com a utilização do equipamento "Holiday Detector".

### **Sistema de Impermeabilização Externa de Estruturas**

#### **Manta Pré Moldada**

##### Descrição do Sistema

##### Opção "A"

Impermeabilização em dupla camada constituída de uma primeira manta asfáltica de 3 mm de espessura com a função de servir como berço amortecedor e absorver possíveis efeitos de patologia do substrato e uma segunda camada composta por uma manta asfáltica de 3 mm de espessura com função de impermeabilização principal.

A primeira manta de 3 mm deve atender ao Tipo II da NBR 9952/2007 e ter acabamento plástico/plástico para colagem a maçarico.

A segunda manta de 3 mm deve atender ao Tipo III da NBR 9952/2007 e ter acabamento plástico/plástico para colagem a maçarico.

##### Opção "B"

Impermeabilização com uma manta asfáltica de 4 mm de espessura, Tipo III da NBR 9952/2007 colada com 3,0 Kg/m<sup>2</sup> de asfalto modificado sem adição de polímeros, com a função de servir de berço amortecedor e assim absorver possíveis efeitos de patologia do substrato.

#### Preparo da Superfície para as opções “A” e “B”

A superfície do concreto deve ser previamente lavada, isenta de pó, areia, resíduos de óleo, graxa, desmoldante ou qualquer outro material que interfira na perfeita aderência da argamassa de regularização.

Sobre a laje já executada com caimento de 1 a 1,5% , e devidamente umedecida, fazer a regularização com argamassa de cimento e areia, traço 1:3., em panos de 2,0mx2,0m. As juntas perimetrais da laje devem ter 1,5 cm de largura preenchidas com argamassa betuminosa traço 1:8:3 de cimento areia e emulsão asfáltica. Essa argamassa deve ter acabamento desempenado com espessura mínima de 2 cm.

Na região dos ralos deve ser criada uma depressão de 1 cm de profundidade com área de 40 X 40 cm com bordas chanfradas para que haja nivelamento de toda a impermeabilização.

Promover a hidratação da argamassa para evitar fissuras de retração. Fazer testes de escoamento, identificando e corrigindo possíveis empoçamentos.

Todos os cantos e arestas devem ser arredondados com raio aproximado de 5 a 8 cm.

Juntas de dilatação devem ser consideradas como divisores de água de forma a evitar o acúmulo de água. As juntas devem estar limpas e desobstruídas, permitindo sua normal movimentação e receber um faixa de manta de reforço, conforme detalhes de projeto.

Nas áreas verticais até a altura do arremate da impermeabilização (mínima 30 cm acima do nível do piso acabado), executar chapisco de cimento e areia grossa , traço 1:2 seguido da execução de uma argamassa sarrafeada ou camurçada de cimento e areia média traço 1:4 adicionando-se 10% de emulsão adesiva acrílica na água de amassamento.

Obs. - A manta não pode ser aplicada sobre revestimento (emboço e reboco) a base de cal.

Os ralos e demais peças emergentes devem estar adequadamente fixados de forma a executar os arremates, conforme detalhes de projeto.

Caso sejam tomados os devidos cuidados na execução do acabamento da concretagem da laje de cobertura e comprovada sua regularização (piso zero) que permita a colocação imediata da manta, poderá ser eliminada a execução da camada de regularização.

#### Aplicação do Material para a Opção “A”

Seguir o disposto na NBR 9574/2009 – Execução de Impermeabilização. Além desta norma, deverão ser observadas as recomendações abaixo.

Aplicar sobre a regularização uma demão de “primer” (base água), com rolo ou trincha e aguardar a secagem por no mínimo duas horas.

Alinhar a manta de 3 mm de acordo com o enquadramento da área, procurando iniciar a colagem no sentido dos ralos para as cotas mais elevadas.

Com auxílio da chama de maçarico de gás GLP incidindo simultaneamente no “primer” e na manta, proceder a aderência total da manta de 3 mm com sobreposição de 10 cm nas emendas.

Após aplicação da manta de sacrifício 3 mm iniciar a implantação da segunda manta de 3 mm, observando a não coincidência de emendas e sobreposições de 10 cm.

Antes da proteção mecânica, executar o teste de estanqueidade enchendo a área impermeabilizada com água, mantendo o nível por 72 horas. Levar em consideração a evaporação natural e chuvas que ocorrerem no período.

Executar reforços em pontos críticos, ralos, tubos emergentes e juntas de dilatação.

#### Aplicação do Material para a Opção “B”

Seguir o disposto na NBR 9574/2009 – Execução de Impermeabilização. Além desta norma, deverão ser observadas as recomendações abaixo.

Aplicar sobre a regularização uma demão de “primer” (base água), com rolo ou trincha e aguardar a secagem por no mínimo duas horas.

Aquecer o asfalto de forma homogênea em equipamento adequado numa temperatura compreendida entre 180°C e 220°C.

Aplicar uma demão do asfalto aquecido, com o uso de meada de fios de juta, no substrato imprimado numa distância máxima de 1,00 metro à frente da bobina.

O asfalto deve ser aplicado, com consumo mínimo de 3,0 Kg/m<sup>2</sup>, no substrato e face inferior da bobina. Pressionar a manta de 4 mm Tipo III da NBR 9952/2007 do centro em direção às bordas, de forma a expulsar eventuais bolhas de ar.

As sobreposições devem ser no mínimo 10 cm, executando o selamento das emendas através da aplicação de banho de asfalto com o uso de meada de fios de juta, pressionando as emendas com roletes, espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas.

#### Proteção Mecânica para as opções “A” e “B”

##### Argamassa de Proteção Mecânica Primária ou de Transição

Sobre a impermeabilização pronta e testada, deve ser colocado filme de Polietileno e sobre este executar a proteção em panos de 2,0mx2,0m de argamassa de cimento e areia traço 1:4, desempenada com espessura mínima de 2,5 cm e juntas perimetrais com 1,5 cm de largura preenchidas com argamassa betuminosa traço 1:8:3 de cimento areia e emulsão asfáltica, com espessura de 2,5 cm.

Caso sejam utilizadas mantas auto protegidas com acabamento de alumínio ou ardósia que podem receber trânsito eventual e suportam exposição aos raios solares, não haverá necessidade de proteção mecânica.

#### **Membrana Moldada “in loco”**

Poderá ser utilizado para impermeabilização da laje superior externa de reservatórios uma manta moldada “in loco” de poliuretano, com espessura de 2 mm, atendendo o item que trata de especificação para poliuretano.



## Sistema de Sombreamento

Sobre a impermeabilização das lajes de cobertura dos reservatórios, deve ser executado o sistema de sombreamento, constituído de placas de concreto pré-moldadas apoiadas sobre pilaretes ou placas poliestireno expandido.

### Placas de concreto apoiadas em pilaretes:

As placas de concreto armado pré-moldadas de 60x60x5 cm, devem ser apoiadas em pilaretes de 20x20x15 cm assentados sobre uma camada de argamassa com areia fina. As lajotas e os pilaretes devem ser executados com o mesmo traço do concreto utilizado na execução da estrutura do reservatório, de acordo com detalhamento do projeto estrutural. Havendo divergência entre as dimensões de placas e pilares acima referenciadas com as especificadas nos projetos hidráulicos e ou estruturais prevalecerão primeiramente as do projeto estrutural e depois as dimensões definidas no projeto hidráulico.

Cuidados especiais devem ser tomados na execução das placas e no seu assentamento, evitando frestas excessivas que permitam o acesso de animais e detritos na camada isolante de ar que se formará. As placas de arremate final (encontro de paredes, inspeções, ventilação, etc.) devem ser moldadas com as dimensões requeridas ou cortadas com equipamento específico não sendo permitido placas recortadas com talhadeiras.

Na utilização deste sistema deverá ser executada a proteção mecânica sobre a impermeabilização antes do assentamento dos pilaretes.

### Placas de Poliestireno Expandido - EPS

As placas de poliestireno expandido de espessura mínima 30 mm, tipo 7, devem ser assentadas sobre 100% da superfície impermeabilizada e atender as Normas Brasileiras abaixo relacionadas.

| PROPRIEDADES                                  | NORMAS    |
|---|-----------|
| Densidade                                     | NBR 11949 |
| Condutibilidade Térmica 23,9° C               | NBR 12094 |
| Resistência a compressão em 10% deformação    | NBR 8082  |
| Absorção d'água por submersão                 | NBR 7973  |
| Resistência a Permeabilidade de Vapor de água | NBR 8081  |

Sobre as placas de EPS deverão ser colocadas placas cimentícias produzidas em concreto leve reforçado com fibra de vidro ou placas pré-moldadas em concreto com



dimensões de 45x45x5 cm.

Esta opção dispensa a aplicação de proteção mecânica sobre a manta impermeabilizante e protege a estrutura das variações de temperatura, minimizando as fissuras provocadas pela fadiga estrutural.

### **Proteção de Paredes em Contato com o Solo**

As paredes de Reservatórios de água potável, que estejam em contato com o solo devem ser revestidas com sistema de proteção a infiltração, tipo geocomposto leve e flexível constituído por uma geomanta tridimensional com espessuras de 10 mm.

## **CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO**

O transporte dos corpos de prova e os ensaios a serem realizados para o controle tecnológico do concreto são de responsabilidade da CONTRATADA.

A CONTRATADA deve reservar, próxima da zona de dosagem e mistura, uma área coberta, sem vibrações, e fornecer os equipamentos, pessoal auxiliar e todos os meios necessários para a realização pela empresa responsável pelo controle tecnológico, dos ensaios do concreto e dos seus componentes.

### **DOSAGEM**

A dosagem de Concreto define os quantitativos, em peso e volume, dos materiais constituintes do concreto. Os quantitativos são determinados em função de valores especificados em projeto, requisitos de durabilidade exigidos pela Sanepar, características que levam em conta o tipo de controle adotado na obra, os equipamentos disponíveis, as dimensões das peças, o espaçamento entre ferragens, o tipo de lançamento, descimbramento, etc.

A empresa de tecnologia do concreto, designada pela CONTRATADA, deverá desenvolver o estudo de dosagem devendo ser apresentado à fiscalização o traço final para execução do concreto, quando a central de concreto estiver no local da obra.

## **CONTROLE DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO**

Devem ser considerados tanto para concreto usinado quanto convencional aplicados em obras hidráulicas e obras com estrutura de grande porte.

Considerar 6 (seis) unidades de corpos de prova por caminhão betoneira (6m<sup>3</sup>), sendo 2 (dois) corpos de prova para cada idade de rompimento (3, 7 e 28 dias) a serem quantificados no ítem do MOS 020809- Controle da Resistência do Concreto, onde estão previstos Ensaios de Compressão. Quando solicitado em Projeto ensaios de Módulo de Elasticidade devem ser coletadas mais 2 (duas) unidades de corpos de prova por caminhão betoneira (6m<sup>3</sup>).

Deverão ser calculadas e informadas à Unidade de Orçamentos e Preços da Sanepar, quantas etapas de concretagem ocorrerão na obra, para a mesma poder compor o

preço de visita de técnico de laboratório para moldagem dos corpos de prova, bem como a distância aproximada a ser percorrida entre a cidade onde se situa o laboratório e a obra.

## **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. Será executada com viguetas de concreto e tijolos especiais e recoberta com camada de concreto com espessura definida em projeto.

## **FÔRMA**

A contratada deverá executar e montar as fôrmas obedecendo rigorosamente às especificações do projeto. As fôrmas e o escoramento poderão ser de madeira, metálicos, industrializados 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 fôrma será de responsabilidade da contratada.

O projeto de formas é basicamente executivo e tem como objetivo otimizar a obra em sua qualidade, com a geometria da mesma, adequada, de maneira que os acabamentos não excedam as tolerâncias admitidas. O ideal é uma compatibilização com o projeto estrutural de maneira a se evitar detalhes de muito recortes, o que prejudica a montagem e a qualidade das formas. Deve-se buscar a padronização máxima, para se facilitar à execução e conferência dos trabalhos. Recomenda-se a utilização de chapas de compensados de 18 mm com 13 ou 21 lâminas, plastificada com um filme de 180 g/m<sup>2</sup>. Quando especificado no Edital de Licitação, a contratada deverá apresentar o projeto de formas, a fiscalização acompanhar a execução.

As fôrmas 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 estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

As fôrmas 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 fôrmas 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 fôrmas remontadas contra o concreto endurecido.

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

Exigir também, a colocação de janelas quando a altura de lançamento for superior a 1,5 m.

Os escoramentos e as fôrmas para o concreto devem ser calculados e executados 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 fôrmas, 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 ou preferencialmente com graute.

No momento da concretagem, as superfícies das fôrmas 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 fôrmas a serem concretadas.

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

Na execução de fôrmas 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.

Utilizar formas plastificadas planas de 18 mm nas lajes e paredes em contato com líquido ou gás (Ralf's, UASB's, Filtros, Módulos de tratamento, ETA's, Reservatórios, Poço de Sucção, etc). Para pequenas estruturas utilizar formas resinadas de menor espessura (caixas, blocos, pilares, etc). Para estruturas que exijam formas curvas utilizar somente chapas plastificadas de 10mm, devidamente estruturadas.

Algumas regras para o bom aproveitamento das formas e qualidade da obra:

- **Armazenamento:**

Chapas de 2,50 m devem ser sarrafeadas embaixo, para se evitar contato direto com o solo, com uma distância máxima entre sarrafos de 40 cm. As chapas deverão ser cobertas por lona plástica.

- **Corte:**  
Sempre usar a serra correta em bom estado.
- **Selante:**  
O topo das chapas, após o corte deverá ser selado, empregando tinta selante específica e impermeabilizante. Evitar o uso de tinta óleo, por ser totalmente impermeável e causar a formação de bolhas de vapor.
- **Manuseio:**  
Durante o corte, deve-se evitar batidas no canto das formas, para não prejudicar o selante.
- **Desmoldante;**  
Somente utilizar desmoldante recomendados para tal finalidade. Não utilizar óleos como desmoldante, pois podem prejudicar a aderência da armadura ao concreto.

As fôrmas 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 fôrma. Caso haja necessidade de afrouxamento das fôrmas 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.

As formas devem ser retiradas depois do período de tempo indicado no projeto. Não havendo esta definição, os seguintes prazos podem ser tomados como mínimo para retiradas das formas e do escoramento:

- Escoramento de fecho de arcos: 14 dias;
- Escoramento de vigas, e outras peças submetidas a esforços diretos de flexão: 14 dias;
- Lajes: 21 dias;
- Pilares, formas laterais de vigas: 7 dias;
- Paredes: 7 dias

Todos estes prazos estão condicionados a obtenção da resistência mínima do concreto em 15 Mpa, aferida através de ensaios dos corpos de prova, como também melhorar a cura.

Embora o concreto tenha atingido a resistência a compressão deve ser evitado a desforma antecipada para se evitar a perda de água, que permitirá a entrada de agentes agressivos e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, desprotegendo o aço, bem como propiciará o aparecimento de fissuras que comprometem a estanqueidade do concreto.

O processo de retirada de formas e escoramentos obedecerá ao que segue:

- As formas não podem ser retiradas sem consentimento da FISCALIZAÇÃO;
- Esse consentimento não exime a CONTRATADA da sua responsabilidade pela segurança da obra;

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

As fôrmas deslizantes/trepantes serão utilizadas em locais onde o seu emprego seja viável, ou quando indicado em projeto. Deverão ser observadas as especificações das fôrmas 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 contraentramentos que permitam rapidez e segurança no deslocamento e qualidade final do concreto. Deverão ser perfeitamente esquadriadas(esquadrejadas), sem ondulações e com sistema que permita montagem e desmolde rápido.

## **PASSARELA DE SERVIÇO**

É uma estrutura de madeira com mínimo 1,10 m de largura que será utilizada para circulação de pessoas e equipamentos na execução de fôrmas 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 1,10 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.

O dimensionamento da passarela de serviço deverá estar contemplado no projeto de formas.

## **RAMPA DE ACESSO**

Trata-se de uma estrutura em madeira, com 1,10 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 da passarela. Em função do grau de inclinação deverão ser colocados, sobre o 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.

O dimensionamento da rampa de acesso deverá estar contemplado no projeto de formas.

## **CIMBRAMENTO**

A superfície de apoio do cimbramento deve ser cuidadosamente analisada 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 fôrmas trepantes, quando for o caso.

Durante os serviços de concretagem, 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 ser iniciado decorrido o prazo necessário para se obter a resistência adequada do concreto, definida na NBR 6118 e devidamente comprovada por resultados de corpos de prova. O prazo mínimo é de vinte e um 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.

## **Armadura**

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 das normas 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.

As emendas das barras por traspasse deverão ser executadas de acordo com o projeto estrutural ou 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. 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, pastilhas pré-moldadas 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 necessário, a contratada executará uma passarela de tábuas que oriente a passagem e distribua o peso sobre o fundo das fôrmas, 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 através de aplicação de pintura com nata de cimento devendo ser retiradas quando da concretagem.





A superposição de barras deve atender sempre ao disposto na norma NBR 6118. Os trechos superpostos devem ser amarrados com arame de ferro para armaduras. No caso de barras adjacentes as superposições devem ser convenientemente deslocadas.

### **Cobrimento de Armaduras**

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. Deve-se usar pastilhas pré-fabricadas de argamassa de resistência mínima igual ao do concreto a ser lançado na peça considerada, colocadas em quantidade suficiente para garantir o cobrimento. Não utilizar espaçadores de plástico ou qualquer outro material.

CURITIBA, 04 De abril de 2011.