



Porto de Imbituba
Verificação e Reforço do Cais 3

Santa Catarina/SC

SCP01A-S1R-00-003 – R1

Relatório II – Projeto Básico de Recuperação,
Reforço e Alargamento

Responsável Técnico
Eng. Kalil José Skaf
CREA- Nº 0600335235



Rua Fábria, nº 442 – Térreo/3º Andar
CEP: 05051-030 – São Paulo/SP
Fone: (11) 3862-1236 / Ramal 109
E-mail: egt@egtengenharia.com.br

Nº	Revisões	Visto	Data	Aprovação	Data
1	Incluído alargamento cais	FF	05/02/21	KJS	05/02/21
Ø	Emissão inicial	FF	02/09/20	KJS	02/09/20

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	4
2.0	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	4
3.0	OBJETIVO	4
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	5
5.0	NORMAS DE REFERÊNCIA	5
6.0	PREMISSAS DE PROJETO	7
6.1	GERAIS	7
6.2	AMBIENTAIS	8
6.3	CARREGAMENTOS	8
7.0	ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES – REFORÇO	9
8.0	PARECER TÉCNICO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS	12
9.0	AÇÕES RECONSTITUIDORAS DA INTEGRIDADE DA OBRA	13
9.1	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	13
10.0	ASPECTOS CONDICIONANTES PARA INTERVENÇÃO FUTURA	14
	ANEXO I – CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES – SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO E MELHORIA	16
	LIMPEZA DE SUPERFÍCIES DE CONCRETO	17
	REPAROS SUPERFICIAIS OU SEMI-PROFUNDOS EM CONCRETO	18
	ANCORAGEM DE ARMADURAS	22
	ESPECIFICAÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL PARA O REFORÇO/ALARGAMENTO	24
A.	GENERALIDADES	25
B.	NORMAS	25
C.	CIMENTO	25
D.	AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS	26
E.	ADITIVOS	27

F.	FIBRAS	28
G.	ÁGUA	29
H.	ARMAZENAMENTO	30
I.	DOSAGEM E MISTURA DO CONCRETO	30
J.	CONTROLE TECNOLÓGICO	31
K.	TRANSPORTE	33
L.	PREPARO DA SUPERFÍCIE DO CONCRETO VELHO PREVIAMENTE AO LANÇAMENTO	34
M.	LANÇAMENTO	34
N.	ADENSAMENTO	34
O.	JUNTAS DE CONCRETAGEM	35
P.	CURA E PROTEÇÃO	35
	FORMAS E ESCORAMENTOS	36
Q.	GENERALIDADES	36
R.	CARATERÍSTICAS ESTRUTURAIS	36
S.	PRENEDORES DE FORMA	36
T.	LIMPEZA E APLICAÇÃO DE DESMOLDANTE NAS FORMAS	37
	ARMADURAS PARA CONCRETO ARMADO	37
U.	GENERALIDADES	37
V.	CONTROLE TECNOLÓGICO	37
W.	CORTE E DOBRAMENTO	38
X.	COBRIMENTO DAS ARMADURAS	38
Y.	COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS	38

1.0 INTRODUÇÃO

Este relatório compõe parte dos serviços e estudos dos Projetos Básicos de Recuperação, Reforço Estrutural e Alargamento do Cais 3¹ do Porto de Imbituba / SC.

Além dos trabalhos de Vistoria Técnica, conforme indicados no Relatório Preliminar – Inspeção (SCP01A-S1R-00-001) e no Relatório I – Patologia (SCP01A-S1R-00-002) como parte das ações necessárias à manutenção e à adequação da segurança das obras em concreto, serão incluídos nesse Relatório II o diagnóstico da obra, os reparos e os reforços a serem executados para recuperação das manifestações patológicas, alargamento e aumento da capacidade de carga do Cais, incluído as premissas adotadas de projeto e as especificações para realização dos serviços de recuperação a serem executados.

2.0 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Localização do Cais 3 no Porto de Imbituba / SC (28°13'55.04"S; 48°39'14.25"O)

3.0 OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar as premissas e análise das soluções propostas para o reforço e recuperação da estrutura do Cais 3 e Pier do Porto de Imbituba, considerando o alargamento do Cais e Pier.

São incluídos também as especificações dos serviços de recuperação da estrutura.

¹ Neste documento será denominado como Cais 3 os três trechos do cais efetivamente, incluído o pier como quarto trecho, totalizando 245m de extensão.

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o desenvolvimento do projeto de reforço e recuperação foram utilizados os seguintes documentos como referência, sendo eles produzidos pela contratada ou fornecidos pelo cliente:

- SCP01A-S1R-00-001 – Relatório Preliminar – Inspeção de Junho de 2020 da EGT;
- SCP01A-S1R-00-002-Relatório I –Patologia;
- Relatório Técnico – Sondagens de junho de 2020 da empresa CTG Sondagens;
- Relatório de Ensaios no. 0875/2020 da empresa Bianco Tecnologia do Concreto de Julho de 2020;
- Laudo Técnico contendo Diagnóstico, Diretrizes e Proposta de Solução para a Recuperação Estrutural do Berço 3 do Porto de Imbituba da empresa EACE/BR de Novembro de 2018;
- Documentos originais do projeto;
- Cartas e Atas de reunião do projeto.

5.0 NORMAS DE REFERÊNCIA

- ABNT NBR 6118, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6122, Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 6123, Forças devido ao vento em edificações;
- ABNT NBR 7187, Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento;
- ABNT NBR 7678, Segurança na execução de obras e serviços de construção;
- ABNT NBR 8681, Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 8800, Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT NBR 11240, Utilização de defensas portuárias – Procedimento;
- ABNT NBR 11832, Defensas portuárias de elastômeros – Especificação;
- ABNT NBR 13209, Planejamento portuário – Obras de acostagem – Aspectos náuticos;

- ABNT NBR 13246, Planejamento portuário – Aspectos náuticos – Procedimento;
- ABNT NBR 14931, Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 15696, Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos;
- PIANC 2002, Guidelines for the Design of Fender System;
- NAVFAC MIL-HDBK-1021/1, Piers and Wharves;
- NAVFAC DM 7.2, Foundations and Earth Structures;
- PIANC, Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002;
- PIANC, Approach Channels - A Guide for Design: 1997;
- ACI-301, Specifications for Structural Concrete for Buildings;
- ACI-318, Building Code Requirements for Structural Concrete;
- AISC, Manual of Steel Construction;
- AWS-D1.4, Structural Welding Code Reinforcing Steel;
- EAU, Recommendations of the Committee for Waterfront Structures – 2004;
- BS 6349, Maritime Structures Code;
- OCIMF, Guidelines and Recommendations for the Safe Mooring of Large Ships at Piers and Sea Islands (New Edition Preparation 1994);
- OCIMF, Mooring Equipment Guidelines (1996);
- OCIMF, Design and Construction Specification for Marine Loading Arms (1987);
- OCIMF, Guide on Marine Terminal Fire Protection and Emergency Evacuation (1987);
- OCIMF, Guidelines for Hazard Analysis as an Aid to Management of Safe Operations (1992);
- ASTM A 36, Standard Specification for Carbon Structural Steel;
- API RP-2A ASD Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, Working Stress Design;
- API RP-2A LRFD Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, Load and Resistance Factor Design;
- U.S. Army Shore Protection Manual;

- ROM 0.Recomendaciones Generales;
- ROM 1.Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución de Obras de Abrigo;
- ROM 2.Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución de Obras de Atraque;
- ROM 3.Recomendaciones para el Proyecto y Construcción de Accesos y Áreas de Flotación;
- ROM 4.Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución de Superestructuras;
- MTE NR 6, Equipamento de Proteção Individual;
- MTE NR 18, Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;

6.0 PREMISSAS DE PROJETO

6.1 GERAIS

- Calado do Canal = -13,0 m DHN (cf. projeto original);
- Cota máxima do topo da estrutura: +6,6 m DHN;
- Dados do Navio máximo:

Tabela 1 – Navio máximo do Projeto – Bulk Carrier

Navio	Bulk Carrier
Capacidade (t)	120.000
Massa deslocada M (t)	144.200
Comprimento total LOA (m)	271,00
Comprimento entre perpendiculares - Lbp (m)	258,00
Boca moldada B (m)	41,00
Calado de Projeto D (m)	14,00
Calado Máximo D (m)	15,00

6.2 AMBIENTAIS

Corrente

Os esforços de correntes serão determinados para a velocidade máxima na região, sendo considerada as velocidades de 1,0 m/s na direção longitudinal e 0,5m/s a direção transversal.

Vento

Para as condições de vento, adotou-se uma velocidade de vento de 16,67 m/s para a operação de embarcações no cais e 22 m/s no caso de tormenta.

6.3 CARREGAMENTOS

As novas necessidades de operação do Cais 3 trouxeram alterações nos carregamentos a serem considerados para adimensionamento. Abaixo apresenta-se os carregamentos que sofreram alterações no novo cálculo.

Cargas Permanentes

Peso próprio

- Existente – Por meio do cadastro geométrico realizado e documentação fornecida pelo cliente, considerou-se o layout e condições da estrutura conforme verificada;
- Reforço – as soluções propostas trouxeram aumento das seções, sendo que esse aumento do peso próprio existente já foi considerado, nos modelos numéricos.

Cargas Variáveis

Equipamentos

- Mobile Harbour Crane - Modelo Gottwald tipo HMK 5150;
- Shiploader para trânsito em todo o Cais 3, sendo sua capacidade nominal de 2.500 tf/h e bitola de 10,5 m (entre eixos das vigas longitudinais do cais).

Equipamentos com especificações distintas dessas deverão ser verificados antes de transitarem sobre a estrutura.

Embarcações

Considerando condições ambientais, foram feitos os cálculos para amarração e atracação a partir da embarcação máxima a operar no cais, assim:

- Atracação: 70 tf por defesa, sendo dois níveis de defesa por eixo;
- Amarração: 100 tf.

Sobrecarga

Considerando os carregamentos ocasionados por trânsito de equipamento e até estocagem de carga sobre o cais, admitiu-se uma sobrecarga de 5,0 tf/m² podendo essa ser aplicada em qualquer local do cais.

7.0 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES – REFORÇO

Trechos 1, 2 e 3 do Cais 3:

1. Reconstituição do cobrimento (vigas transversais, longitudinais e blocos de apoio) de forma a prolongar a vida útil da estrutura;
2. Reforço do topo da estaca de forma a reconstituir o cobrimento e minimizar futuras manifestações patológicas;
3. Locação de armadura mínima nos elementos de forma a atender as normas vigentes de concreto;
4. Reforço da armação dos elementos estruturais (vigas transversais, longitudinais e laje), incluído o alargamento, para suporte de novos carregamentos do shiploader e da nova embarcação;
5. Aumento da praça da defesa para substituição da defesa por novos elementos que se adequem às novas embarcações;
6. Relocação de cabeços e defensas marítimas para operação das diferentes embarcações, além de evitar interferência com gabarito horizontal do Shiploader;
7. Execução de nova canaleta de drenagem interligada com canaleta existente no píer para realização da drenagem do cais;
8. Locação de nova laje de ligação entre cais e canaleta de drenagem de forma a complementar a drenagem do cais;
9. Vigas longitudinais de reforço da laje – a operação de novos equipamentos no Cais 3 mostra a necessidade de reforço da laje para a patola e tráfego dos mesmos; assim, foram concebidas vigas embutidas na laje existente para melhorar a distribuição de carga na laje de modo a suprir a deficiência de armadura na direção longitudinal.

Abaixo é apresentada uma figura esquemática das principais intervenções realizadas.

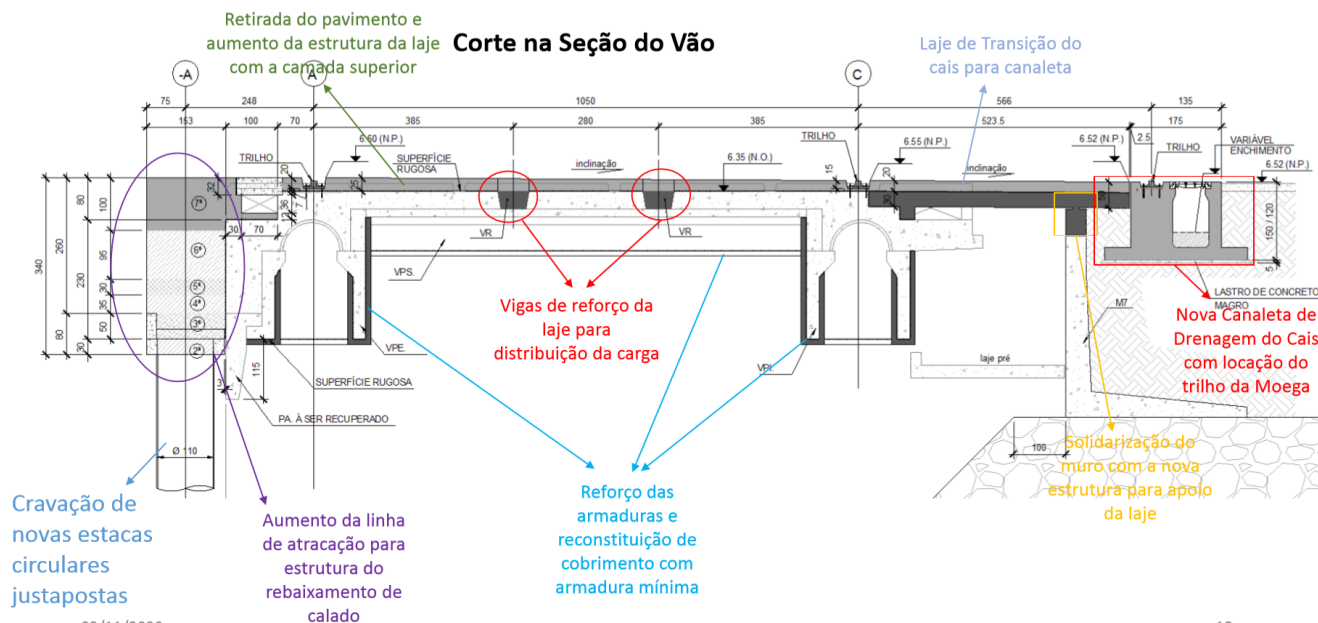


Figura 1 – Croqui de reforço e recuperação do Cais – Seção transversal

Trecho do Píer:

1. Reconstituição do cobrimento (vigas transversais, longitudinais e blocos de apoio) de forma a prolongar a vida útil da estrutura;
2. Reforço do topo da estaca de forma a reconstituir o cobrimento e minimizar patologias;
3. Locação de armadura mínima nos elementos de forma a atender novas normas de concreto;
4. Reforço da armação dos elementos estruturais (vigas transversais, longitudinais e laje), incluído o alargamento, para suporte de novos carregamentos do shiploader e da nova embarcação;
5. Aumento da praça da defesa para substituição da defesa atual por novos elementos que se adequem às novas embarcações;
6. Relocação de cabeços e defensas marítimas para operação das diferentes embarcações, além de evitar interferência com gabarito horizontal do Shiploader;
7. Cravação de novas estacas para reforço das vigas longitudinais do Eixo D e na frente de atracação (trecho do alargamento) – a atual concepção do cais

gera uma alta concentração de rigidez do eixo B devido aos blocos de quatro estacas; então, optou-se por cravar novas estacas no eixo D e junto com as novas estacas do trecho do alargamento, consegue-se reequilibrar a rigidez do cais evitando a alta concentração de esforço no eixo central. Assim, serão cravadas novas estacas de 80 cm de diâmetro no eixo D (dimensão limitada pelas almas das vigas longitudinais) próximo ao centro do vão constituído pelas estacas existentes, além das novas estacas no alargamento;

8. Ligação das novas estacas à superestrutura do píer – concretagem do vão para cravação da estaca com ligação da fundação à superestrutura;
9. Execução de nova viga para Shiploder – a bitola do Shiploder segue a distância entre eixos do cais, assim, no caso do píer, tem-se que o trilho será locado na laje; logo, optou-se por reforços da laje com a execução de uma nova viga para a distribuição dos esforços causados pelo equipamento, assim ajuda na introdução de dente de cisalhamento para compatibilização dos deslocamentos transversais entre cais e pier;
10. Vigas de reforço da laje – a operação de novos equipamentos no Cais 3 mostra a necessidade de reforço da laje para a patola e tráfego dos mesmos; assim, foram concebidas vigas embutidas na laje existente para melhorar a distribuição de carga na laje e aumentar a resistência da estrutura.

Abaixo é apresentada uma figura esquemática das principais intervenções realizadas.

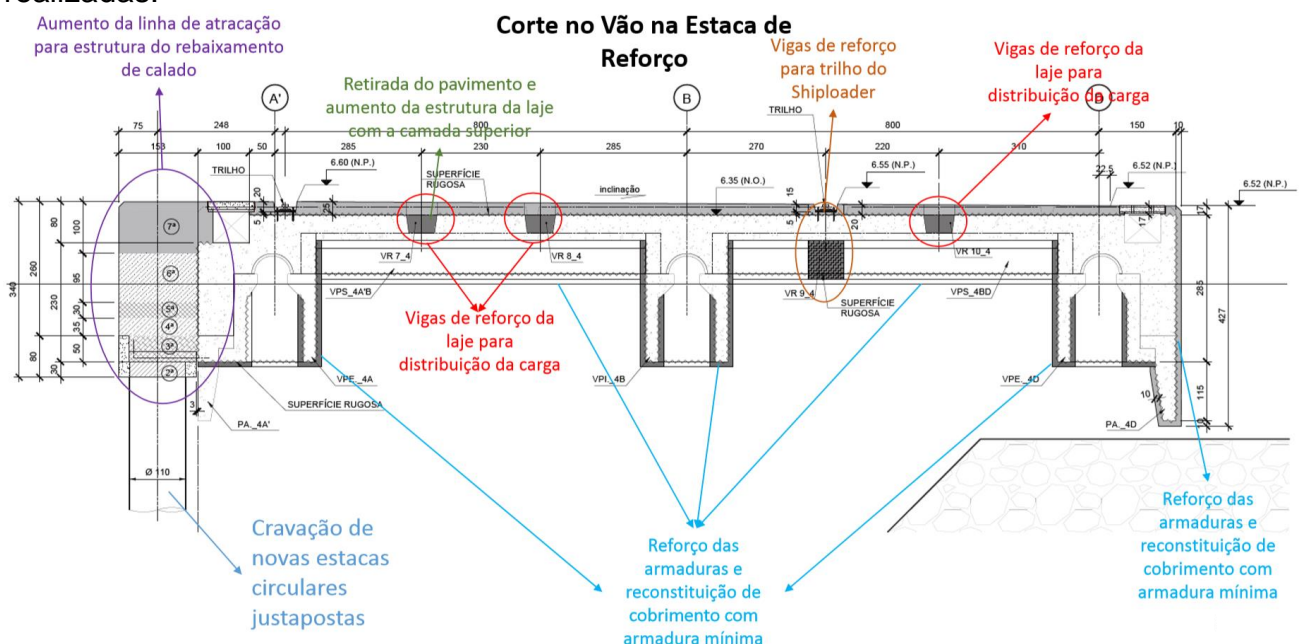


Figura 2 - Croqui de reforço e recuperação do Píer – Seção transversal

Retroárea

- Execução de pavimento rígido com duas alternativas de carga de acordo com a solicitação do cliente:
 - Área com permissão para o MHC patolado;
 - Área de tráfego do equipamentos e do MHC.

8.0 PARECER TÉCNICO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

Conforme descrito no Relatório I, a estrutura do Cais 3 é dividida em dois tipos, o Cais propriamente dito com comprimento de 190m e o Pier com comprimento de 55m, totalizando a extensão de 245m.

De modo geral, o trecho do Cais apresenta um estado de conservação pouco melhor do que o trecho do Pier, sendo este último bastante deteriorado.

A manifestação patológica predominante é a exposição de armaduras em processo de corrosão, sendo que em alguns casos, algumas armaduras encontram-se rompidas pela corrosão. A exposição das armaduras ocorre tanto nos blocos de fundação do Pier, como nas lajes, vigas principais e secundárias de ambas as estruturas, Cais e Pier.

Dentre outras manifestações patológicas observadas, encontram-se a segregação e a disgregação do concreto, regiões com baixo cobrimento e a corrosão das camisas metálicas dos tubulões na região de variação da maré.

Especialmente na face inferior das lajes e vigas, boa parte das armaduras expostas em processo de corrosão, se deve ao baixo cobrimento do concreto e ao ambiente agressivo.

Também foram observados placas da praça da defesa quebradas devido ao impacto de embarcações e infiltrações na região das juntas da estrutura.

Em razão da necessidade de aumento da capacidade de carga da estrutura e já prevendo rebaixamento de calado, foi gerado a necessidade de alargamento do cais com cravação adicional de estacas de contenção e estacas de carga no trecho de alargamento. Essa condição de reforço e alargamento do Cais e do Pier prevê a operação de novos equipamentos bem como a atracação de navios maiores.

De modo geral, somente a face inferior das lajes, da face lado mar das bolachas próximas à linha de atracação, do trecho em arco das vigas principais e das faces laterais das paredes de contenção junto à correia transportadora, não estão contemplados com o reforço, portanto, as manifestações patológicas encontradas nessas regiões deverão ser também recuperadas para melhoria da vida útil da estrutura. A recomendação é que se utilize argamassa polimérica tixotrópica para facilitar a execução, conforme especificado no item “Reparo Superficial em Concreto” no Caderno de Especificações anexo a este relatório.

É importante observar que no momento da execução dos serviços, seja de recuperação ou de reforço/alargamento, todos os trechos da estrutura que apresentam manifestação patológica, conforme levantamento nos desenhos de mapeamento, deverão seguir a especificação de limpeza das armaduras e do concreto e preparação do substrato, antes do lançamento do concreto ou aplicação da argamassa. Nos trechos em que as armaduras encontram-se com corrosão avançada ou rompidas, estas deverão ser cortadas e recompostas com armaduras novas, inclusive nas paredes de contenção na face voltada para a correia transportadora ao longo de todo o comprimento do Cais 3. Atentar que a emenda da armadura nova deverá ser feita com o trecho de armadura sã da existente.

Além do tratamento das armaduras e limpeza do concreto, há especificação para ancoragem das armaduras, montagem de formas, preparação e lançamento do concreto estrutural e cura, descritos nos procedimentos dentro do caderno de especificações para os serviços de recuperação que encontra-se anexo a este relatório.

Para a concretagem nos trechos de reforço e alargamento da estrutura, deve-se utilizar a “Especificação do concreto estrutural para o reforço” anexo a este relatório.

Pode-se estudar no projeto executivo, com intuito de prolongar ainda mais a vida útil do reforço da estrutura, colocar pastilhas com anodos de sacrifício (anodos galvânicos de liga de zinco com encapsulamento de argamassa de pH elevado) embutida nas armaduras novas do concreto de reforço/alargamento para conferir proteção catódica. Desse modo, além do novo cobrimento do concreto e de sua compacidade, a proteção catódica ajuda a elevar a vida útil da obra.

9.0 AÇÕES RECONSTITUIDORAS DA INTEGRIDADE DA OBRA

Abaixo são descritos os procedimentos necessários à manutenção da obra, sob o ponto de vista estrutural e durabilidade para o restabelecimento de suas condições ideais de serviço.

9.1 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

A prescrição das ações terapêuticas e implantações necessárias à solução dos problemas detectados durante a visita baseou-se na avaliação da gravidade, extensão, causas e conseqüências de cada problema, além das necessidades de reforço da estrutura para aumento da capacidade de carga do Cais e Pier, incluindo operação de navios maiores.

As especificações dos serviços de recuperação descritos abaixo fixam os procedimentos executivos, materiais, equipamentos e mão-de-obra e encontram-se no **Caderno Único de Especificações**.

- **Reparo superficial ou semiprofundo em concreto**

- ⇒ Recomendações: regiões com concreto segregado, desagregado ou disgregado com ou sem armaduras corroídas que demandem recomposição superficial com espessura igual ou inferior a 5,0 cm;
- ⇒ Local: face inferior das lajes e das vigas principais no trecho curvo.

- **Especificação do concreto estrutural para o reforço/alargamento**

- ⇒ Recomendações: regiões do reforço estrutural;
- ⇒ Local: blocos de fundação, cabeça dos tubulões, praças da defesa, vigas e lajes.

Para a execução do pavimento e da drenagem, ver projetos específicos.

10.0 ASPECTOS CONDICIONANTES PARA INTERVENÇÃO FUTURA

Nesta etapa do projeto alguns aspectos foram destacados como condicionantes em intervenções futuras, pois possuem grande impacto na concepção do projeto. Abaixo são apresentados esses pontos:

1. Reforço no píer para correia transportadora de carga do Shiploader - Píer pode precisar de reforço adicional dependendo da modulação das colunas da correia transportadora que irá alimentar o Shiploader, contudo a locação dessa correia necessita da especificação do Shiploader e de sua geometria (back reach);
2. Correia transportadora na retroárea e interferências – a locação da nova correia transportadora para carregamento do Shiploader pode gerar interferências com estruturas, utilidades ou outras interferências da região que deverão ser detalhadas no projeto executivo;
3. Novo pátio do MHC para operação no cais – com a operação do Shiploader e a locação da nova correia transportadora de carga paralela ao cais, tem-se que o acesso do MHC ao cais ficaria limitado a cabeceira do cais em função da lança do mesmo e da cota superior da estrutura da correia, assim sendo, deverá ser concebido um novo local para estacionamento do MHC;

4. Levantamento topográfico do cais e píer – as inspeções e documentos recebidos mostram que a estrutura existente possui desvios em relação ao projeto original apresentado, assim, para melhor concepção do projeto e minimização de problemas construtivos, é importante que novos levantamentos topográficos da estrutura devam ser realizados para o mapeamento detalhado de forma a fornecer subsídio suficiente para o projeto executivo;
5. Batimetria e levantamento topográfico na região do berço – tais informações são importantes para detalhamento no projeto executivo e para estudo do método construtivo;
6. Confirmação das embarcações – a confirmação das embarcações máximas e mínimas é imprescindível para a confirmação dos carregamentos no cais (atracação e amarração) obtidos no projeto básico e locação dos cabeços e defensas de modo que se possa atender a todas as embarcações presentes na operação, observando que as embarcações de menor LOA (length over all) poderá exigir relocação das defensas;
7. Embarcação de projeto com dimensões não compatíveis, a estrutura existente do cais não é adequada as embarcações do porte daquela utilizado nesse dimensionamento, dado que a embarcação tem comprimento maior que o cais, tornando complexa sua atracação e amarração; além dessa embarcação possuir calado de 16,0 m quando totalmente carregada, sendo que o canal possui atualmente 12,0 m de profundidade segundo o cliente;
8. Especificação do Shiploader – após definição do Shiploader, as cargas e geometria consideradas devem ser verificadas. São aspectos complementares a serem considerados: placas para macaqueamento, sistema para o “tie down”, locação do “storm pin”, limitador longitudinal nos finais dos trilhos, locação da canaleta para o cabo que é função da posição do desenrolador do cabo e caixa de reversão.

ANEXO I – CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES – SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO E MELHORIA

LIMPEZA DE SUPERFÍCIES DE CONCRETO

Aplicação

Remoção de materiais depositados e impregnados sobre a superfície do concreto, tais como fuligem, manchas, pó, bolores e partículas soltas de concreto.

Mão-de-obra

Pedreiro e servente.

Equipamentos

- Equipamentos de proteção individual (EPI);
- Pressurizador para jato de água **potável** sob pressão com abertura em leque (1750 psi ou 120 bar);
- Lixa grossa de grãos 40 a 60;
- Escova com cerdas rígidas de aço.

Procedimentos

Iniciar a limpeza pelas partes mais profundas, mantendo o bico do jato próximo à superfície do concreto, garantindo a pressão mínima para a remoção de partículas soltas, fuligem e manchas. Realizar movimentos circulares para limpar toda a superfície homoganeamente. Executar o serviço segundo um percurso contínuo ao longo da superfície do concreto, para que cada área seja integralmente limpa antes que se inicie a limpeza da seguinte. Após a limpeza, a superfície do concreto deverá estar isenta de manchas e com a coloração mais homogênea.

Não é recomendada a utilização de substâncias de caráter ácido que possam atacar a superfície do concreto e as armaduras de aço. Contaminações por óleos, combustível ou graxa deverão ser eliminadas com solvente adequado que, posteriormente também deverá ter rigorosamente removido. Incrustações tais como eflorescências e produtos de corrosão aderidos ao concreto geralmente só são removidas por lixamento e escovação em movimentos circulares enérgicos. Ao final de todo o serviço, executar jateamento de água para remoção do pó residual.

REPAROS SUPERFICIAIS OU SEMI-PROFUNDOS EM CONCRETO

Aplicação

Reparos horizontais e verticais superficiais com profundidades até 25 mm ou semi-profundos com profundidades até 50 mm, com ou sem armaduras expostas.

Mão-de-obra

Pedreiro especializado e servente.

Equipamentos

- Equipamentos de proteção individual (EPI);
- Serra circular com disco diamantado (“disco de corte”);
- Martelete rebarbador elétrico de baixo impacto (6 a 11 kg);
- Ponteiro, talhadeira e marreta (2 a 3 kg);
- Escova circular com cerdas rígidas de aço acoplada a furadeira elétrica ou escova com cerdas de aço;
- Misturador mecânico (argamassadeira ou hélice acoplada a furadeira);
- Colher de pedreiro e desempenadeira metálica.

Materiais

Deverá ser empregada argamassa de reparo industrializada tixotrópica com base de cimento modificada com polímeros. Os produtos recomendados são:

- Weber.rep S2 da Weber quartzolit;
- Sikatop 122 Plus da Sika;
- Zentrifix GM2 da MC–Bauchemie;
- Denvertec 700 da Denver.

Escarificação do substrato

O elemento a ser reparado deverá ser limpo conforme especificação **Limpeza de superfícies de concreto** e todos os revestimentos, impermeabilizações e contaminantes deverão ser removidos. O engenheiro ou técnico responsável deverá demarcar com giz de cera ou similar as áreas a serem recuperadas. Como critério geral, definir áreas com formato geométrico (ângulos internos iguais ou maiores que 90°), avançando pelo menos 5 cm para os lados com armaduras e

concreto sãos.

As áreas demarcadas deverão ser delimitadas com disco de corte, executando sulcos de pelo menos 10 mm de profundidade perpendiculares à superfície e evitando-se cortar as armaduras. Retirar o concreto solto ou deteriorado até atingir as armaduras e o concreto sãos, utilizando-se marteleto mecânico (maior eficiência) ou ponteiro, talhadeira e marreta. Avaliar o estado das armaduras e do concreto e aumentar a área de reparo caso se verifique maior extensão dos problemas existentes. A remoção do material deverá dar-se de dentro para fora da área delimitada, evitando-se remover quantidades excessivas e desnecessárias de concreto (grande profundidade) que aumentem o volume de intervenção e possam comprometer a segurança do elemento estrutural. A espessura mínima de escarificação do concreto em toda a área a ser reparada deverá ser igual à profundidade dos sulcos de delimitação (10 mm).

O acabamento do substrato deverá ser feito obrigatoriamente com equipamentos manuais (ponteiro, talhadeira e marreta), removendo saliências e arredondando os cantos vivos. As armaduras existentes deverão ser totalmente expostas, deixando-se uma espessura livre mínima por trás das barras de 2 cm para permitir sua limpeza e envolvimento pelo material de reparo.

Limpeza das armaduras

Caso haja exposição das armaduras, os produtos de corrosão deverão ser removidos por meio de escovação mecânica (escova circular acoplada a furadeira – mais eficiente e eficaz) ou manual (escova com cerdas de aço). Não é necessário atingir a condição de metal branco, porém deve-se limpar rigorosamente toda a superfície das armaduras, **inclusive por trás das barras**.

Se, após a limpeza, for constatada perda de seção transversal das barras maior que 20% (perda de diâmetro de 10%), deve-se reconstituir a seção de armadura com barras adicionais. A bitola e comprimento de transpasse da barra deverão ser definidos pelo engenheiro responsável em conjunto com a fiscalização. Para os casos gerais, não é recomendada emenda de aço por solda.

Preparo do substrato

A superfície previamente escarificada do concreto e as armaduras liberadas e limpas que receberão o material de reparo deverão ser lavadas rigorosamente

com jato de água **potável** sob pressão (mínimo de 1750 psi ou 120 bar) para remoção de todo o pó e partículas soltas residuais. Então, deve-se molhar a superfície por período mínimo de 2 horas por meio de imersão ou aspersão contínua de água. Poucos minutos antes da aplicação do material, interromper o molhamento, removendo o excesso de água com estopa ou pano seco, garantindo a condição de substrato de concreto saturado com a superfície seca (escuro e sem brilho). O material de reparo deve ser aplicado após essa condição.

Preparo do material

Misturar os componentes da argamassa (geralmente bi-componente) conforme recomendações do fabricante em argamassadeira ou balde com auxílio de hélice acoplada a furadeira. O volume a ser preparado de cada vez deverá ser condicionado pela produtividade do serviço de aplicação para evitar desperdício e comprometimento do desempenho do material. Nunca deverá ser misturada quantidade inferior a um conjunto comercial (saco de mistura seca + galão do componente líquido) de argamassa para evitar erros na proporção dos materiais e deterioração do material estocado depois de aberto.

Aplicação

Aplicar a argamassa com as mãos (protegidas com luvas plásticas), em camadas de até 20 mm. Aguardar curto período para a camada anterior ganhar leve capacidade de sustentação e aplicar a camada subsequente na condição **úmido sobre úmido**. O aplicador deverá **pressionar energicamente a argamassa contra o substrato**, empurrando o material com os dedos para preencher os espaços por trás das armaduras e nos cantos. Preencher as cavidades de fora para dentro e de baixo para cima, dando especial atenção aos cantos. As últimas camadas (após cobertura das armaduras) poderão ser aplicadas com colher de pedreiro. A espessura mínima recomendada de cobrimento sobre as armaduras é de **20 mm**. A energia de aplicação e o cuidado para evitar falhas e o aprisionamento de bolhas são os principais fatores condicionantes da aderência ao substrato.

A espessura máxima de cada camada e o tempo para “puxar” (secagem inicial no estado fresco) é função da formulação de cada produto e das condições ambientais (temperatura, umidade e vento). Assim, antes do início dos serviços,

devem-se realizar testes exploratórios para “calibrar” as condições de trabalho.

Acabamento da superfície

O acabamento deverá ser feito com desempenadeira metálica cerca de 20 a 30 minutos após o fechamento da cavidade. A superfície da desempenadeira poderá ser molhada para facilitar o deslizamento, porém a superfície do material de reparo nunca poderá ser molhada diretamente sob pena de facilitar a fissuração superficial.

Cura

A cura deverá ser iniciada imediatamente após a pega do reparo desempenado e mantida por pelo menos 7 dias ininterruptos. Para tanto, a área deverá ser coberta por mantas ou sacos de aniagem umedecidos constantemente para manter um filme de água sobre o reparo e protegê-lo de sol e vento. Caso seja desejável, pode-se substituir o procedimento tradicional por aplicação de pelo menos duas demãos de agente de cura com base de parafina ou borracha clorada. Se posteriormente houver estucamento ou pintura da estrutura, remover mecanicamente o produto de cura para não comprometer a aderência do revestimento.

ANCORAGEM DE ARMADURAS

Mão-de-obra

Pedreiro, servente.

Equipamentos

- Furadeira elétrica dotada de broca de vídea;
- Compressor com filtro de ar para retenção de óleo e mangueira de alta pressão;
- Escova com cerdas de aço;
- Desempenadeira de madeira.

Materiais

Resina com base de poliéster ou epóxi. Produtos recomendados:

- Denver Ancor da Denver;
- Lokset MP da Fosroc;
- SET 45 ou Concreative 228 Poxo da MBT;

Perfuração do concreto

Executar os furos perpendicularmente à superfície do concreto, exceto quando indicado em contrário no projeto de recuperação. Perfurar em trajeto único de ida e volta evitando vibrações excessivas que comprometam a integridade do concreto e alarguem o furo executado. Utilizar broca com diâmetros comercial imediatamente superior ao das barras a serem ancoradas e limitar a profundidade aos valores especificados no projeto.

Limpeza das barras

O trecho da barra a ser ancorada deverá estar limpo e isento de partículas soltas ou produtos de corrosão mal aderidos. Embora não seja necessário atingir a condição de metal branco, deve-se escovar ou lixar manualmente as barras e limpar o pó residual com pano seco e jato de ar comprimido.

Limpeza do furo

Essa operação é FUNDAMENTAL e deverá ser executada e fiscalizada com rigor. Todos os furos que receberão armaduras deverão ser limpos com jato de ar comprimido filtrado de alta pressão de dentro para fora, eliminando todo o pó e

partículas soltas existentes. A extremidade do jato de ar deverá ser dotada de tubo fino ou cano de pequeno diâmetro flexível que possam ser introduzidos no furo. Após a rigorosa remoção do pó do fundo do furo, o tubo deverá ser lentamente removido, permitindo a saída do restante do pó depositado e aderido nas paredes internas. A presença de pó e resíduos causa falhas de aderência.

Preparação do material

NUNCA preparar quantidade inferior a um conjunto comercial (usualmente dois componentes).

Fixação das barras com resina

Empregar resina para ancoragem com base de poliéster ou base epóxi.

Preparar a resina, carregar um aplicador com bico fino ou seringas descartáveis com a resina para permitir o preenchimento dos orifícios com agilidade e sem desperdício. Introduzir todo o bico do aplicador no orifício deixando uma fresta para a saída do ar e preencher de dentro para fora com resina até que o material atinja a superfície do concreto, sem transbordar. Devido à dificuldade de preenchimento completo do orifício e ao grande risco de aprisionamento de bolhas, recomenda-se o preenchimento completo com resina.

Introduzir a barra na orientação do furo, pressionando e girando suavemente para a saída de eventuais bolhas e do excesso de resina. Interromper somente quando o fundo for atingido. Manter as barras imobilizadas até o início do endurecimento da resina. Paralelamente, o servente poderá remover o excesso de resina que transbordou nas laterais dos furos, para permitir a boa aderência do novo concreto ao antigo, sem “sujeiras ou contaminações”.

É conveniente testar previamente o encaixe da barra, especialmente nas dobradas para verificar o alinhamento com o furo e a viabilidade de fixação. Somente então, aplicar a resina e introduzir as barras, aplicando leves golpes com martelo, caso necessário, evitando-se dobrar a barra ou causar danos à sua superfície.

ESPECIFICAÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL PARA O REFORÇO/ALARGAMENTO

Tipos de Concreto

A classe de concreto, resistência de ruptura à compressão e aplicação para a estrutura, dentre as relacionadas a seguir, deverão seguir as indicações do projeto.

A. Concreto C 40

- Destinado ao reforço das vigas e lajes do Cais 3, junto à retroárea;
- Consumo mínimo de material cimentício: 450 kg/m³ de concreto;
- Relação água/material cimentício $\leq 0,40$;
- Resistência característica à compressão: $f_{ck} \geq 40$ MPa;
- A dimensão máxima característica do agregado graúdo não deverá ultrapassar 25mm;
- Utilizar pozolanas como a sílica ativa e o metacaulim em teores entre 5% e 8%. Sua utilização colabora para o aumento da durabilidade do concreto armado e aderência ao substrato, mas torna o concreto mais susceptível à retração plástica e por secagem devido à sua elevada finura. Assim, recomenda-se que o período mínimo de cura de 14 (catorze) dias seja rigorosamente controlado evitando que a superfície da estrutura fique seca mesmo em dias de forte insolação. Além disso, está previsto o uso de uma armadura de controle de retração.

B. Concreto C 40 reforçado com fibras

- Deve atender a todas as características especificadas para a matriz de concreto C40.
- Tipo de fibra a ser utilizada AI (NBR 15530:07)
- Consumo mínimo de fibras: 20 kg/m³ de concreto
- Fator de tenacidade (JSCE-SF4, 1984) $\geq 3,0$ MPa
- Resistência característica à tração na flexão: $f_{ctk} \geq 4,4$ MPa

Composição do Concreto

A. Generalidades

O concreto será composto de cimento Portland, sílica ativa, água, aditivos, agregados graúdos e miúdos conforme indicações do projeto, nestas especificações e/ou aprovação da fiscalização. O concreto a ser empregado na estrutura será definido nos desenhos de projeto através de sua resistência característica (fck).

B. Normas

A execução dos reforços estruturais, bem como o material aplicado e o seu manuseio, deverão obedecer às Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em suas edições mais recentes, conforme descrito anteriormente.

C. Cimento

O cimento Portland deverá satisfazer às exigências das normas NBR 5735, NBR 5736 e NBR 5737 da ABNT e, onde estas forem omissas, às prescrições da ASTM-C 150/76.

Por se tratar de estruturas que se encontram em contato com ambientes potencialmente agressivos, deverá ser empregado de modo obrigatório cimentos resistentes a sulfatos. Também poderão ser utilizados o cimento Portland de alto-forno CPIII, ou o pozolânico CPIV de classes 32 ou 40, contanto que atendam aos requisitos dos cimentos resistentes a sulfatos.

Havendo interesse na utilização de outro tipo de cimento, este interesse deverá ser manifestado à fiscalização que juntamente com a projetista analisará o pedido e emitirá parecer específico.

A estocagem e o armazenamento deverão ser feitos de modo a possibilitar, facilmente, a verificação da procedência, do tipo de cimento e data da entrega, bem como a eventual separação dos diversos lotes.

O armazenamento deverá ser feito de modo a proporcionar proteção contra umidade e intempéries.

Quando o cimento for entregue em sacos, o armazenamento será efetuado sobre um estrado de madeira, não sendo permitidas pilhas com mais de 10 sacos, em um depósito com localização e condições adequadas de acesso, trabalho, conservação, e de modo a ser usado na ordem em que foi entregue.

Qualquer cimento que demonstrar sinais de deterioração durante o período de estocagem, será inspecionado, testado e, se for necessário, eliminado. Também o cimento que se apresentar inadequado quando de sua utilização, mesmo com o certificado de teste do Fabricante, deverá ser repostado.

No caso de se prever o abastecimento a granel, a fiscalização receberá projeto completo do sistema de transporte e armazenamento para aprovação prévia. Quando das remessas, um certificado indicando o tipo, a marca do cimento, e o peso do carregamento será fornecido à fiscalização. De acordo com critérios pré-estabelecidos pela mesma, deverão ser realizados os ensaios de análise química, de finura, de expansibilidade e resistência a compressão do cimento recebido. O cimento utilizado deverá atender às exigências da NBR 12654/92.

Os silos deverão ser periodicamente inspecionados, com a finalidade de se verificar a eventual formação de crostas aderidas às paredes, que venham a prejudicar o funcionamento do sistema de abastecimento da central.

As amostras para ensaio do cimento deverão ser colhidas de acordo com a NBR 5741.

Cimento de pega rápida só será usado com prévia autorização, por escrito, da fiscalização.

D. Agregados Graúdos e Miúdos

O agregado graúdo deverá obedecer a NBR 7211 da ABNT e ser constituído de pedregulho natural ou pedra britada de rochas estáveis, resistentes, não porosas, duráveis, inertes e atendendo aos limites de contaminação por argila, materiais pulverulentos e matéria orgânica, verificados pelas normas NBR 7218, NBR 7219 e NBR 7220, respectivamente; a amostragem deverá obedecer a NBR 7216. Os ensaios do agregado miúdo para determinação da granulometria, deverão ser executados de acordo com a NBR 7217.

Recomenda-se a verificação do potencial de reatividade do agregado graúdo (reação álcali-agregado) para o credenciamento do fornecedor.

O agregado graúdo não deverá ter partículas delgadas planas ou alongadas, cuja dimensão máxima seja superior a 5 vezes a sua dimensão mínima.

O diâmetro máximo do agregado graúdo não deverá ser maior que 1/5 da menor dimensão da peça concretada, ou 3/4 de uma vez do espaçamento entre as barras das armaduras. A amostragem deverá obedecer às análises granulométricas da NBR 7217.

O agregado graúdo deverá ser estocado em pilhas, de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar segregação, mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos, devendo ser possibilitada a drenagem livre do excesso de água através de sistema de drenagem aprovado pela fiscalização.

O agregado miúdo será constituído por areia natural quartzosa ou artificial, obtida do britamento de rochas estáveis, resistentes, não porosas, quimicamente inativas, duráveis, sem quantidades nocivas de impurezas, devendo atender à NBR 7211; deverá ser praticamente isenta de substâncias orgânicas e sais que possam provocar a expansão do concreto.

O agregado miúdo deverá ser estocado e conservado, de modo que seja evitada a introdução de materiais estranhos no concreto por seu intermédio.

As pilhas de agregado miúdo deverão ser dispostas de maneira que assegurem um período de 24 horas de drenagem, antes do uso, devendo esse material chegar às instalações de preparo do concreto com umidade uniforme e estável, nunca superior a 6%.

Nenhum equipamento que tenha lama, óleo nas esteiras ou pneus deverá ser operado nas pilhas de estocagem e nem subir nas mesmas.

O transporte, a carga e a descarga de agregados deverão ser feitos de modo a não alterar suas características.

A descarga de agregado nas pilhas deverá ser feita de maneira tal que não haja segregação e formação de granulometrias diferentes conforme a altura da pilha.

Deverá haver estoque suficiente de agregados ao iniciar uma concretagem, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e a complementação de qualquer camada ou lance de concreto iniciado.

Os agregados deverão ser caracterizados periodicamente pela determinação da massa específica da sua granulometria e da sua pureza pelos métodos já referidos.

E. Aditivos

Generalidades

Visando o atendimento da relação água/cimento máxima e da garantia das condições de trabalhabilidade, menor retração hidráulica e maior impermeabilidade, poderão ser aplicados, a critério da fiscalização, aditivos super-plastificantes, conforme sejam necessários para atender a funcionalidade da estrutura e das condições de execução. Deve-se levar em conta a verificação experimental da perda de abatimento do concreto a ser utilizado na obra, medida esta realizada conforme a NBR- 10344.

Não poderão ser utilizados aditivos que contenham cloretos com teor acima de 0,1%.

Não é permitida a redosagem de aditivos plastificantes à base de naftaleno sulfonado de modo a ultrapassar o teor máximo recomendado pelo fabricante. Caso o concreto venha a perder abatimento, ou exigir um teor muito grande deste tipo de aditivo o mesmo deve ser recusado.

Os aditivos deverão atender às exigências da NBR-11768 e serem fornecidos na forma líquida.

A porcentagem do aditivo deverá ser fixada conforme recomendação do Fabricante, aprovada pela fiscalização, levando-se em consideração as temperaturas do ambiente e de lançamento do concreto e que o tipo de cimento utilizado.

Armazenamento

Os aditivos deverão ficar abrigados das intempéries, umidade e calor. O armazenamento deverá possibilitar o uso do aditivo em ordem cronológica de recebimento na obra, a fácil distinção entre os tipos, para se evitar troca involuntária.

Sílica Ativa e Metacaulim

A sílica ativa (microsílica) ou o metacaulim deverão ser utilizados como adição nos concretos C40 ou C40 com fibras, indicados nesta especificação, deverão atender às exigências que se encontram estabelecidas nas normas NBR 13956 e NBR 15894-1 da ABNT, conforme o caso específico. O teor de adição será definido através de estudo de dosagem, porém deverá estar compreendido entre 5% e 8%, calculado como substituição à massa de cimento consumida no concreto.

Propriedades	Exigência
Finura por peneiramento na malha 45 micra	≤ 10 %
Teor de sólidos na lama da sílica ativa	± 2,0%
Umidade (2)	≤ 3,0 %
Perda ao fogo	≤ 6,0 %
Teor de Dióxido de Silício	≥ 85 %
Teor de Equivalente Alcalino expresso em Na ₂ O	≤ 1,5 %
Área específica (BET)	15 a 30 m ² / g

Observações:

1- Tolerância admissível em relação ao valor nominal declarado pelo fabricante/ fornecedor;

- 2- Não se aplica para sílica ativa fornecida em forma de lama
- 3- Ensaio facultativo determinado de acordo com a ASTM C-1069

Inspeção Preliminar de Recebimento

Na recepção da sílica ativa ou metacaulim no canteiro de obras, será verificada se a designação do produto é compatível com o conteúdo do pedido de compras. Estes produtos poderão ser entregues em sacos, tambores, containers ou a granel.

Armazenamento

Quando o recebimento for em sacos estes deverão ser armazenados em locais bem secos, protegidos, e depositados sobre estrados de madeira, de modo semelhante ao cimento.

A estocagem deverá ser feita de modo a possibilitar, facilmente, a verificação da procedência e a identificação de cada lote. O empilhamento máximo deverá ser de 20 sacos para a sílica ativa densificada e de 25 sacos para a sílica ativa não densificada.

Controle da Qualidade

O controle da qualidade da sílica ativa será feito através de inspeções nos depósitos e por ensaios executados conforme a norma NBR 13957 da ABNT.

O controle da qualidade do metacaulim será feito através de inspeções nos depósitos e por ensaios executados conforme as normas NBR 15894-2 e NBR 15894-3 da ABNT.

Será considerada como lote a quantidade máxima de 15 toneladas, proveniente de um mesmo fornecedor e de uma mesma “corrida” de produção.

Critérios de Aceitação ou Rejeição do Lote

Os resultados dos ensaios deverão satisfazer às exigências contidas na norma específica e estabelecidos no estudo de dosagem.

Em caso de não atendimento, o exemplar reservado para contraprova será ensaiado, e os resultados deverão atender ao especificado. O não atendimento implicará na rejeição do lote.

F. Fibras

A fibra deverá ser utilizada no reforço do concreto da laje da obra do cais como reforço ao concreto e deverá atender às exigências estabelecidas na Norma NBR 15957 da ABNT para o tipo AI (fio de aço trefilado com ancoragem em gancho). Esta fibra deverá ter comprimento igual ou superior ao dobro da diâmetro máximo do agregado graúdo. O consumo de fibras será definido através de estudo de dosagem específico de modo a atender o requisito de fator de tenacidade médio superior a 3,0 MPa, determinado segundo a norma JSCE-SF4. No caso de não realização de estudo de dosagem, o consumo mínimo de fibras a ser adotado é de 30 kg/m³.

Inspeção Preliminar de Recebimento

Na recepção da fibra no canteiro de obras, será verificada se a designação do produto é compatível com o conteúdo do pedido de compras.

Estes produtos poderão ser entregues em sacos, caixas, ou “bags”.

Armazenamento

As fibras deverão ser armazenados em locais bem secos, protegidos, e depositados sobre estrados de madeira, de modo semelhante ao cimento.

A estocagem deverá ser feita de modo a possibilitar, facilmente, a verificação da procedência e a identificação de cada lote.

Controle da Qualidade

O controle da qualidade da fibra será feito através do procedimento estabelecido pela norma NBR 15957.

Crítérios de Aceitação ou Rejeição do Lote

Os resultados dos ensaios deverão satisfazer às exigências contidas na norma NBR 15957.

Em caso de não atendimento, o exemplar reservado para contraprova será ensaiado, e os resultados deverão atender ao especificado. O não atendimento implicará na rejeição do lote.

G. Água

A água para lavagem de agregados e para preparação e cura do concreto deverá ser limpa e livre de óleo, sais, álcalis e qualquer matéria orgânica ou danosa.

A água de amassamento do concreto deverá atender às prescrições da NBR-11560, resumidas na tabela a seguir, e ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas (óleos, ácidos, sais, matéria orgânica e outras que possam interferir com as reações de hidratação do cimento) e afetar o bom adensamento, cura, aspecto (coloração) final do concreto, ou mesmo as resistências dos concretos que vierem a ser preparados.

Resumo das Exigências de Qualidade da Água de Amassamento e Cura do Concreto

Exigências	Limites máximos
PH	6 a 8
Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)	5mg/l
Sólidos totais	4000 mg/l
Sulfatos (expressos em íons SO ₄)	300 mg/l
Cloretos (expressos em íons Cl)	250 mg/l

Açúcar	Ausente (pelo teste alfanaftol)
Teor máximo de CO2 agressivo	< 20 mg/l

Em caso de dúvida quanto à água a ser utilizada, a fiscalização poderá exigir a realização, além de análises químicas, do ensaio de qualidade. Este deverá ser um ensaio comparativo de resistência à compressão de corpos de prova, com o mesmo traço, moldado com água potável. Não deverá haver diferença de resistência superior a 5%. Esta diferença deverá ser avaliada comparando-se a média obtida a partir de três exemplares (seis corpos-de-prova) moldados com cada uma das águas (potável e aquela que está sendo avaliada).

H. Armazenamento

O armazenamento de todos os componentes necessários à preparação dos concretos deverá estar em condições adequadas.

I. Dosagem e Mistura do Concreto

Deverá ser providenciado o estudo de dosagem para cada tipo de concreto a ser utilizado na construção da obra, objetivando a determinação de traços que atendam simultaneamente as exigências de trabalhabilidade e resistência característica.

O concreto ou graute deverá ser misturado até ficar com aparência uniforme e homogênea, com todos os componentes igualmente distribuídos.

A seqüência de introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra com o propósito de se obter a máxima eficiência. A introdução da fibra deverá ser feita em conjunto com os agregados. Deve-se realizar o lançamento do conteúdo dos sacos ou caixas de maneira progressiva de modo a se evitar o embolamento do material. No caso ser observada a formação de ouriços, mesmo com a adição cuidadosa da fibra, recomenda-se a adoção de uma fibra colada em pentes disponibilizada no mercado. Também é recomendável a utilização de dosadores contínuos automatizados. Para garantia da homogeneização da fibra, é necessário aumentar o tempo de mistura em, no mínimo, 60 segundos por metro cúbico de concreto que está sendo misturado.

A betoneira não deverá ser sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante e deverá ser operada na velocidade indicada na placa com as características da máquina. A temperatura do cimento não deverá ser superior a 60°C.

Não deverá ser tolerado a adição de quantidades incorretas de água de mistura, acima dos limites especificados pela norma, dados os prejuízos que isto acarreta para a qualidade do concreto.

Em circunstâncias adversas, tais como, entrega irregular, trajetos muito longos, lançamentos pequenos e lentos, temperaturas elevadas etc., as dificuldades para se manter em certo grau de uniformidade são muito maiores, e exigirão correspondente empenho para resolvê-las.

Ao se utilizar caminhões betoneiras, deverão ser tomadas precauções a fim de se garantir a uniformidade do concreto em todas as betonadas, entre elas:

- a. Em dias de calor, a temperatura do concreto deverá ser mantida, sempre que possível, entre 21 e 27°C. Isto poderá ser conseguindo pelos seguintes meios:
 - a.1) Utilização de água fria ou gelo na mistura;
 - a.2) Manutenção dos materiais à temperatura mais baixa possível, por meio de coberturas ou molhando-se as pilhas de agregados para provocar o resfriamento por evaporação. Nesse caso, conferir o teor de umidade dos agregados;
 - a.3) Eliminação do uso de cimento quente.
- b. A central de concreto deverá ser equipada com um bom medidor de água entre o tanque o misturador. O medidor deverá ter mostradores e totalizador;
- c. A água adicional não deverá exceder a quantidade necessária para obter relação água-cimento preestabelecida, a fim de se obter o abatimento de tronco de cone adequado;
- d. Aferir periodicamente as balanças através de “peso padrão”, ou quando a fiscalização assim o determinar.
- e. Deve-se proceder ao controle de umidade dos agregados, principalmente do agregado miúdo, e da realização da correção da quantidade de água para cada caminhão;

No caso de se contratar o fornecimento de concretos pré-misturados, o eventual fornecedor destes concretos estará sujeito a todas as exigências desta Especificação.

J. Controle Tecnológico

Critério Geral

O controle tecnológico da produção dos concretos, que se estenderá a todas as fases, desde a qualificação dos materiais, mistura e amassamento dos concretos, ao seu transporte, lançamento e cura, deverá ser realizado de conformidade com a NBR 12655, submetendo todos os resultados à apreciação da fiscalização.

Os seguintes ensaios deverão ser realizados para cada 20m³ de concreto produzido na outra ou para cada caminhão de concreto a ser entregue na obra:

Consistência do Concreto

Os concretos de consistência plástica deverão ser submetidos a ensaios de abatimento (estático) do tronco de cone. Deverá ser empregado o “Método para Ensaio de Abatimento (Slump test) do concreto de cimento Portland” ASTM - C 143-

66, ou “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone” NBR 7223/92 da ABNT.

Resistência à Compressão

No controle da resistência à compressão deve-se realizar o controle total quando do fornecimento por caminhão betoneira. Neste caso, deve-se tomar todos os cuidados para que seja possível a perfeita rastreabilidade de cada um dos caminhões. No caso de não conformidade pelo controle total, deve-se verificar onde o caminhão relativo ao f_1 foi utilizado e atribuir inicialmente ao projetista a avaliação da necessidade de rejeição ou não do lote ou pela intervenção localizada (no local de lançamento do concreto relativo à f_1). No caso de utilização de betoneira estacionária deve-se realizar o controle parcial, conforme o especificado pela norma NBR12655.

A moldagem, cura e ensaio de ruptura dos corpos de prova deverão obedecer às normas NBR 5738 e NBR 5739.

Em caso de dúvidas sobre as características mecânicas far-se-ão ensaios especiais do concreto, conforme critério do item 16.2.2 da NBR 6118, ficando a aceitação da estrutura condicionada ao que estabelece o item 16 da mesma NBR 6118.

Os seguintes ensaios deverão ser realizados para cada 20 m³ de concreto C40 reforçado com fibras:

Fator de tenacidade

A determinação do fator de tenacidade será realizada em, no mínimo, quatro corpos-de-prova prismáticos (15cm x 15cm x 50cm), podendo-se desprezar um dos valores no cálculo da média no caso da ruptura do mesmo ocorrer fora do terço central. O ensaio deverá ser realizado segundo o procedimento definido na norma JSCE-SF4, em corpos-de-prova moldados segundo a norma JSCE-SF2.

Teor de fibra

Somente no caso de adoção do teor mínimo de fibras de 30 kg/m³, deverão ser realizados os ensaios de determinação do teor de fibras incorporado ao concreto segundo a norma JSCE-SF7. Não deverão ser aceitos resultados com valores inferiores ao especificado.

Deverão ser facilitadas as tarefas da fiscalização prestando os esclarecimento necessário à formação de juízo quanto à quantidade e procedência dos materiais, tempos e métodos construtivos, quantidades utilizadas e outros dados correlatos. Da mesma forma, acolher as indicações particulares feitas pela fiscalização no curso dos trabalhos construtivos, sejam as indicações de soluções de boa técnica, recomendáveis para utilização ao longo da construção em condições não explícitas, quanto as não previstas na presente especificação.

No caso do concreto ser fornecido por empresa especializada, qualquer entrega na obra deverá ser acompanhada de um certificado da fonte produtora, contendo: atestado da dosagem, hora de saída da central, quantidade de mistura, etc.

Com o resultado dos ensaios proceder-se-á a determinação do coeficiente de variação do concreto no canteiro de serviço.

K. Transporte

A condição principal imposta ao sistema de transporte é a de manter a homogeneidade do material sem alteração significativa das suas propriedades, entre elas a relação água-cimento, o “slump”, o ar incorporado. Para isso o concreto ou grante deverá ser transportado da betoneira ao local de aplicação com a máxima rapidez possível, empregando-se métodos que evitem segregação e perda dos ingredientes, especialmente de água ou nata de cimento.

Qualquer que seja o equipamento adotado, a fiscalização deverá aprová-lo previamente. No caso de se empregar bombas para o transporte de concreto, deverão ser tomados os seguintes cuidados:

- a. O agregado miúdo deverá conter 15 a 20% de material passando na peneira 0,2 mm e 3% na peneira 0,15 mm;
- b. O diâmetro máximo do agregado deverá ser sempre menor do que um terço do diâmetro do tubo;
- c. Deverá ser evitado o bombamento do concreto com fibras. No caso de isto ser inevitável, o comprimento máximo da fibra deverá ser sempre menor do que a metade do diâmetro do tubo;
- d. O consumo mínimo de material cimentício deverá ser 450 kg/m³ de concreto;
- e. O abatimento do concreto (“slump”) deverá estar compreendido entre 6 e 16 cm, dependendo do tipo de bomba a ser utilizada e a distância do transporte.

Quando forem utilizados caminhões betoneira para transporte de concreto da central até o local das obras, deverá ser verificado periodicamente o desempenho dos mesmos, para determinar a adequação do equipamento e dos métodos aprovados e o número de rotações necessárias ao processo de mistura, sem que ocorram excessos. Inspeções em seu interior devem também ser executadas, a fim de ser verificado o desgaste das hélices ou a existência de concreto residual.

Ocorre freqüentemente uma considerável perda de “slump” em concretos transportados por caminhões betoneira, especialmente em dias com temperaturas elevadas. Esta perda deverá ser reduzida ao mínimo limitando-se a velocidade em 20 rotações por minuto, e mantendo-se na usina, o “slump” máximo especificado no traço, de modo que sua perda até o local do lançamento fique dentro da faixa admissível.

Em dias extremamente quentes (temperatura superiores a 35°C) as operações de mistura e lançamento poderão ser executadas à noite, desde que previamente aprovados pela fiscalização.

Todos os caminhões betoneira deverão ser equipados com contador de rotações.

Deverão ser observadas as prescrições contidas no item 13.1 da NBR 6118.

L. Preparo da superfície do concreto velho previamente ao lançamento

Deve-se providenciar equipamentos necessários para a realização do apicoamento da superfície do concreto velho de modo a expor os agregados.

Após o apicoamento, deverá ser realizado o jateamento da superfície com água para remoção de qualquer elemento solto da superfície.

O concreto deve estar na condição saturada com superfície seca para o lançamento do concreto. Recomenda-se a observação rigorosa da ausência de água livre nas superfícies horizontais do concreto velho previamente ao lançamento do concreto.

M. Lançamento

Providenciar equipamentos capazes de lançar adequadamente qualquer concreto ou graute especificado, de forma tal que:

a) O graute para o reforço dos pilares deve ser lançado por tremonha de modo a forçar a expulsão da água do mar no que esteja dentro da forma. A sua consistência deve ser tal que permita o seu lançamento sem a ocorrência de perda de finos por lavagem, ou seja, deve-se utilizar grautes com aditivos retentores de finos apropriado para a condição de lançamento submerso.

b) No caso do concreto convencional o lançamento deve ser planejado de modo a possibilitar que o material seja lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva;

c) Evitem a segregação dos agregados graúdos na massa de concreto ou graute. Para isso é interessante realizar um lançamento piloto com posterior remoção da forma para verificação da homogeneidade do material que recobriu a superfície do pilar;

d) Evitem queda vertical maior do que 1,5 m. Quando a altura de lançamento for maior que 1,5m, medidas especiais deverão ser tomadas para evitar segregação, tais como: abertura de janelas nas formas para diminuir a altura de lançamento e facilitar o adensamento, colocação de trombas de chapa ou lona no interior das formas, emprego de concreto mais plástico e rico em cimento.

O concreto ou graute deverá ser lançado antes de decorridos 30 minutos de seu amassamento.

Cada camada deverá ser lançada e adensada, antes que a camada precedente tenha iniciado a pega, afim de se evitar descontinuidade entre elas.

Nos locais de lançamento deverão ser previstos recursos de proteção do concreto contra chuvas repentinas.

Deverão ser observadas as prescrições contidas no item 13.2 da NBR 6118.

N. Adensamento

A consistência de lançamento do graute ao redor dos pilares deverá ser tal que garanta o perfeito adensamento do material sem a utilização de vibradores.

O concreto deverá ser bem adensado através de processos que provoquem a saída de ar, facilitem o arranjo interno dos agregados e melhorem o contato com as formas e armaduras. O adensamento do concreto deverá ser feito mecanicamente, por meio de vibradores, dimensionados em número suficiente para assegurar o adensamento satisfatório de todo o concreto lançado. O tubo vibratório deverá penetrar de 2 a 5 cm na camada anterior, que deverá encontrar-se em estado plástico, operando em cada lance do concreto em posição próxima da vertical.

A manipulação do vibrador deve ser feita por profissional capacitado, ou seja, um vibradorista que domine as operações básicas do equipamento, como imersão vertical em maior velocidade, remoção lenta e gradual do vibrador, evitar encostar o vibrador na armadura e fôrmas, evitar deitar o vibrador sobre a superfície do concreto não adensado, etc

No caso do concreto C40 reforçado com fibras deverão ser utilizadas régua vibratórias para seu adensamento. O uso de vibradores de imersão é totalmente inadequado para o concreto reforçado com fibras.

Qualquer tipo de vibrador a ser utilizado deverá ser previamente aprovado pela fiscalização. Os vibradores de imersão deverão ter frequência igual ou superior a 7000 Hertz.

Deverão ser evitadas vibrações excessivas, que possam causar segregação e exsudação.

As operações de manipulação do concreto junto às superfícies horizontais das camadas deverão ser as mínimas necessárias para produzir, não só o adensamento requerido, como também uma superfície rugosa que permita sua aderência à camada superposta.

Deverá ser evitada a vibração das armaduras para que não se formem vazios ao seu redor e não sejam deslocadas da posição prevista em projeto.

O. Juntas de Concretagem

Não são admitidas juntas frias na estrutura de reforço.

P. Cura e Proteção

Deve-se proceder a cura e proteção das superfícies de concreto, desde o término de cada lançamento, e providenciará todos os meios necessários para o correto endurecimento dos concretos.

Todas as superfícies de concreto expostas ao ar livre deverão ser mantidas continuamente úmidas durante 14 dias após o lançamento do concreto.

Nos casos em que as superfícies são protegidas pelas formas, o concreto deverá ser curado, por umedecimento, durante pelo menos 7 dias *após a desforma*.

Na cura do concreto, para evitar secagem prematura, devem-se proteger as superfícies com sacos de aniagem encharcados ou com lâminas de água (espelho de água ± 5 cm) mantidas sob confinamento provisório.

Nos lugares onde não for possível cobrir o concreto com areia, terra, serragem molhada ou material semelhante, as superfícies de concreto deverão ser permanentemente irrigadas.

A água usada na cura deverá ser limpa e livre de elementos que possam prejudicar, manchar ou descolorir o concreto. Não se pode utilizar água do mar para esta finalidade.

As formas de madeira deverão ser molhadas freqüentemente, para impedir a abertura de juntas e a evaporação da madeira.

Quando as formas forem metálicas, especial atenção deverá ser dada à vedação das juntas.

Os prazos para retirada das formas deverão, obrigatoriamente, ser os da NBR 6118.

FORMAS E ESCORAMENTOS

Q. Generalidades

As formas deverão ser executadas em madeira ou chapas metálicas, ou ainda, ser estruturadas com perfis metálicos e complementadas com chapas de madeira compensada ou PVC rígido, seguindo as indicações detalhadas dos desenhos de projeto. Deverão ser estanques, lisas, solidamente estruturadas e apoiadas, devendo sua liberação, para as concretagens, ser precedida de aprovação pela fiscalização.

Os materiais usados, em contato com o concreto, deverão ter as superfícies tratadas com desmoldante para facilitar a desforma e produzir a superfície de concreto especificada, e não deverão deixar manchas no concreto aparente. Os agentes desmoldantes deverão ser aprovados pela fiscalização. É proibido o uso de óleos queimados.

R. Características Estruturais

As formas deverão ser projetadas e construídas, com materiais apropriados e aprovados pela fiscalização, devendo ser usadas onde sejam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo nas linhas, dimensões e juntas exigidas. As fôrmas deverão apresentar resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto e deverão ser mantidas rigidamente em posição. As formas deverão ser suficientemente estanques para impedir a perda de pasta ou de argamassa do concreto. Qualquer vedação que seja necessária deverá ser feita com materiais aprovados pela fiscalização.

A fixação das fôrmas deverá ser efetuada por dispositivos que evitem furos passantes nas paredes, e que não exponham segmentos metálicos na superfície do concreto, cabendo à fiscalização a aprovação do sistema.

As formas remontadas deverão sobrepor o concreto endurecido do lance anteriormente colocado em não menos de 10 cm, e deverão ser fixadas com firmeza contra o concreto endurecido, de maneira que, quando a colocação do concreto for reiniciada, as formas não alargarão e não permitirão desvios de pasta nas juntas de construção. Serão usados, se necessários, parafusos ou prendedores de forma adicional para manter firmes as formas remontadas contra o concreto endurecido. As formas para elementos pré-moldados deverão ser construídas de maneira a manter as tolerâncias dimensionais permitidas.

Deverão ser feitas aberturas nas formas, onde necessário, para facilitar a inspeção, limpeza e adensamento do concreto.

S. Prendedores de Forma

As barras metálicas de fixação das formas deverão ficar embutidas no concreto e afastadas da face pelo menos com o mesmo cobrimento da armadura, ou duas vezes a dimensão mínima da barra. Os prendedores deverão ser construídos de modo que a remoção das extremidades ou dos fixadores de extremidade possa ser feita sem prejudicar as superfícies do concreto. Os vazios resultantes da remoção das extremidades dos prendedores de forma deverão ser preenchidos com “grout”.

Os prendedores de fôrma deverão garantir o seu posicionamento nas diferentes etapas construtivas, e serão distribuídos de modo a impedir qualquer alteração dimensional na espessura da peça ou desalinhamento da armadura.

T. Limpeza e aplicação de desmoldante nas Formas

Na ocasião em que o concreto for lançado nas formas, as superfícies deverão estar isentas de incrustações de pasta, argamassa ou outro material estranho.

Antes do concreto ser lançado, as superfícies das formas deverão ser saturadas d'água. O desmoldante para formas, nas peças de concreto aparente, deverá ser apropriado para este tipo de concreto. Após o untamento, o desmoldante em excesso nas superfícies da forma deverá ser removido. As armaduras de aço e cordoalhas ou outras superfícies que requeiram aderência ao concreto deverão ser mantidas isentas de desmoldantes.

Deve-se garantir a eficiência das formas em suportarem a pressão do concreto e outras cargas atuantes, sem falhas, movimentos ou deflexões das partes componentes. As formas deverão obedecer aos alinhamentos e dimensões das obras de concreto mostradas nos projetos e serão construídas de maneira a assegurar a perfeita aparência das superfícies do concreto.

Será permitido o emprego de tipos e/ou técnicas especiais na construções de formas, desde que sua utilização e resultado tenham sido comprovados pela prática, devendo-se justificar a eficiência de outros métodos propostos e que, por serem novos, careçam de maior garantia, no entender da fiscalização.

ARMADURAS PARA CONCRETO ARMADO

U. Generalidades

As armaduras para as estruturas de concreto armado deverão satisfazer as condições gerais impostas pelas normas NBR 7480 e NBR 7481 da ABNT. As barras serão de boa procedência e seus diâmetros (bitolas) uniformes, devendo ser rejeitadas as que não satisfizerem as condições gerais.

O peso por metro linear por bitola será o adotado no projeto. Antes e durante o lançamento do concreto as plataformas de serviços deverão estar dispostas de modo a não acarretar deformações nas armaduras.

As armaduras deverão ser cortadas, dobradas e lançadas, de acordo com os desenhos de projeto.

As armaduras e demais peças embutidas não deverão apresentar escamas de óxidos, óleos, graxa ou qualquer outro revestimento que possa comprometer sua aderência ao concreto.

Com a finalidade de evitar a paralisação dos serviços, deve-se prever, com base no cronograma de execução, a manutenção de estoque mínimo de material por categoria e bitola, de acordo com o projeto, a critério da fiscalização.

V. Controle Tecnológico

Antes do envio de um carregamento de aço para a obra, deve-se fornecer à fiscalização um certificado do fabricante garantindo a qualidade do aço, bem como o

atestado de um laboratório, aceito pela fiscalização, com o resultado dos ensaios em corpos de prova fornecidos, colhidos conforme especificação da NBR 7480. Nenhum carregamento poderá ser recebido na obra antes que a fiscalização o aprove por escrito.

A fiscalização se reserva o direito de realizar os ensaios que julgar necessário para comprovar os resultados dos certificados.

De cada lote de aço recebido no canteiro serão recolhidas amostras representativas que serão submetidas aos ensaios de tração e dobramento. Deve-se comprovar através de certificado emitido por laboratório aceito pela fiscalização, que o aço fornecido atende aos ensaios de tração e dobramento, obedecendo as NBR 6152 e NBR 6153.

Caso a fiscalização julgue necessário, serão realizados ensaios complementares destinados a verificar a composição química do material e as características de aderência exigidas e consideradas no projeto.

Quando a qualidade de aço for inaceitável, a juízo da fiscalização, o mesmo deverá ser retirado da obra.

O dobramento de ganchos, estribos e barras curvadas deverá obedecer as indicações do projeto, respeitando como mínimo as exigências do item 6.3.4 da NBR 6118.

W. Corte e Dobramento

O corte e dobramento das barras deverão ser executados a frio rigorosamente de acordo com os detalhes do projeto e as prescrições da ABNT. Não será permitido aquecer as barras para facilitar o dobramento, nem o corte a maçarico de barras de aço classe B.

X. Cobrimento das Armaduras

As barras das armaduras deverão apresentar o cobrimento conforme indicado no projeto.

Y. Colocação das Armaduras

Antes de ser colocada a armadura, tanto as suas superfícies como as superfícies de quaisquer suportes de metal, deverão ser totalmente limpas, ficando isentas de argamassa, óleo, sujeira, crosta e ferrugem solta, bem como qualquer camada que possa reduzir ou impedir a aderência ao concreto.

Quando, após a limpeza das barras, ocorrer redução da seção transversal devido à corrosão, verificar-se-á se esta redução é compatível com os padrões e tolerâncias exigidas para aceitação, podendo a fiscalização exigir novos ensaios ou substituição do material.

As barras que sobressaiam das juntas de construção deverão ser limpas e isentas de concreto endurecido, antes de prosseguir com a concretagem.

A malha de nós soldados, quando utilizada, deverá ser nivelada antes do lançamento do concreto.