

RELATÓRIO DE PROCEDIMENTOS
RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO
PORTO DE IMBITUBA - SC

Cliente: CEJEN

Local: IMBITUBA – SANTA CATARINA / SC

2	04/09/2023	Incluído tratamento de estacas	FESC	MMSL	DAC	PR
1	09/03/2023	Para comentários	FESC	MMSL	DAC	PR
0	27/02/2023	Para comentários	FESC	MMSL	DAC	PR
Rev.	Data	Descrição da revisão	Elaborado por	Verificado por	Aprovado por	CE

CE - Códigos de emissão

CC Conforme construído	ES Estudo	OR Para orçamento	PR Preliminar
CD Cancelado	LF Liberado p/ fabricação	PC Para compra	OT Outro
CO Para comentários	IN Para informação	PD Para detalhamento	
CP Como comprado	LC Liberado p/ Construção	PU Para utilização	

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
3	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	5
4	VISTORIA DE CAMPO	7
5	RECUPERAÇÃO DAS ANOMALIAS	8
5.1	CLASSIFICAÇÃO POR NÍVEL DE DANOS NAS PEÇAS DE CONCRETO ARMADO.....	8
5.2	PATOLOGIAS POR NÍVEL DE DANO	9
5.3	PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO POR NÍVEL DE DANO	14
5.3.1	PROCEDIMENTO 1 - (Aplicar para NÍVEL 1 de dano)	14
5.3.2	PROCEDIMENTO 2 - (Aplicar para NÍVEL 2 de dano)	15
5.3.3	PROCEDIMENTO 3 - (Aplicar para NÍVEL 3 de dano)	18
5.3.4	PROCEDIMENTO 4 - (Aplicar para NÍVEL 4 de dano)	24
5.3.5	PROCEDIMENTO 5 - (Aplicar para Nível 5 de dano)	30
5.4	TRATAMENTO PARA ESTACAS EXISTENTES	31
5.5	PINTURA PARA PARTE SUPERIOR DA ESTRUTURA.....	33
5.5.1	Procedimento de pintura – parte superior da estrutura	33

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório visa fornecer as diretrizes para o Projeto de Recuperação e Proteção das Estruturas de Concreto Armado do Cais 3 do Porto de Imbituba, Santa Catarina/SC.

O trabalho consiste na elaboração de procedimentos técnicos para apoiar as atividades a serem executadas em prol da recuperação dos elementos estruturais através da classificação do nível de danos nas peças de concreto armado que apresentam manifestações patológicas. O nível de dano deverá ser identificado por inspeção realizada por profissional capacitado, pela constatação de padrões de danos, a fim de avaliar o nível de degradação dos materiais.

Cabe ressaltar que este documento complementa o projeto, já existente, de mapeamento das manifestações patológicas em todo o Cais 3 realizado pela EGT Engenharia. No entanto, o responsável técnico pela recuperação deverá confirmar a presença das manifestações patológicas, nas regiões cadastradas e indicadas no mapeamento, bem como verificar a existência de outras possíveis regiões afetadas, para que seja realizada a total recuperação e tratamento do Cais 3.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os elementos que constituem as estruturas de concreto armado podem apresentar diversas manifestações patológicas que comprometem sua durabilidade, funcionalidade e estabilidade.

Estas manifestações patológicas decorrem das ações ambientais e de utilização associadas à concepção e ao projeto estrutural, às condições de execução e aos materiais utilizados que inserem processos de deterioração na estrutura, tendo como consequência a degradação dos elementos de concreto armado.

As estruturas civis de regiões portuárias, como é o caso das estruturas de cais e píer de navios, estão imersas em um ambiente de alta agressividade aos materiais e, por isso, exigem ações necessárias à manutenção e à adequação da segurança.

As ações visam à identificação do quadro patológico e à definição dos procedimentos de terapia preventiva e/ou corretiva, bem como auxílio nos reforços a serem executados, objetivando a sanar as manifestações patológicas existentes de forma a garantir os parâmetros de estabilidade, durabilidade e funcionalidade no que tange à segurança estrutural.

Desta maneira, este documento fornece um conjunto de técnicas e condutas que deverão ser empregadas de maneira a garantir a recuperação dos elementos de concreto armado e o restabelecimento de sua segurança estrutural.

3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

O Cais 3 do Porto de Imbituba é dedicado a operação de granéis sólidos e está localizado na cidade de Imbituba, litoral sul do estado de Santa Catarina.



Figura 1 - Localização do Cais 3 no Porto de Imbituba / SC (28°13'55.04"S; 48°39'14.25"O).

A Estrutura do Cais 3 é composta por 4 trechos totalizando uma frente de atracação de 245,00m. Parte da estrutura é denominada de cais e parte de píer. O cais possui 3 trechos, sendo o primeiro com 80,00m de extensão e os outros dois trechos com 55,00m cada e largura constante de 14,40m. O píer possui 55,00 m de extensão e 19,00m de largura.

O sistema estrutural transversal do cais é em grelha, composto por duas vigas principais protendidas e vigas transversais e laje ligando as vigas principais. Na seção dos apoios há uma viga denominada halteres ligando os tubulões e as vigas principais. O sistema estrutural longitudinal é de viga contínua, totalizando 6

vãos para o primeiro trecho do cais e 4 vãos para cada trecho seguinte (segundo e terceiro trechos).

O sistema estrutural transversal do píer também é em grelha, composto por três vigas principais protendidas e vigas transversais e laje ligando as vigas principais. Na seção dos apoios há uma viga denominada halteres ligando os tubulões e as vigas principais. O sistema estrutural longitudinal é de viga contínua, totalizando 4 vãos. Ao longo da extensão do cais há uma estrutura de apoio da correia transportadora, formada por laje contínua apoiada sobre vigas transversais. As vigas transversais estão ligadas nos tubulões do cais em uma extremidade e na outra, no muro de arrimo.

4 VISTORIA DE CAMPO

A estrutura atualmente apresenta grande quantidade de manifestações patológicas e vida útil comprometida, limitando a operação de determinadas embarcações e equipamentos.

No relatório SCP01A-S1R-00-001–Relatório Preliminar - Inspeção, são apresentadas as anomalias observadas por vistoria técnica realizada em maio de 2020 no Cais 3.

Foram registradas as manifestações patológicas aparentes nas faces acessíveis de cada elemento da estrutura de concreto, por relatório fotográfico e projeto de mapeamento realizado pela EGT Engenharia.

O projeto de mapeamento produzido contempla toda a estrutura do cais e píer, e constituem base para identificação das regiões de recuperação no Cais 3.

O projeto de recuperação apresenta algumas indicações de reparo para a estrutura do Cais 3, mas estas indicações não contemplam o nível de degradação e intervenções necessárias e, por isso, deverá ser substituído pelo conjunto de procedimentos abordados no presente relatório.

5 RECUPERAÇÃO DAS ANOMALIAS

5.1 CLASSIFICAÇÃO POR NÍVEL DE DANOS NAS PEÇAS DE CONCRETO ARMADO

A classificação por níveis de danos tem por objetivo tratar grupos de manifestações patológicas similares de maneira a promover a recuperação total da estrutura.

O projeto de recuperação do Cais 3 foi dividido em níveis de danos, de 1 a 5, com suas diferentes patologias. A cada nível de dano corresponde um procedimento de recuperação que se encontra especificado neste documento.

Os níveis de danos deverão ser identificados em campo por profissional capacitado, pela constatação dos padrões de patologias nos elementos inspecionados.

Os níveis de Danos são os seguintes:

NÍVEL 1 – Sem Danos (SD)

NÍVEL 2 – Danos Menores (DME)

NÍVEL 3 – Danos Moderados (DMO)

NÍVEL 4 – Danos Maiores (DMA)

NÍVEL 5 – Danos Severos (DS)

5.2 PATOLOGIAS POR NÍVEL DE DANO

NÍVEL 1 – Sem Danos (SD)

- Fissuras finas;
- Superfície original bem preservada;
- Material preservado.

NÍVEL 2 – Danos Menores (DME)

- Superfície de concreto original bem preservada;
- Fissuras ou trincas no concreto;
- Manchas leves de oxidação no concreto;
- Material preservado e firme.



Figura 2 – Exemplo de Manifestação patológica de Nível 2 – (Presença de fissuras e manchas leves de oxidação)

NÍVEL 3 – Danos Moderados (DMO)

- Deslocamento do concreto em região limitada com no máximo 5 cm de profundidade;
- Armadura exposta com oxidação;
- Manchas de oxidação no concreto;
- Desagregação do concreto;
- Presença de vazios ou danos por impacto.



Figura 3 – Exemplo de Manifestação patológica de Nível 3 – (Deslocamento do concreto em região limitada, armadura de estribo exposta com oxidação).



Figura 4 - Exemplo de Manifestação patológica de Nível 3 nas seções de concreto das estacas – (Deslocamento do concreto em região limitada, armadura de estribo exposta com oxidação).

NÍVEL 4 – Danos Maiores (DMA)

- Deslocamento do concreto com perda de mais de 5 cm de profundidade;
- Trincas largas e profundas ao longo da armadura;
- Armadura exposta com perda de seção parcial;
- Manchas graves de oxidação na armadura;
- Ampla desintegração da superfície de concreto.



Figura 5 – Exemplo de Manifestação patológica de Nível 4 – (Ampla desintegração da superfície de concreto, oxidação grave das armaduras com presença de trincas).

NÍVEL 5 – Danos Severos (DS)

- Armadura exposta com perda de seção de 50% ou mais;
- Ruptura parcial ou completa da seção de concreto.



Figura 6 – Exemplo de Manifestação patológica de Nível 4 – (Armadura rompida ou exposta com perda de seção de 50% ou mais, perda da seção de concreto).

5.3 PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO POR NÍVEL DE DANO

A seguir são descritos os principais procedimentos e metodologias de recuperação, além das características e propriedades básicas dos materiais que devem ser empregados nos serviços de recuperação e proteção das estruturas de concreto armado. Os procedimentos e metodologias construtivas **devem ser aplicados na sequência sugerida e em conformidade com as manifestações patológicas e níveis de danos que deverão ser identificados por profissional capacitado.**

5.3.1 PROCEDIMENTO 1 - (Aplicar para NÍVEL 1 de dano)

a) Limpeza das superfícies por Hidrojateamento com água sob pressão

- Iniciar a limpeza pelas partes mais altas, procurando manter uma pressão adequada para remoção das partículas soltas.
- Executar movimentos circulares com o bico do jato para facilitar a limpeza de toda a superfície.
- Remover todas as sujeiras e impregnações, partículas soltas, fungos, eflorescências, manchas, etc.

Somente após esta limpeza será possível iniciar os trabalhos de recuperação e proteção, pois o substrato deverá estar totalmente limpo para possibilitar a visualização das patologias existentes. A água a ser utilizada deverá ser limpa, isenta de qualquer impureza que possa contaminar a superfície do concreto.

b) Pintura da superfície de concreto

- Pintar a superfície de concreto com poliuretano modificado, resistente a UV, insensível a umidade e aberto à difusão de vapor. O Objetivo deste produto é proteger contra os ataques de agentes agressivos oriundos do meio ambiente garantindo o aspecto de durabilidade e consequentemente aumentando sua vida útil. Por se tratar de uma

tecnologia com poliuretano modificado, abre-se mão da utilização de primers, sendo necessário apenas regularizar adequadamente a superfície.

5.3.2 **PROCEDIMENTO 2** - (Aplicar para **NÍVEL2** de dano)

a) Limpeza das superfícies por Hidrojateamento com água sob pressão

- Iniciar a limpeza pelas partes mais altas, procurando manter uma pressão adequada para remoção das partículas soltas.
- Executar movimentos circulares com o bico do jato para facilitar a limpeza de toda a superfície.
- Remover todas as sujeiras e impregnações, partículas soltas, fungos, eflorescências, manchas, etc.

Somente após esta limpeza será possível iniciar os trabalhos de recuperação e proteção, pois o substrato deverá estar totalmente limpo para possibilitar a visualização das patologias existentes. A água a ser utilizada deverá ser limpa, isenta de qualquer impureza que possa contaminar a superfície do concreto.

b) Tratamento de fissuras e rachaduras

1. Abrir um sulco ao longo da fissura:
 - O sulco deve ter diâmetro igual à abertura da fissura/rachadura acrescido de 2cm.
2. Executar furação ao longo da fissura/rachadura:
 - A cada 20 cm ao longo da fissura/rachadura, executar um furo de 12,5 mm de diâmetro e 3cm de profundidade.
3. Inserir os injetores (nipples metálicos) nos furos:
 - Inserir, em cada furo, um tubo de alumínio (injetor) de 1 cm de diâmetro.

4. Executar a calafetagem dos sulcos:

- Calafetar (selar) os sulcos utilizando argamassa à base de resina poliéster.

5. Testar a intercomunicabilidade dos pontos de injeção:

- Após o endurecimento do material de calafetação, testar a intercomunicabilidade, garantindo a limpeza e a eficiência dos injetores, através da injeção de ar comprimido filtrado, com pressão em torno de 5 kgf/cm².

c) Preenchimento das fissuras/rachaduras:

- Proceder à injeção bombeando (com uma agulha de injeção) resina epóxi de baixa viscosidade, específica para injeção de fissuras, sob pressão através dos niples (tubos);
- A viscosidade da resina de injeção para garantir um adequado preenchimento deve ser de 300 MPa e sua resistência a compressão mínima em 28 dias deve ser maior que 40 MPa.
- A injeção deverá iniciar-se pelo niple mais baixo e continuar até que a resina comece a sair pelo niple imediatamente superior, que atua como respiro ou purgador;
- Em seguida, o injetor é desatarraxado do bico inferior, vedado e levado ao bico seguinte (pelo qual transbordou a resina), continuando-se o processo sucessivamente pelos vários pontos, até o total preenchimento da fissura.

d) Pintura da superfície de concreto

Pintar a superfície de concreto com poliuretano modificado, resistente a UV, insensível a umidade e aberto à difusão de vapor. O Objetivo deste produto é proteger contra os ataques de agentes agressivos oriundos do meio ambiente garantindo o aspecto de durabilidade e conseqüentemente

aumentando sua vida útil. Por se tratar de uma tecnologia com poliuretano modificado, abre-se mão da utilização de primers, sendo necessário apenas regularizar adequadamente a superfície.

5.3.3 **PROCEDIMENTO3** - (Aplicar para **NÍVEL 3** de dano)

a) Limpeza das superfícies por Hidrojateamento com água sob pressão

- Iniciar a limpeza pelas partes mais altas, procurando manter uma pressão adequada para remoção das partículas soltas.
- Executar movimentos circulares com o bico do jato para facilitar a limpeza de toda a superfície.
- Remover todas as sujeiras e impregnações, partículas soltas, fungos, eflorescências, manchas, etc.

Somente após esta limpeza será possível iniciar os trabalhos de recuperação e proteção, pois o substrato deverá estar totalmente limpo para possibilitar a visualização das patologias existentes. A água a ser utilizada deverá ser limpa, isenta de qualquer impureza que possa contaminar a superfície do concreto.

b) Marcação do perímetro da região a ser recuperada

- Demarcar com marcador industrial ou equivalente a região com armadura exposta pela corrosão. Deve-se buscar uma delimitação de forma geométrica conhecida (quadrado, retângulo, etc.).
- Proceder à percussão auscultativa mediante uso de martelo convencional, para inspeção genérica sobre a superfície, mesmo sem armadura exposta, sobre os locais que apresentarem som cavo demarcar com giz para inspeção por escarificação.
- Executar o corte na região demarcada mantendo o disco em posição ortogonal à superfície. O corte deverá ser feito com máquina elétrica dotada de disco diamantado (tipo Makita), para corte seco, numa profundidade mínima de 1,0 cm, tomando-se os cuidados necessários para não danificar estribos e armaduras.

Este procedimento tem por objetivo orientar o operador a expor toda a região da armadura e concreto que necessita de reparo, até localizar a região sã da mesma.

c) Remoção do concreto

- Escarificar manualmente (por apicoamento) o material (concreto) com ponteira talhadeira e marreta, até o friso do corte. Escarificar de fora para dentro, evitando golpes que possam lascas as arestas e contornos da região.
- Remover todo o material (concreto) comprometido, solto, desagregado e contaminado até atingir o concreto sã numa distância de aproximadamente 5 cm para cada lado, como faixa de segurança, liberando as armaduras da região a ser recuperada e obtendo superfície rugosa e coesa, propiciando boas condições de aderência.
- Observar se a demolição não está sendo demasiadamente profunda, e se as barras estão sofrendo ferimentos. Verificar também se a demolição está comprometendo reparos recém-executados, onde as argamassas ainda não atingiram o período final de cura. O concreto existente sob as armaduras corroídas deverá ser totalmente removido, de modo que exista um espaço livre de 1,0 cm a 2,0 cm para permitir a perfeita limpeza da barra de aço e o completo preenchimento da cavidade com o material de reparo indicado.

O trabalho de remoção do concreto deverá ser feito de tal forma que não comprometa a estabilidade do elemento estrutural, podendo ser feito, se for o caso, por partes. Recomenda-se, como regra geral, nas barras longitudinais de uma viga sem escoramento não se liberar as armaduras de um vão maior que duas vezes a altura do elemento ou um terço do vão. O mesmo procedimento deve ser adotado nas lajes.

d) Limpeza das armaduras

- Escovar manualmente com lixa de aço combinada com escova de cerdas metálicas com movimentos circulares e energéticos sobre a superfície das barras, removendo todos os produtos de corrosão, até atingir o brilho metálico. Toda a carepa de laminação e produtos da corrosão deverá ser removida, de modo que o metal apresente apenas leves manchas na superfície. Para aumentar a velocidade dos trabalhos, poderá ser utilizado equipamento de hidrojateamento com pressão ≥ 5.000 PSI.

Este procedimento deverá ser executado imediatamente anterior aos procedimentos de fechamento do reparo, de forma a não expor as armaduras, já limpas, por um período não superior a 24 horas.

e) Limpeza geral da superfície com jato de ar comprimido

- Limpar a superfície com jato de ar comprimido (descontaminado), utilizando mangueira de altapressão e compressor.
- Inserir a extremidade da mangueira nas cavidades, quando houver, executando a limpeza do interior para o exterior.
- Vedar com papel as cavidades depois de limpas, procedendo-se então à limpeza da superfície remanescente.

O processo de limpeza deve sempre começar pelas cavidades, passando depois para as superfícies circunvizinhas, de modo a evitar deposição de pó em seus interiores.

A superfície de concreto exposta deverá apresentar relativa rugosidade para que haja condições favoráveis de aderência com o material complementar.

f) Complementação das armaduras

- Verificar o nível de perda de seção da barra de aço após a limpeza da armadura. Se for constatada uma perda superior a 10% da seção original, deverá ser colocada de armadura de complementação.
- Emendar as barras de complementação e as existentes de forma a contemplar o menor comprimento longitudinal possível, para que não haja necessidade de remoção adicional de concreto, e mínimo espaço transversal, para minimizar a obstrução na aplicação dos materiais cimentícios.
- Utilizar produto de viscosidade adequada, base epóxi, na fixação de novas armações ou elementos metálicos de instalação complementares. Sugere-se a utilização de adesivos estruturais como o MC-Solid 1300 ou MC-Carbosolid 1300 TX.

A emenda por transpasse é o tipo de emenda mais recomendável, deve ser feita procurando-se defasar os pontos de emenda, ou poderá ser feita emenda com solda. Quando isto não for possível, as barras de complementação, em formato de grampo, deverão ser ancoradas em concreto são, em área adjacente, com ancoragem mínima de 5 cm, e fixadas com a resina epóxi supracitada.

g) Pintura das barras de aço

- Fazer a proteção das armaduras com uma pintura cimentícia passivadora nas barras de aço. A aplicação do produto deve apresentar uma superfície de rugosidade adequada à perfeita aderência com a argamassa de recomposição. Remenda-se o uso de Nafufill KMH, Fabricante MC-Bauchemie, aplicada em duas demãos sobre a armadura com intervalo de 4 horas.

A especificação técnica de cada material recomendado deve ser verificada na ficha técnica fornecida pelas fabricantes. A metodologia de aplicação deverá seguir rigorosamente as especificações do fabricante.

Ressalta-se que as argamassas de reparo sobre estas pinturas deverão ser lançadas com elas ainda frescas, ou conforme especificação do fabricante. Caso os tempos de trabalhabilidade sejam excedidos, deve ser feita nova pintura.

h) Aplicação de argamassa

- O substrato deve estar limpo e livre de partículas soltas, poeira, óleos, nata de cimento e outros agentes contaminantes. O substrato deve estar rugoso para a aplicação e possuir uma resistência ao arranque superior a 1.5 MPa.
- Saturar a superfície com água, molhando constantemente, por um período prévio, de forma que a superfície não absorva mais a água. No momento da aplicação da argamassa, a cavidade não pode apresentar água escorrendo ou empoçada, ou seja, o substrato deve estar na condição saturado-seco.
- Utilizar argamassa polimérica, de base cimentícia, não retrátil, tixotrópica, impermeável, pré-dosada pelo fabricante, com resistência à compressão superior a 30 MPa com 24 horas. O produto poderá ser aplicado na superfície manualmente com trinchas ou por projeção via úmida. Recomenda-se o uso de Nafufill CR, da MC Bauchemie. Deverá ser integrada na mistura a utilização de cristalizante tipo XypexC-500 conforme fabricante.
- Para aplicação manual, aplicar em faixas com no máximo 1,00 m² para diminuir os efeitos da retração, pressionando-se bem o material para eliminar todos os espaços vazios e preencher completamente a cavidade de reparo.
- Preencher toda a cavidade de forma que o acabamento final fique concordante com a superfície adjacente. O acabamento deve ser

camurçado, utilizando-se uma desempenadeira 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.

- A cura deverá ser iniciada imediatamente após a pega do reparo desempenado e mantida por pelo menos 3 dias ininterruptos ou conforme fabricante. 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 cura química, nesse caso recomenda-se a utilização do produto Emcoril Compact.

i) Pintura da superfície de concreto

- Pintar a superfície de concreto com poliuretano modificado, resistente a UV, insensível a umidade e aberto à difusão de vapor. O Objetivo deste produto é proteger contra os ataques de agentes agressivos oriundos do meio ambiente garantindo o aspecto de durabilidade e consequentemente aumentando sua vida útil. Por se tratar de uma tecnologia com poliuretano modificado, abre-se mão da utilização de primers, sendo necessário apenas regularizar adequadamente a superfície.

5.3.4 **PROCEDIMENTO 4** - (Aplicar para **NÍVEL 4** de dano)

a) Limpeza das superfícies por Hidrojateamento com água sob pressão

- Iniciar a limpeza pelas partes mais altas, procurando manter uma pressão adequada para remoção das partículas soltas.
- Executar movimentos circulares com o bico do jato para facilitar a limpeza de toda a superfície.
- Remover todas as sujeiras e impregnações, partículas soltas, fungos, eflorescências, manchas, etc.

Somente após esta limpeza será possível iniciar os trabalhos de recuperação e proteção, pois o substrato deverá estar totalmente limpo para possibilitar a visualização das patologias existentes. A água a ser utilizada deverá ser limpa, isenta de qualquer impureza que possa contaminar a superfície do concreto.

b) Marcação do perímetro da região a ser recuperada

- Demarcar com marcador industrial ou equivalente as regiões com armadura exposta pela corrosão. Deve-se buscar uma delimitação de forma geométrica conhecida (quadrado, retângulo, etc.).
- Proceder à percussão auscultativa mediante uso de martelo convencional, para inspeção genérica sobre a superfície, mesmo sem armadura exposta, sobre os locais que apresentarem som cavo demarcar com giz para inspeção por escarificação.
- Executar o corte na região demarcada mantendo o disco em posição ortogonal à superfície. O corte deverá ser feito com máquina elétrica dotada de disco diamantado (tipo Makita), para corte seco, numa profundidade mínima de 1,0 cm, tomando-se os cuidados necessários para não danificar estribos e armaduras.

Este procedimento tem por objetivo orientar o operador a expor toda a região da armadura e concreto que necessita de reparo, até localizar a região sã da mesma.

c) Remoção do concreto

- Escarificar manualmente (por apicoamento) o material (concreto) com ponteira talhadeira e marreta, até o friso do corte. Escarificar de fora para dentro, evitando golpes que possam lascas as arestas e contornos da região.
- Remover todo o material (concreto) comprometido, solto, desagregado, e contaminado até atingir o concreto sã, numa distância de aproximadamente 5 cm para cada lado, como faixa de segurança, liberando as armaduras da região a ser recuperada e obtendo superfície rugosa e coesa, propiciando boas condições de aderência.
- Observar se a demolição não está sendo demasiadamente profunda, e se as barras estão sofrendo ferimentos. Verificar também se a demolição está comprometendo reparos recém-executados, onde as argamassas ainda não atingiram o período final de cura. O concreto existente sob as armaduras corroídas deverá ser totalmente removido, de modo que exista um espaço livre de 1,0 cm a 2,0 cm para permitir a perfeita limpeza da barra de aço e o completo preenchimento da cavidade com o material de reparo indicado.

O trabalho de remoção do concreto deverá ser feito de tal forma que não comprometa a estabilidade do elemento estrutural, podendo ser feito, se for o caso, por partes. Recomenda-se, como regra geral, nas barras longitudinais de uma viga sem escoramento não se liberar as armaduras de um vão maior que duas vezes a altura do elemento ou um terço do vão. O mesmo procedimento deve ser adotado nas lajes.

d) Remoção/ Limpeza das armaduras

- Remover toda a parte da armadura corroída até expor a parte que possui área preservada ou até 10% de perda da seção de aço.
- Onde existir parte de armação com até 10% de perda de seção, escovar manualmente com lixa de aço combinada com escova de cerdas metálicas com movimentos circulares e energéticos sobre a superfície, removendo todos os produtos de corrosão, de modo que o metal apresente apenas leves manchas na superfície.

e) Limpeza geral da superfície com jato de ar comprimido

- Limpar a superfície com jato de ar comprimido (descontaminado), utilizando mangueira de altapressão e compressor.
- Inserir a extremidade da mangueira nas cavidades, quando houver, executando a limpeza do interior para o exterior.
- Vedar com papel as cavidades depois de limpas, procedendo-se então à limpeza da superfície remanescente.

O processo de limpeza deve sempre começar pelas cavidades, passando depois para as superfícies circunvizinhas, de modo a evitar deposição de pó em seus interiores.

f) Recomposição das armaduras

- Recompôr as armaduras mediante barras em formato de grampo, ancoradas em concreto sã, em área adjacente, com ancoragem mínima de 5 cm, e fixadas com resina epóxi.
- Realizar a emenda por transpasse ou solda, quando possível, ou seja, quando tiver sido removida toda a parte da armadura corroída até expor a parte que possui área preservada ou até 10% de perda da seção de aço.

g) Pintura das barras de aço

- Fazer a proteção das armaduras com uma pintura passivadora nas barras de aço. A aplicação do produto deve apresentar uma superfície de rugosidade adequada à perfeita aderência com a argamassa de recomposição. Remenda-se o uso de Nafufill KMH, Fabricante Mc Bauchemie, aplicada em duas demãos sobre a armadura.

A especificação técnica de cada material recomendado deve ser verificada na ficha técnica fornecida pelas fabricantes. A metodologia de aplicação deverá seguir rigorosamente as especificações do fabricante.

Ressalta-se que as argamassas de reparo sobre estas pinturas deverão ser lançadas com elas ainda frescas, ou conforme especificação do fabricante. Caso os tempos de trabalhabilidade sejam excedidos, deve ser feita nova pintura.

h) Fechamento com forma

- Montar a forma executando-se o cachimbo, cujo nível superior esteja pelo menos 10 cm acima do ponto mais alto do reparo.
- As fôrmas devem receber óleos desmoldantes, para facilitar a sua remoção sem choques ou pancadas. Não podem ser utilizados desmoldantes formulados com base em parafina, pois sua aderência interfere com os produtos de pintura posteriores.

i) Aplicação de Graute

- O substrato deve estar limpo e livre de partículas soltas, poeira, óleos, nata de cimento e outros agentes contaminantes. O substrato deve estar rugoso para a aplicação e possuir uma resistência ao arranque superior a 1.5 MPa.
- Saturar a superfície com água, molhando constantemente, por um período prévio, de forma que a superfície não absorva mais a água. No momento da aplicação da argamassa, a cavidade não pode apresentar água escorrendo ou empoçada, ou seja, o substrato deve estar na condição saturado-seco.
- Lançar o graute cimentício fluído de alto desempenho. Os produtos sugeridos, devem atender ao critério de resistência a compressão maior que 30 MPa em 24 horas, podendo ser utilizados:
 - Emckrete 40 – Graute de Alto desempenho, para espessura de até 100mm
 - Emckrete 50 – Microconcreto para espessuras que são acima de 100mm.
- Executar as desformas com o mínimo de 24 horas após o grauteamento.

Deverá ser aplicado na mistura cristalizante tipo Xypex ADMIX C500 NF, conforme fabricante recomenda. Dessa forma, obtendo uma maior resistência aos ataques químicos e durabilidade do reparo.

A especificação técnica de cada material recomendado deve ser verificada na ficha técnica fornecida pelas fabricantes. A metodologia de aplicação deverá seguir rigorosamente as especificações do fabricante.

j) Pintura da superfície de concreto

- Pintar a superfície de concreto com poliuretano modificado, resistente a UV, insensível a umidade e aberto à difusão de vapor. O Objetivo deste

produto é proteger contra os ataques de agentes agressivos oriundos do meio ambiente garantindo o aspecto de durabilidade e consequentemente aumentando sua vida útil. Por se tratar de uma tecnologia com poliuretano modificado, abre-se mão da utilização de primers, sendo necessário apenas regularizar adequadamente a superfície.

5.3.5 **PROCEDIMENTO 5** - (Aplicar para **Nível 5** de dano)

a) Demolição parcial ou completa do elemento comprometido

- Proceder à demolição do elemento ou parte do elemento de forma mecanizada ou manual.
- Caso seja feita uma demolição parcial, esta deverá ser executada de maneira a preservar a integridade do trecho remanescente.
- O trecho remanescente deverá ter sua patologia classificada conforme indicado nos itens anteriores deste relatório e ser tratado com seu respectivo procedimento.

b) Recomposição parcial ou completa do elemento comprometido

- Deverá ser estabelecido junto ao cliente se o elemento estrutural demolido ou parcialmente demolido será recomposto total ou parcialmente.
- No caso de recomposição parcial deve-se aplicar os mesmos procedimentos descritos em 5.3.4, na superfície exposta após demolição.
- Quando for necessária a recomposição completa do elemento comprometido, deverá ser feito o projeto da recomposição contemplando a indicação do trecho removido, formas e armaduras.

c) Pintura da superfície de concreto

- Pintar a superfície de concreto com poliuretano modificado, resistente a UV, insensível a umidade e aberto à difusão de vapor. O Objetivo deste produto é proteger contra os ataques de agentes agressivos oriundos do meio ambiente garantindo o aspecto de durabilidade e consequentemente aumentando sua vida útil. Por se tratar de uma tecnologia com poliuretano modificado, abre-se mão da utilização de primers, sendo necessário apenas regularizar adequadamente a superfície.

5.4 TRATAMENTO PARA ESTACAS EXISTENTES

Conforme relatório de inspeção subaquática, foi verificado que os fustes de todas as estacas encontram-se recobertos por incrustações que dificultam a visualização dos encamisamentos metálicos. Por sua vez, as camisas metálicas estão em estado avançado de corrosão em pelo menos até 6m abaixo da linha d'água.

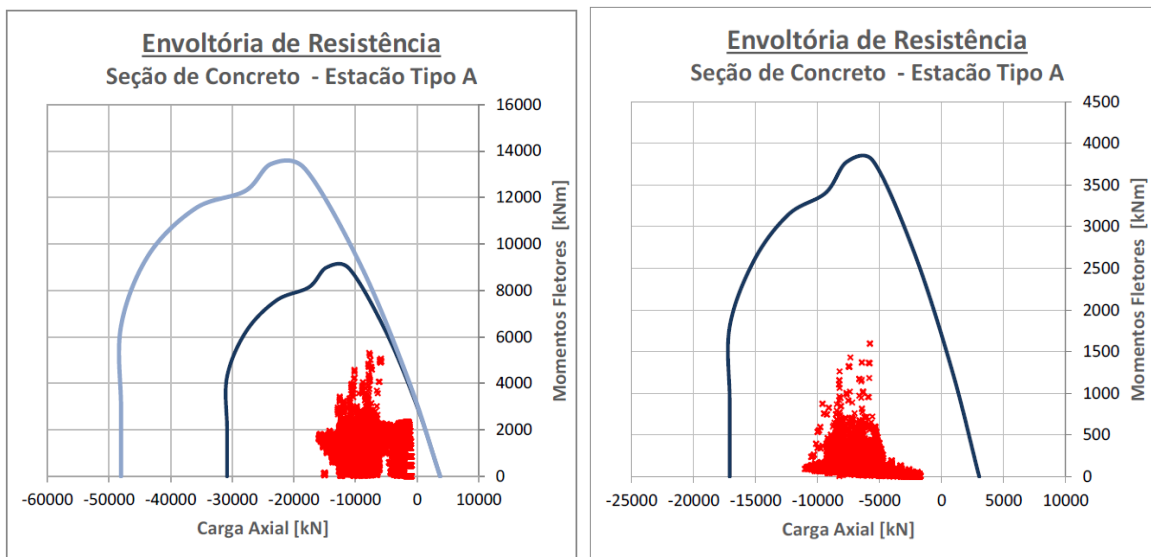
Acima da linha d'água e no trecho de variação de maré ocorre perda total ou esfoliação avançada das camisas metálicas. Nestes pontos, ocasionalmente o concreto aparente das estacas demonstra segregação e fissuração.

O concreto aparente pode ser recuperado de acordo com o nível de dano encontrado nas estacas, conforme recomendações indicadas nos capítulos anteriores de maneira similar.

O projeto executivo avaliou os esforços das estacas existentes ($\phi 184\text{cm}$ e $\phi 135\text{cm}$) e concluiu que não há necessidade de reforço das mesmas ao longo da lâmina d'água.

O dimensionamento foi feito desconsiderando totalmente a contribuição das camisas metálicas na resistência, conforme indicado abaixo nas envoltórias de ruptura para estacas de diâmetro 184cm e 135cm, respectivamente.

Sendo assim, as camisas metálicas, uma vez estando garantida a integridade da estrutura de concreto interna às mesmas, não cumprem função estrutural.



As camisas metálicas, caso não sejam removidas e possuam aberturas ou fissuras evidentes em sua estrutura, podem ser tratadas e emendadas com Massa Epóxica Subaquática Tubolit MEP-301 ou similar.

A camisa metálica deverá ser removida caso se apresente solta ao interior de concreto, por segurança. A remoção poderá ser feita através de maçarico ou esmerilhamento.

Deverá ser feita a limpeza das camisas, quando existentes, com remoção de incrustamentos ao menos ao longo do trecho de variação de maré.

Caso haja superfície de concreto aparente e apresentando algum grau de patologia abaixo do trecho de variação de maré, o mesmo pode ser tratado com Massa Epóxica Subaquática Tubolit MEP-301 ou similar, conforme recomendação do fornecedor.

5.5 PINTURA PARA PARTE SUPERIOR DA ESTRUTURA

Para a parte superior da estrutura, onde haverá trânsito de veículos e equipamentos, sugere-se a aplicação de pintura específica.

Recomendamos a aplicação do seguinte produto: Xypex Concentrado.

5.5.1 Procedimento de pintura – parte superior da estrutura

- a) Umedecer o substrato. A superfície deve estar saturada, porém aparentemente com a superfície seca. Substratos com alta absorção devem ser umedecidos várias vezes para atingir o nível de saturação requerido.
- b) Aplicar o produto com auxílio de uma trincha ou por equipamento de projeção em demão única. Toda a superfície deve ser totalmente coberta pelo produto, garantindo o consumo especificado pelo fabricante.
- c) A cura deverá ser iniciada assim que a última camada do produto for aplicada e estiver firme ao toque, porém antes que a superfície comece a secar (aproximadamente 2 horas após a aplicação). Esta cura deve ser realizada com spray de água, 4 vezes ao dia e durante 3 dias seguidos. Opcionalmente a cura pode ser realizada com o agente de cura química, por exemplo, Xypex Gamma Cure.