

Projeto Básico de Recuperação e Reforço Estrutural do Cais 3 – Porto de Imbituba / SC

Relatório I – Patologia

São Paulo, Agosto de 2020

SCP01A-S1R-00-002

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	4
3.0	OBJETIVO	4
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	5
6.0	ANOMALIAS ENCONTRADAS	8
6.1	DESCRIÇÃO E CAUSAS PROVÁVEIS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	11
7.0	REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS	12
8.0	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS E RESULTADOS OBTIDOS	12
8.1	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO	12
8.2	ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DO CONCRETO DA PENETRAÇÃO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO NO CONCRETO	13
8.3	ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DO CONCRETO POR CLORETOS EM TRÊS PROFUNDIDADES	14
8.4	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SULFATOS SOLÚVEIS NO CONCRETO EM TRÊS PROFUNDIDADES	14
8.5	DETERMINAÇÃO DOS INDICES DE PERMEABILIDADE SOB PRESSÃO E COMPACIDADE DO CONCRETO	14
9.0	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS ENSAIOS E AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS	15
10.0	ANEXOS	18
10.1	ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAgens	19
10.2	ANEXO II – RELATÓRIO DE ENSAIOS	20

1.0 INTRODUÇÃO

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

Além dos trabalhos de Vistoria Técnica, conforme indicados no Relatório Preliminar – Inspeção (SCP01A-S1R-00-001) como parte das ações necessárias à manutenção e à adequação da segurança das obras em concreto, serão incluídos nesse Relatório os ensaios realizados nas estruturas. Nessa etapa, foram realizados os seguinte ensaios, tanto para os trechos do Cais 3 como para o Pier:

- Extração de testemunhos e ensaio de ruptura à compressão do concreto;
- Extração de testemunhos e ensaio de identificação de cloreto;
- Extração de testemunhos e ensaio de identificação de sulfato;
- Extração de testemunhos e ensaio de permeabilidade do concreto;
- Extração de testemunhos e determinação das profundidades de penetração da frente de carbonatação;
- Realização de sondagens.

Também foram levantados os cobrimentos da estrutura.

Com as informações levantadas na inspeção e o resultados dos ensaios, é possível elaborar um diagnóstico referente ao quadro patológico identificado na obra e a definição das ações de terapia preventiva e/ou corretiva, bem como auxílio nos reforços a serem executados. Para os reforços, será considerada a necessidade de atualização da estrutura para receber novos carregamentos (MHC's, Shiploader, navios maiores, etc), conforme será descrito no Relatório II.

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

2.0 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Localização do Cais 3 no Porto de Imbituba / SC ($28^{\circ}13'55.04''S$; $48^{\circ}39'14.25''O$)

3.0 OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar os ensaios realizados e seus resultados nas estruturas do Cais e Pier.

São incluídos também os quadros das anomalias encontradas na estrutura, retirados do Relatório Preliminar de Inspeção.

Com a inspeção somada à realização dos ensaios, pode-se avaliar neste relatório os pontos de atenção da estrutura de concreto e comparar com os resultados dos estudos anteriores.

Os dados dos ensaios também servirão de subsídio para a verificação estrutural e para o projeto de recuperação.

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- SCP01A-S1R-00-001 – Relatório Preliminar – Inspeção de Junho de 2020 da EGT;
- Relatório Técnico – Sondagens de junho de 2020 da empresa CTG Sondagens;
- Relatório de Ensaio 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.

5.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Parte da estrutura é denominada de cais e parte de pier. O cais possui três trechos, sendo o primeiro com 80m de extensão e os outros dois trechos com 55m cada e largura constante de 14,4m. O pier possui 55m de extensão e 19m de largura, totalizando 245m de extensão.

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 pier 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.

A seguir são mostradas fotos gerais das estruturas.



Foto 1 – vista lateral geral do cais.

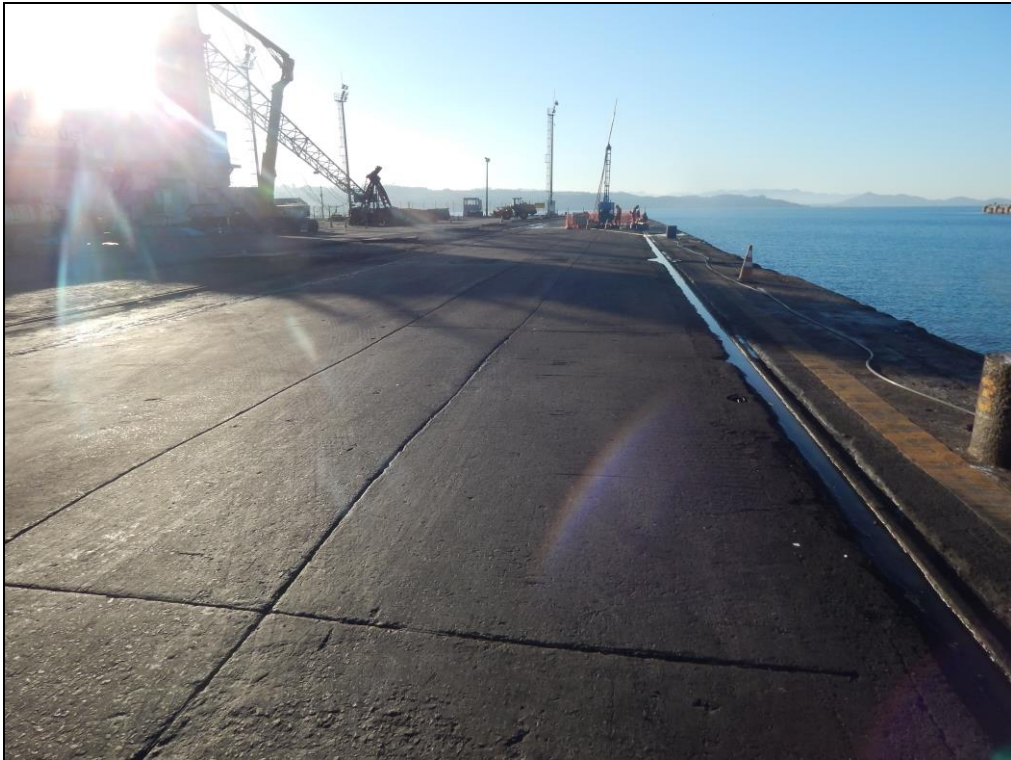


Foto 2 – vista superior do cais.



Foto 3 – vista geral da frente de atracação.



Foto 4 – vista inferior geral do pier.



Foto 5 – vista inferior geral do cais.

6.0 ANOMALIAS ENCONTRADAS

Os quadros abaixo, bem como a indicação das fotos, foram extraídos do Relatório Preliminar de Inspeção (SCP01A-S1R-00-001) e estão divididos por grupos de elementos estruturais e funcionais.

Grupo de elementos do Cais	Considerações	Fotos (ver SCP01A-S1R-00-001)
Vigas principais internas e externas (VPE e VPI)	Algumas vigas principais apresentam trechos de armadura exposta em processo de corrosão, tanto nas faces inferiores das almas, como nas faces laterais e no trecho do arco, ambos internos.	91 – 97 – 100 – 104 a 107 – 109 – 111 – 112
Vigas secundárias	Algumas vigas apresentam armação exposta em processo de corrosão avançada.	90 – 97 a 102 – 104
Vigas halteres	Apresentam pontos localizados de armadura exposta em processo de corrosão.	86 a 90 – 101 a 103 -108
Lajes	A região das lajes, próximos às juntas, apresentam trechos de armadura exposta em processo de corrosão.	103
Vigas de fechamento (borda) na região das juntas	As vigas em geral apresentam manchas de infiltração pelas juntas e armaduras exposta em processo de corrosão.	84 – 85 – 93 a 95 – 103 – 113 – 114
Estrutura da frente de atracação, incluindo as placas pré-moldadas	Apresenta muitos trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão. Além disso, muitas placas pré-moldadas encontram-se rompidas, seja parcialmente ou totalmente. A viga de borda da canaleta apresenta, praticamente em toda sua extensão, armadura exposta. Há também algumas aberturas “buracos” junto a viga da canaleta.	8 a 30 – 138 – 139
Bolachas	Apresentam trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão.	105
Tubulões	De maneira geral apresentam as camisas metálicas rompidas pela corrosão, especialmente no trecho de variação de maré. Algumas camisas metálicas encontram-se amassadas. Há também algumas pequenas áreas com erosão superficial do concreto (nos trechos de ruptura da camisa), mas que não ultrapassam o cobrimento, ou seja, não há armaduras expostas. Há também muitas incrustações nas camisas metálicas.	92 – 130 a 137

Grupo de elementos do Pier	Considerações	Fotos (ver SCP01A-S1R-00-001)
Vigas principais internas e externas (VPE e VPI)	As vigas principais apresentam, de maneira geral, trechos com grandes áreas de armaduras expostas em processo de corrosão avançado.	39 a 41 – 48 – 54 – 61 a 69 – 72 a 76 – 81 – 82
Vigas secundárias (VPS)	Apresentam trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão avançado. Geralmente os trechos de maior exposição das armaduras encontram-se próximo à ligação das VPS com as vigas principais. Há também de modo generalizado, baixo cobrimento na face inferior das abas superiores dessas vigas.	55 a 58 – 70 – 72 – 77 a 79 – 81
Vigas halteres	Apresentam trechos de armaduras expostas em processo de corrosão.	77 a 79
Lajes	Face inferior da laje nas extremidades do pier apresentam áreas de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão.	47 – 48
Vigas de fechamento (borda e na região das juntas)	Apresentam especialmente na face inferior das vigas armaduras expostas em processo de corrosão avançado. Na região da junta há bastante infiltração.	38 – 41 a 44 – 47 – 48
Estrutura da frente de atracação, incluindo as placas pré-moldadas	Apresenta muitos trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão. A viga de borda da canaleta apresenta, praticamente em toda sua extensão, armadura exposta.	30 a 37 – 49 a 53
Estrutura do paramento, incluindo as placas pré-moldadas (lado oposto à frente de atracação)	Há trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão avançado.	49 a 53
Bolachas	Apresentam trechos de concreto disgregado e armadura exposta em processo de corrosão.	39 a 41 – 64 a 66 – 69 – 71 – 73 – 78 – 79 – 82
Tubulões	De maneira geral apresentam as camisas metálicas rompidas pela corrosão, especialmente no trecho de variação de maré. Algumas camisas metálicas encontram-se amassadas. Há também algumas pequenas áreas com erosão superficial do concreto (nos trechos de ruptura da camisa), mas que não ultrapassam o cobrimento, ou seja, não há armaduras expostas. Há também muitas incrustações nas camisas metálicas.	38 a 40 – 71

Blocos de fundação	Apresentam em boa parte das faces laterais armaduras expostas em processo de corrosão avançada. Em alguns locais as armaduras estão rompidas pelo processo de corrosão. As faces inferiores dos blocos também se encontram numa condição ruim, com armaduras em processo de corrosão avançada.	38 – 42 a 46 – 59 – 60 – 80 – 8
--------------------	--	---------------------------------------

Grupo de elementos complementares	Considerações	Fotos (ver SCP01A-S1R-00-001)
Muros de arrimo M7 e tampas pré-moldadas (junto à correia transportadora)	Apresentam regiões grande de armaduras expostas em processo de corrosão. Em algumas áreas pode-se observar concreto ‘estufado” que na verdade é deslocamento do cobrimento devido ao processo de corrosão das armaduras.	124 a 126
Placas pré-moldadas (Tampas sobre a correia transportadora)	Algumas placas apresentam armaduras expostas em processo avançado de corrosão, fissuras de flexão e grandes deformações.	118 a 123 – 125 – 127
Placas pré-moldadas de transição (na entrada do cais)	Apresentam trechos de concreto segregado e armadura exposta.	129

Grupo de elementos	Considerações	Fotos (ver SCP01A-S1R-00-001)
Juntas de Dilatação	Não foi possível identificar a existência de elemento de vedação de junta, pois, há pavimento sobre a mesma. No entanto, há de maneira generalizada, infiltração na região das juntas transversais, favorecendo a corrosão das armaduras nas vigas de borda.	139
Drenos / sistema de drenagem	Nota-se por baixo do cais, diversos pontos de infiltração nas extremidades das vigas transversais secundárias na região dos furos de içamento das vigas. Há também em alguns pontos infiltração pela junta das abas superiores das vigas transversais. Há tubos de drenagem que desembocam sob a correia transportadora, situação inadequada, pois. Foi necessário colocar um paramento para fluxo de água não correr sobre a correia.	116 a 118 -123
Taludes	Nos taludes de enrocamento não foram observados problemas aparentes.	52 – 108 – 109
Trilhos	Os trilhos de maneira geral apresentam-se corroídos e com o berço de concreto apresentando disgregação em vários pontos ao longo de sua extensão.	138 – 141 a 145
Cabeços de amarração	Apresentam-se com corrosão generalizada.	144 – 145

Defensas	Possui uma variabilidade grande de tipos de defesa, entre elas, com a utilização de pneus. Há muitas defensas rompidas, seja parcial ou total, especialmente as horizontais. As defensas verticais apresentam chumbadores em processo de corrosão, sendo que algumas em estágio avançado.	16 a 21 - 23 a 27 - 29 a 35 - 37
Pavimento	Há diversos trechos deteriorados do pavimento, tanto sobre o cais como sobre o pier. Na retroárea, notam-se trechos de afundamento do pavimento, seja na região de paralelepípedo ou na região de asfalto.	138 - 140 a 142
Tampas de acesso à esteira	Algumas tampas metálicas de acesso à correia transportadora apresentam-se amassadas.	141 - 142

6.1 DESCRIÇÃO E CAUSAS PROVÁVEIS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Manifestação Patológica	Local	Descrição / Causas Prováveis
Camisa metálica corroída ou rompida	Tubulões	Deterioração do aço devido à ação de agentes ambientais, principalmente ataque de íons cloretos.
Armaduras expostas em processo de corrosão	Vigas principais (VP's), vigas secundárias (VPS's), vigas halteres (VH's), lajes e muros de contenção.	Deterioração das armaduras devido à ação de agentes ambientais, provocando a perda de seção resistente, perda de aderência concreto-aço e destacamento do revestimento de concreto. Presença de umidade, carbonatação ou lixiviação, penetração de íons cloreto e baixo revestimento.
Concreto quebrado	Placas pré-moldadas (praça da defesa)	Impacto de embarcações e/ou equipamentos de utilização no porto.
Concreto disgregado	Vigas principais (VP's), vigas secundárias (VPS's), vigas halteres (VH's) e muros de contenção.	Corrosão de armaduras, impactos mecânicos, desforma imprópria.
Concreto segregado		Problemas de execução, regiões do concreto com adensamento deficiente, separação dos agregados da pasta, concentração de agregados graúdos e vazios. Deficiência nas etapas de dosagem, mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto.
Infiltração, umidade, lixiviação e eflorescência.	Vigas de fechamento, região das juntas de dilatação	Penetração ou fluxo de água (infiltração), dissolução dos compostos solúveis da pasta (lixiviação), formação de carbonatos na superfície do concreto (eflorescência). Deficiência de drenagem, fissuração de paredes de contenção, cortinas ou lajes, etc.

Defeitos em juntas de dilatação	Juntas da estrutura	Juntas de dilatação obstruídas ou com elemento de vedação deteriorado ou inexistente. Projeto inadequado, falta de manutenção.
Defeitos no pavimento	Pavimento	Fissuração, desgaste superficial, erosão ("panelas") ou deformações do pavimento flexível. Baixa resistência, sobrecarga, falta de manutenção.

7.0 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios descritos anteriormente foram realizados nos meses de Junho e Julho de 2020, tanto na estrutura do Cais 3 como no Pier.

Para realização dos ensaios, foram empregados os seguintes recursos: equipamentos de proteção individual, trenas, câmera fotográfica digital, equipamentos de iluminação, equipamentos de sondagem rotativa, extratora para retirada de testemunhos no concreto, andaimes, embarcação, equipamentos de mergulho, entre outros. Os serviços foram realizados no período diurno.

O relatório das sondagens, incluído a planta de localização, são apresentados no Anexo I deste Relatório.

A localização dos ensaios no concreto da estrutura, bem como o relatório de ensaios são apresentados no Anexo II deste Relatório.

8.0 DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS E RESULTADOS OBTIDOS

A seguir será feito um resumo descritivo dos ensaios e seus resultados. Os relatórios completos dos ensaios realizados encontram-se anexos a este Relatório, conforme descrito anteriormente.

8.1 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

Foram extraídos 12 testemunhos de concreto das vigas, sendo 6 testemunhos localizados no Cais e 6 no Pier, para avaliação da resistência à compressão do concreto.

De maneira geral, os testemunhos ensaiados resultaram em resistências altas do concreto. Extraíndo o maior valor e o menor, a média resultou em 47 MPa para o Cais e 42 MPa para o Pier. Ainda considerando o coeficiente de correção da Norma, os valores ajustados seriam cerca de 42 MPa para o Cais e 37 MPa para o Pier.

Comparando com os resultados dos ensaios realizados anteriormente pela empresa EACE-BR descritos no documento “*Laudo Técnico contendo Diagnóstico, Diretrizes e Proposta de Solução para a Recuperação Estrutural do Berço 3 do Porto de Imbituba*” de novembro de 2018, constata-se que para a resistência do concreto do Cais houve uma convergência nos valores com os ensaios atuais realizados pela empresa M. Bianco. Para o Pier, também houve uma certa convergência das resistências, porém, no laudo da EACE foi proposto considerar uma resistência menor de 25 MPa ao invés de 40 MPa, como no Cais, em virtude da grande dispersão nos resultados.

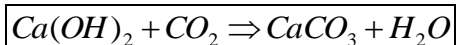
É importante ressaltar que a análise dos resultados da EACE englobam todos os resultados realizados nas vigas, blocos de fundação e tubulões, sendo que estes dois últimos contribuem para baixar a resistência média da estrutura.

Para os ensaios atuais, foram executados apenas nas vigas o que confere resultados pouco maiores.

8.2 ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DO CONCRETO DA PENETRAÇÃO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO NO CONCRETO

A perda da passivação da armadura (despassivação) pode ocorrer como consequência da transformação do concreto em carbonato de cálcio (carbonatação), que não proporciona proteção ao aço.

A carbonatação do concreto é um fenômeno comum na superfície das peças, porém, torna-se prejudicial às armaduras quando a profundidade dessa reação se aproxima do valor do cobrimento das barras de aço. A carbonatação é identificada pela redução do pH do concreto a valores inferiores a 9. Essa redução é decorrente da reação entre o anidrido carbônico (CO₂) presente na atmosfera (que penetra no concreto quando este for permeável, muito poroso ou fissurado) e o hidróxido de cálcio existente na água do concreto, conforme indicado a seguir:



Nos pontos de extração dos testemunhos de concreto para ensaio à ruptura, foram realizados também ensaios colorimétricos para determinação da profundidade da carbonatação do concreto com a utilização de um indicador químico de pH (fenolftaleína, que assume coloração avermelhada em meio básico e permanece incolor em meio ácido), permitindo a visualização da frente de carbonatação. Após aplicação desse indicador sobre a superfície de concreto, é medida então, a profundidade total da frente de carbonatação e o cobrimento da estrutura.

Os resultados mostraram que a penetração da frente de carbonatação na estrutura de concreto mostrou taxas relativamente baixas, não atingindo as armaduras, conforme pode-se ver no relatório do anexo II.

8.3 ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DO CONCRETO POR CLORETOS EM TRÊS PROFUNDIDADES

A análise de penetração por cloretos nas estruturas de concreto mostrou taxas relativamente baixas, até cerca de 0,02% da massa do concreto. Embora essa taxa pequena não indique problema na teoria, foram observadas inúmeras regiões de concreto com exposição de armaduras e com corrosão avançada, inclusive algumas armaduras encontram-se rompidas por corrosão.

É importante esclarecer que as amostras retiradas das vigas de concreto para análise em laboratório foram extraídas das laterais das vigas, regiões estas que encontram-se no geral em uma condição boa do concreto.

Já nas faces inferiores das vigas, onde apresentou uma variação grande do cobrimento, região com maior probabilidade de apresentar problemas executivos como ninhos de concretagem (concreto segregado) devido a alta densidade de armaduras, assim como microfissuras, podem ter contribuído para o ingresso de cloretos e o início do processo de corrosão.

Uma vez iniciado o processo de corrosão, as armaduras tendem a aumentar de volume e conseqüentemente expulsam o concreto do cobrimento, aumentando ainda mais a região exposta das armaduras, que por sua vez aumentam a velocidade e a região corroída, até a ruptura das barras, tornando-se um processo de auto alimentação ao longo do tempo.

8.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SULFATOS SOLÚVEIS NO CONCRETO EM TRÊS PROFUNDIDADES

Em relação às análises de concentrações de sulfato, os teores encontrados estão dentro de parâmetros normais originados da composição do concreto.

Embora as superfícies externas da estrutura de concreto estejam sujeitas a impregnação do sulfato proveniente da evaporação da água do mar, não se observou nas análises quantidades nocivas na estrutura de concreto que pudessem classificar como ataque de sulfato.

8.5 DETERMINAÇÃO DOS INDICES DE PERMEABILIDADE SOB PRESSÃO E COMPACIDADE DO CONCRETO

Os ensaios de permeabilidade no concreto não apresentaram resultados satisfatórios. Provavelmente tiveram influência o tamanho da amostra ($\phi=75\text{mm}$) e o tamanho dos agregados graúdos com dimensão máxima de 35mm.

9.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS ENSAIOS E AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

Conforme descrito anteriormente, a estrutura do Cais 3 é dividida em dois tipos, o cais propriamente dito com comprimento de 190m e largura de 14,4m e o Pier com comprimento de 55m e largura de 19,0m, totalizando a extensão de 245m.

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

No trecho do Pier, há muitos elementos estruturais com exposição de armadura em processo de corrosão avançado, inclusive boa parte dessas armaduras encontram-se rompidas pelo processo de corrosão.

As vigas principais, protendidas, tanto internas como as externas (lado mar), apresentam grandes regiões de armaduras expostas em processo de corrosão avançada. Não se observou indícios de corrosão dos cabos de protensão. Já as vigas secundárias transversais, também protendidas, se apresentam com trechos menores de concreto disgregado e armadura exposta e normalmente essas manifestações patológicas estão localizadas próximas à ligação com as vigas principais. Há nessas vigas secundárias, de modo generalizado, baixo cobrimento das armaduras, favorecendo o ataque de agentes agressivos e conseqüentemente o processo de corrosão.

As vigas halteres, no geral, apresentam trechos menores de exposição de armaduras.

A face inferior das lajes, junto à viga de fechamento apresenta trechos de concreto disgregado e armaduras expostas em processo de corrosão, especialmente no final do Pier.

As vigas de fechamento apresentam armaduras expostas em processo de corrosão e em alguns trechos bastante infiltração.

O que se observou é que os cobrimentos das faces inferiores tanto das vigas como das lajes apresentam grandes variações, sendo que em alguns trechos as armaduras encontram-se marcadas no concreto, ou seja, regiões de cobrimento praticamente zero. Isso é um dos fatores importantes que levam ao processo de corrosão das armaduras. No trecho do Pier essa condição encontra-se bem mais acentuada em relação ao Cais.

Os blocos de fundação apresentam regiões grandes de armaduras expostas em processo de corrosão, tanto nas faces laterais como na face inferior (região das armaduras principais) e que em boa parte dos trechos expostos, as armaduras perderam seção devido à corrosão. Em alguns casos, pode-se notar que as barras foram rompidas pelo avanço da corrosão. As bolachas também apresentam

armaduras em processo de corrosão, sendo que em alguns casos, encontra-se bastante avançada.

No trecho do Cais, as manifestações patológicas são semelhantes, porém, no geral, de menor intensidade.

Nas vigas principais há regiões de armaduras expostas nas faces laterais e inferior e também foram encontradas algumas exposições de armaduras na face inferior do arco.

Para as vigas secundárias, halteres, bolachas e lajes, há também trechos de armaduras expostas em processo de corrosão, mas não tão acentuados como no Pier.

As vigas de fechamento na região das juntas apresentam manchas de infiltração e exposição de armaduras. Em função da deterioração da vedação ao longo do tempo, há nesses trechos passagem de água frequente, provocando aumento na velocidade de deterioração da estrutura de concreto. Pode-se observar claramente que nos trechos com manchas de infiltração a estrutura encontra-se mais deteriorada, com armaduras em processo de corrosão.

Os tubulões de maneira geral apresentam camisa metálica bastante corroída, especialmente na região de zona de variação da maré. Alguns tubulões não apresentam mais a camisa metálica nessa região. Não se observou na inspeção visual com mergulhadores, regiões significativas de problemas no concreto e mesmo com armaduras expostas.

Em resumo, com o apoio dos ensaios, pode-se notar que o concreto nos locais de boa execução, apresenta-se adequado, com baixa concentração de ataques de cloreto e sulfato e com valores bons de resistência.

Porém, nos locais de grande variação do cobrimento (principalmente na face inferior de vigas e lajes) ou trechos com falhas executivas, pode-se constatar uma condição bem pior da condição do elemento estrutural, com armaduras em processo de corrosão avançado. Somam-se a essa análise os blocos de fundação. Essa condição de deterioração dos elementos estruturais de concreto se deve ao ambiente ser extremamente agressivo e uma vez que é proporcionado a entrada do agente agressivo, a velocidade de deterioração se propaga muito rapidamente.

De maneira geral, houve uma certa convergência nas análises feitas comparando-se com o Laudo da ACE-BR, onde os pontos divergentes, especialmente quanto a análise de penetração do cloreto, devem ser tratados, analisados em separado e muito provavelmente se deve às regiões de falhas executivas.

As soluções de reparo com suas especificações e o projeto de reforço para correção e melhoria dos problemas e deficiências encontrados, bem como do aumento da capacidade resistente da estrutura, serão detalhados nos projetos de recuperação e reforço estrutural que fará parte do Relatório II – *Projeto Básico de Recuperação e Reforço Estrutural*.

10.0 ANEXOS

10.1 Anexo I – RELATÓRIO DE SONDAGENS

10.2 Anexo II – RELATÓRIO DE ENSAIOS NO CONCRETO

10.1 ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGENS

10.2 ANEXO II – RELATÓRIO DE ENSAIOS