

Recuperação e Reforço de Tubulações de Píer

Gil Louzano Peixoto de Alencar¹

Resumo

O artigo busca mostrar as dificuldades encontradas para elaboração de um diagnóstico estrutural, que na maioria das vezes se depara com falhas de projeto, falta de previsão de acessos, inexistência de planejamento de manutenção periódica, indisponibilidade do acervo ou mesmo memória da estrutura, ou ainda situações naturais adversas, que podem contaminar os dados e influenciar as conclusões do profissional responsável pelo trabalho. Para se evitar esse tipo de situação e contornar estas dificuldades descreve-se neste artigo uma metodologia simples e o sistemática adotada para vistoriar uma estrutura portuária, e que pode ser perfeitamente adaptada para os mais diversas tipologias de plantas industriais ou residenciais.

Como se trata de uma situação real, além do procedimento de diagnóstico, faz-se uma breve explanação sobre as soluções de recuperação e reforço sugeridos e executados, descrevendo-se sucintamente as técnicas e tecnologias adotadas e compatíveis com as especificidades do local, que foram determinantes para a utilização de argamassas poliméricas tixotrópicas no lugar de micro-concretos convencionais e reforços em tecido de fibras de carbono ao invés de encamisamentos em concreto armado.

Palavras-chave: concreto; corrosão; píer; compósitos de fibras de carbono.

1 Introdução

O diagnóstico de patologias de uma estrutura é uma investigação científica, onde a coleta de informações e interpretação das evidências levam ao parecer técnico mais correto.

Porém, muitas vezes os locais para vistoria são de difícil acesso, tais como, pontos cegos de fachadas, elementos construídos em coberturas, subsolos, pavimentos técnicos, parte inferior de pontes sobre o mar ou em grandes alturas.

Nas construções mais antigas não era comum a previsão de acessos para manutenção, sendo assim muitas vezes, principalmente nos levantamentos iniciais, não existe um aparato mobilizado para se acessar todos os pontos a serem vistoriados. A coleta de evidência é então prejudicada, limitada ou até direcionada pelos recursos disponíveis no canteiro e não pela particularidade do elemento a ser levantado.

Este trabalho mostra o levantamento e a análise de patologias na estrutura de um píer com aproximadamente 30 anos de uso em condições severas de carregamentos e ambiente extremamente agressivo, situado no fundo de baía, que além dos

cloretos presentes no ambiente marinho existe grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, oriundas de despejos de esgotos clandestinos de comunidades próximas e da própria morfologia do local, que tende a acumular material orgânico e demais detritos arrastados pela maré e correntes internas da Baía de Guanabara.

Como remate do diagnóstico exemplificado, são mostradas as soluções de recuperação e reforços compatível com as necessidades específicas do local, como argamassas tixotrópicas para regularização da geometria das peças que dispensam a utilização de formas e tecidos de fibras de carbono e E-glass, que se moldam a geometria da estrutura, economizando o tempo de construir complexas formas reforçadas para preenchimento com grout.

2 O local

O píer analisado está situado numa base naval de uma empresa construtora de estruturas “offshore”, na região portuária de Niterói, às margens da Avenida Niterói-Manilha. A área levantada é de acesso complicado e sujeita a picos de maré, sendo que a maior

¹ Arquiteto, Mestrando do PPGEC da Universidade Federal Fluminense. gil@etu.ufrj.br.

parte dessa estrutura só pode ser acessada por meio de pequenas embarcações a remo (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Aspecto do acesso a estrutura, com muito lixo e materia orgânica depositado diariamente pela maré.



Figura 2 – A estrutura fica boa parte do tempo com seu acesso alagado sendo que a maior parte dela só pode ser assedado por barco.

Como uma das partes principais do diagnóstico é a coleta de evidências, sejam fotos, ensaios ou documentos por mais difíceis que as condições se apresentem. É muito importante que o profissional que busque identificar e explicar uma patologia, seja isento de considerações prévias, para que durante a investigação em campo não seja influenciado e conduza a investigação para determinado desfecho, sem realmente coletar os dados para interpretar o problema existente.

3 Descrição da estrutura

O cais de atracação construído em concreto

armado com aproximadamente 30 anos de utilização, composto por tubulões de 125 cm de diâmetro, coroados por capitéis quadrados de 150 cm de lado e 150 cm de altura, em concreto, interligados por vigas com 60 cm de largura, 150 cm de altura livre sob a laje de 25 cm de espessura. Essas peças são interligadas por vigas menores com 50 cm de base e 100 cm de altura, e todo o conjunto é protegido por um paramento frontal de concreto com 50 cm de base e 250 cm de altura.

O conjunto apresentava diversos pontos com concreto danificado e armaduras expostas nas vigas, tubulões e paramento de atracação, principalmente em suas faces inferiores, devido ao acesso prejudicado pela própria morfologia do local e falta de projeto de manutenção.

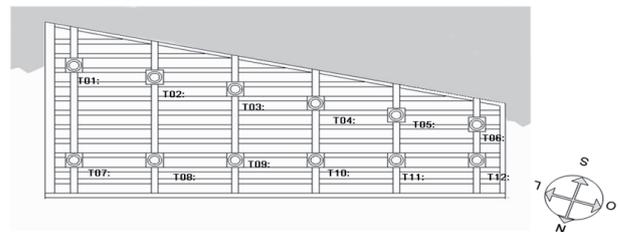


Figura 3 – Croquis da estrutura elaborado para o levantamento.

4 Levantamento

Nessa etapa o engenheiro pode ter uma quantidade de informação disponível, projeto estrutural, formas, fotos da patologia, relatos de equipe de manutenção e de outros engenheiros que o levem à necessidade de elaborar uma depuração do material a ser analisado. Ressalta-se que é necessário ser mantida uma imparcialidade, e coletar os dados da forma mais isenta possível, usando-se para isso um roteiro básico a seguir descrito.

- Levantar as plantas existentes; quando houver.
- Coletar informações sobre o objeto a ser estudado: histórico, pareceres anteriores, fotos, entrevistas com usuários e pessoal técnico responsável pela estrutura.
- Ir ao local para confrontar as informações coletadas nos dois itens anteriores, verificando se essas correspondem à realidade.
- Analisar toda área do entorno do elemento e não apenas o objeto a ser vistoriado.
- Preparar estratégia para o levantamento, equipamentos e pessoal necessários.
- Realizar novas fotos, ensaios e comparar com os dados existentes.

A fase de coletar informações em campo é uma tarefa simplesmente de metodologia e disciplina, pois quando se está a elaborar um diagnóstico, deve-se concentrar em não manipular os dados e não contaminar a amostra, para que depois, em um ambiente controlado, distante da adrenalina de um canteiro de obras, longe de especulações e ansiedades do cliente, seja possível confrontar os dados coletados, com as suposições elaboradas, com as novas informações e assim confirmar ou refutar as hipóteses levantadas.

Por se tratar de uma estrutura do final dos anos de 1970 e início da década de 80 e apenas alguns anos sobre a administração da empresa de construção naval, a maioria dos registros estruturais anteriores a essa administração se perderam, a empresa estava resgatando aos poucos este acervo, mas no momento desse trabalho só haviam sido identificadas algumas plantas de fundação e armação de algumas lajes e vigas, que apesar de não esclarecer toda a estrutura serviram para nortear o parecer técnico e verificar a capacidade do pier em atender as novas especificações exigidas.

Como se trata de uma estrutura portuária destinada a carga e descarga de equipamentos, é importante identificar os possíveis sinais de colisão ou albarroamento por embarcações, que devido ao seu peso elevado somado com força das correntes marinhas e vento podem causar tensões pontuais extradionárias, deixando suas marcas na estrutura por meios de danos no concreto, fissuras ou deslocamentos. Essas patologias afetam diretamente a vida útil da estrutura, prejudicando a camada passivadora da peça, criando atalhos que permitem que os sais dissolvidos no ambiente atinjam mais facilmente a armadura, que ficou com a camada de cobertura danificada ou mesmo exposta por esses incidentes. Um exemplo da força desses impactos e da carga adicional sobre a estrutura pode ser observada na Figura 4, onde uma estrutura metálica colocada como uma proteção adicional do paramento está deformada por essas solicitações.



Figura 4 – Estrutura de aço danificada por impactos.

Na Figura 5 descreve-se o paramento oeste, concreto com várias, manchas, pontos de fendilhamentos e marcas de impactos de embarcações.



Figura 5 – Fendilhamento do concreto causado por corrosão da armadura, com rompimento dos estribos da área positiva da viga.

Na viga do paramento frontal em sua face inferior, além do concreto fendilhado, é possível ser observado diversos estribos rompidos (Figura 6) com destaque a uma armadura de alma ou cavalete de 45° muito usados por calculistas, na década de 70, para resistir à força cortante (Figura 7).



Figura 6 – Detalhe do estado da armadura positiva no trecho entre T11 e T12, estribos rompidos e armaduras com perda de seção.



Figura 7 – Detalhe do rompimento de uma barra na dobra do cavalete.

A estrutura dos tubulões apresentava desagregação do concreto devido ao aumento do volume da armadura, causada pela formação dos óxidos de

ferro produzido pelo processo de corrosão instalado (Figura 8).



Figura 8 – Fendilhamento e disgregação do concreto devido à corrosão de armadura.

Durante o levantamento foi possível notar as diferentes fases da mesma patologia, por exemplo, no T12 foi observado o processo inicial de fendilhamento, causando o desprendimento de grandes placas do concreto de cobertura expulsas pela corrosão das armaduras visível no tubulão T06 (Figura 9).



Figura 9 – Tubulões T12 e T06, ao fundo com patologias similares. O tubulão T12 apresenta uma fissuração menos acentuada.

No levantamento deve ser corretamente identificada a localização das anomalias em planta, ou croquis, com especial atenção a proporcionalidade de escala e referências fotográficas para posterior quantificação. Isso é facilmente obtido com fotos com visadas mais abertas, registrando a patologia de interesse com alguma referência de tamanho, uma caneta, uma peça da estrutura que se saiba a exata dimensão e posicionamento, para que se possa por meio dessas referências determinar com bastante precisão a dimensão de grandes áreas de recuperação sem a necessidade de se “esticar uma trena” ponto a ponto.

Ainda nessa etapa é necessário, detectar mascaramentos e maquiagens sobre pontos da estrutura. Essas áreas sempre que identificadas devem ser tratadas com cautela e atenção especial ao seu

histórico, apurando-se “o quando”, “o porquê” e “o como foram feitas”, são geralmente caracterizadas por coloração diferente na pintura ou textura destoante com as demais partes da peça estrutural, tornando evidente que naquele ponto houve algum tipo de intervenção. Na maioria das vezes esses procedimentos são realizados com materiais e técnicas inapropriadas, potencializando um problema pré-existente, e causando muitos transtornos para o processo de recuperação (Figura 10).



Figura 10 – Exemplo de reparação inadequado.

Durante o levantamento da estrutura foram encontradas evidências que o material do enrocamento está deslizando sobre a estrutura, com diversos pontos apresentando desmoronamentos e com finos do retro porto escapando por entre as pedras soltas (Figuras 11 e 12).



Figura 11 – Material desprendido no enrocamento.

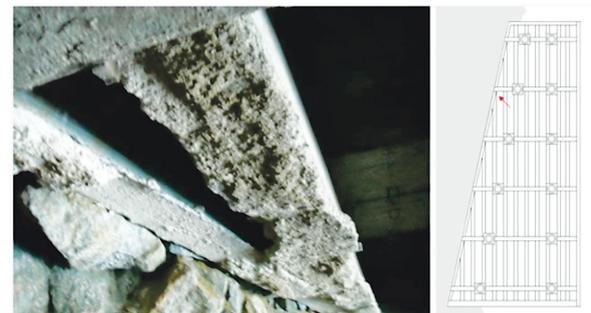


Figura 12 – Fundo de viga mostrando camada de concreto magro, indicando que o solo e enrocamento sob essa peça cedeu.

5 Mapeamento preliminar

Com base nas fotos e nas observações em canteiro é possível, fazer uso de ferramentas eletrônicas de desenho, que possibilitam a quantificação das áreas de recuperação (Figuras 13 e 14).

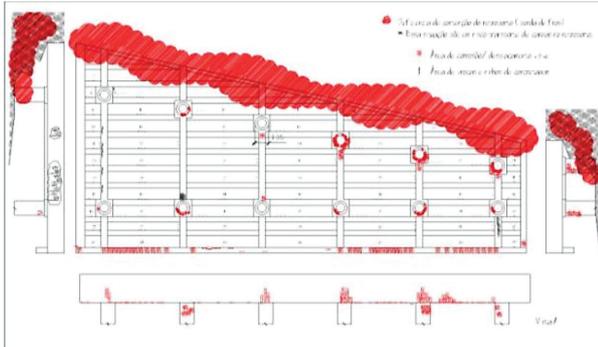


Figura 13 – Área e local visível das patologias.

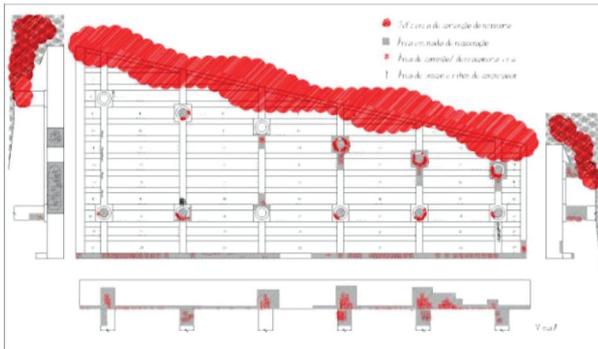


Figura 14 – Área estimada de recuperação.

6 Análise das patologias

O quadro geral das anomalias no concreto armado é caracterizado pela corrosão das armaduras, onde o processo em seu desenvolvimento aumenta a seção dos aços, em até oito vezes o volume inicial, gerando pressões que levam ao fendilhamento e desagregação do concreto.

O meio marinho é consideravelmente responsável por esse quadro, pois a presença de cloretos e dos impactos na “Splash Zone” (zona de margagem e zona de agitação) contribui diariamente para a contaminação da camada passivadora. Essa condição é extremamente prejudicial às estruturas de concreto armado, pois uma vez que a camada de proteção das armaduras (cobrimento passivante) é afetada tem início o processo de corrosão, e possível desagregação do concreto.

De forma a verificar uma possível desagregação do concreto da estrutura foram realizados ensaios

com esclerômetros (Figuras 15 e 16) para determinar a resistência superficial do concreto de acordo com o seguinte procedimento:

- determinação de um valor desejável de referência para os ensaios;
- determinação de áreas da estrutura para realização dos testes;
- comparação dos resultados obtidos em canteiro com o valor desejável.



Figura 16 – Detalhe do posicionamento adotado para a esclerometria.

O concreto por ter aproximadamente 30 anos e estar num ambiente, que apesar de agressivo, o manteve em condições de temperatura e umidade constantes durante toda sua vida, propiciou resultados acima da média pré-estabelecida, provando que apesar do concreto estar disgregado e contaminado por cloretos, não houve desagregação do concreto que seria denunciada pela perda da resistência superficial nos locais ensaiados (Figura 17).



Figura 17 – Apesar das patologias levantadas a estrutura, não apresentou indício de desagregação do concreto.

Então ao se cruzar as informações coletadas e ensaios de campo, conclui-se que é possível realizar a recuperação da estrutura de concreto e indicar reforços e proteções para as situações mais desfavoráveis da estrutura de forma a atender às novas solicitações.

No entanto foi verificado que os blocos de rocha do enrocamento que sustentam o retro porto se deslocaram (Figura 18), criando vazios e acarretando perda de material (Figura 19). Essa situação é potencializada pela alteração da utilização dessa região, que mesmo sendo em fundo de baía, está sujeita ao impacto de ondas com amplitude de 0,50 m a 1,50 m, geradas pelo intenso fluxo de lanchas e rebocadores que transportam peças e funcionários entre as diversas instalações navais e estaleiros.

Para contornar essa situação foi empregado um muro de arrimo concretado entre a ultima linha de tubulões e o que restou do enrocamento, sendo o espaço vazio entre muro e o enrocamento preenchido com areia adensada por água. Esse processo evita novos deslizamentos, criando uma proteção definitiva do enrocamento contra o impacto dessas ondas.



Figura 18 – Material do retro porto escapando por entre as pedras do enrocamento.



Figura 19 – Avanço de material sob a estrutura.

7 Procedimento de reparo e reforço

Após a análise da estrutura e determinação de suas necessidades foi possível definir os melhores materiais existentes no mercado para a recomposição da geometria das peças.

Porém, independente dos materiais a serem utilizados, o processo de preparo da superfície para recuperação é praticamente o mesmo, sempre começando com a identificação das áreas afetadas com base no levantamento e estimativa inicial. Seguiu-se a inspeção tátil visual da estrutura, onde as áreas que apresentavam deterioração ou som cavo tiveram a total escarificação mecânica e manual do concreto disgregado, com remoção de todo material particulado e solto em volta das barras corroídas até se identificar uma seção de armadura livre de sinais de oxidação, com pelo menos 10 cm de extensão (Figura 20). Após a limpeza preliminar se determinou o limite do reparo com um corte de disco diamantado para concreto refrigerado a ar, na profundidade de 1 cm para garantir a perfeita aderência do material de reparo à cavidade em tratamento (Figuras 21). As barras de aço foram limpas com escovas de aço, removendo-se o material oxidado e tratadas com inibidor de corrosão bicomponente, formulado com polímeros, cimento Portland e inibidores de corrosão (Figura 22).



Figura 20 – Remoção mecânica do concreto disgregado.



Figura 21 – Substituição de estribos e delimitação de área com corte com disco diamantado.



Figura 22 – Armadura livre do concreto desgregado tratada com inibidor de corrosão.

As armaduras rompidas ou que após a limpeza apresentarem perda seção significativa foram substituídas e também tratadas com inibidores de corrosão (Figura 23).



Figura 23 – Trecho de armadura recomposta.

Tabela 1 – Resistência mecânica.

Dias	1	3	7	28
Compressão (MPa)	31,00	49,03	62,10	75,80
Flexo-Tração (MPa)	4,50	5,60	6,90	9,00

Para o fechamento das cavidades nas regiões já tratadas foi utilizada argamassa polimérica tixotrópica, que consiste num produto monocomponente apresentado sob a forma de pó, modificado com polímero e fibras sintéticas, que misturado com água produz uma argamassa reoplástica e tixotrópica, de alta resistência, com retração compensada e sem segregação, recomendada para reparações estruturais em concreto em camadas de até 4 cm de espessura, po-

dendo se aplicadas sucessivamente, atingindo-se as resistência mostradas na Tabela 1.

Essa argamassa se destaca com relação ao microconcreto devido ao fato de não precisar de formas para a sua aplicação, podendo ser empregado em áreas de difícil acesso e complicada execução, como o fundo de lajes, onde o lançamento de microconcreto demandaria de aberturas adicionais na estrutura, ou no caso de pilares circulares, seriam necessárias complexas formas para execução de uma concretagem convencional (Figuras 24, 25 e 26).



Figura 24 – Exemplo de recomposição de geometria com argamassa polimérica tixotrópica no fundo da laje.



Figura 25 – Recuperação de armadura do tubulão.



Figura 26 – Peça com a área recomposta com argamassa polimérica tixotrópica, dispensando-se o uso de formas.



Figura 27 – Reforço em tecido de E-glass e compósito fibras de carbono.

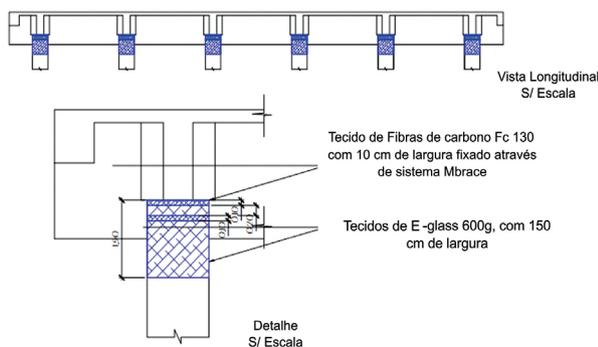


Figura 28 – Projeto de reforço dos tubulões.

Seguindo o projeto de reforço dos tubulões, toda a parte exposta da estrutura, depois de recuperada, foi envelopada por uma camada de E-Glass

(manta de fibras de vidro), e na face superior duas mantas de tecido de fibras de carbono, atuando como dois estribos adicionais incorporados ao concreto (Figuras 27 e 28).

8 Observações finais

Os procedimentos de levantamento, tratamento e preparo dos dados obtidos em canteiro, são fundamentais para se elaborar um bom relatório.

É necessário um amplo conhecimento de tecnologias e materiais de reparo e reforço para a elaboração de um bom diagnóstico, com soluções estruturais compatíveis com as especificidades do canteiro.

O profissional de engenharia ou arquitetura precisa estar informado das novidades tecnológicas, devendo conhecer e pesquisar sobre todos os avanços na indústria da construção civil, analisando de forma crítica essas novas tecnologias e matérias, apurando sua real disponibilidade no mercado e como são ofertados. Se o produto for importado, total ou parcialmente, pode haver deficiência em atender uma demanda de projeto, devido às dificuldades de importação e à burocracia alfandegária, tornando um projeto primoroso de recuperação em uma solução inexecutável ou incapaz de ser economicamente competitiva com técnicas convencionais ou culturalmente enraizadas.

O diagnóstico é, portanto, um espelho do profissional que o executa, refletindo toda sua experiência, disciplina e conhecimento sobre o tema.

9 Bibliografia

- HELENE, P. R. L. Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118:2007 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Editora PINI, 1998.
- BERTOLINI, L. Materiais de Construção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- DUARTE, A. Fototeca, Acervo técnico, Teprem Tecnica em Premoldados Engenharia LTDA, Rio de Janeiro, 2010.
- DUARTE, A. PP 015-08-08po_PROJETO DE RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA DO PIER DE ATRACAÇÃO BASE DA UTC ENGENHARIA. Acervo técnico, Contractor FC do Brasil, Rio de Janeiro, 2010.