

PLANO DE MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SUJEITAS A AGRESSIVIDADE MARINHA: ESTUDO DE CASO NO PORTO DE CABEDELLO-PB

PLAN OF MAINTENANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES SUBJECT TO MARINE AGGRESSIVENESS: CASE STUDY IN THE PORT OF CABEDELLO-PB

Amanda Oliveira de Lima¹

Valkisfran Lira de Brito²

RESUMO

Manifestações patológicas, provenientes da agressão do ambiente marinho, foram constatadas nas estruturas de concreto armado do porto de Cabedelo, na Paraíba. Com objetivo de relacionar patologias em estruturas de concreto armado existentes, e suas causas no ambiente em que estão inseridas, realizaram-se inspeções no local de estudo. Observou-se que as manifestações encontradas ocorreram, em maior parte, nas zonas de variação de maré, zona de spray e zona de respingo, locais estes que têm uma proximidade maior com a água do mar. Também foi possível observar que a falta de manutenção foi um agravante. Chegou-se à conclusão de que é necessário seguir um plano de manutenção elaborado de acordo com as características do ambiente, para garantir o perfeito funcionamento do porto, aumentando sua vida útil de maneira viável e econômica. Ao fim, é proposto um plano de manutenção simples para este tipo de estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias. Concreto. Aço. Recuperação. Manutenção.

ABSTRACT

Pathological manifestations, arising from marine environment aggression, were observed in the reinforced concrete structures of the port in Cabedelo, Paraíba. In order to relate pathologies to existing reinforced concrete structures and their causes and environment in which they are inserted, inspections were carried out at the study site. It was observed that the found manifestations occurred mostly in tide variation zones, spray zone and splash zone, places that have a greater proximity with the water of the sea. It was also possible to observe that the lack of maintenance was an aggravating factor. It was concluded that it is necessary to follow a maintenance plan elaborated according to the characteristics of the environment to ensure perfect functioning of the port, increasing its useful life in a viable and economical way. Finally, a simple maintenance plan is proposed for this type of structure.

KEYWORDS: Pathologies. Concrete. Steel. Recovery. Maintenance.

1 Graduanda em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). E-mail: amanda.lima.ec@gmail.com

2 Engenheiro civil, doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Docente do Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). E-mail: valkisfran.brito@unipe.br

INTRODUÇÃO

O concreto armado tem sua durabilidade diretamente ligada ao tipo de ambiente em que está inserido, além dos esforços a que estará sujeito, ao longo de sua vida útil. Estudos que determinam as causas de deterioração do concreto armado estão em constante evolução porque, apesar do concreto e do aço trabalharem em conjunto, os mesmos apresentam características distintas, atribuindo complexidade no sistema como um todo. As causas de deterioração raramente são isoladas, uma estrutura está sujeita a diversos tipos de ações, sejam elas de origem física, química ou mecânica.

Segundo a NBR 6118 (2014), as estruturas de concreto armado devem atender a três requisitos mínimos durante sua construção e vida útil: capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade. As estruturas devem ser projetadas para os fins de uso e ambiente onde estarão inseridas, requisitos que devem ser respeitados, pois, caso contrário, toda a funcionalidade e segurança da estrutura poderão estar comprometidas. Ainda segundo a norma, o ambiente marinho é de forte agressividade nas estruturas de concreto armado, em função disso, se estabelecem alguns parâmetros para garantir sua durabilidade, como a qualidade do concreto a ser empregado e a espessura do cobrimento da armadura.

Projetos de estrutura de concreto expostos a ambientes quimicamente agressivos exigem uma atenção especial para assegurar desempenho e vida útil da edificação (CORSINI, 2013). Existem várias maneiras de retardar os problemas causados por agentes naturais e a engenharia tem desenvolvido estudos cada vez mais precisos para que haja um cuidado maior em suas fases de projeto, execução e manutenção.

Dentre as estruturas, sujeitas a ataque em ambiente marinho, destacam-se os portos marítimos, local este onde as estruturas de concreto armado estão suscetíveis ao ataque por íons cloretos. O problema do ingresso dos cloretos nas estruturas de concreto armado é peculiarmente agudo no cais dos portos marítimos, até mesmo nas estruturas que o compõem como um todo, gerando número significativo de patologias encontradas nestes locais, seja por meio do contato direto com a água do mar, ou partículas levadas pelo vento. Esse fator é preocupante, pois os portos têm relevância significativa na economia de um país, por este motivo, devem ser mantidas as condições de funcionamento destes locais.

A manutenção nas estruturas visa garantir ou reestabelecer as condições de desempenho para qual determinada estrutura foi concebida. Um plano de manutenção adequado, além de acompanhar evolução de normas, técnicas e materiais, prorroga a vida útil destas estruturas, diminuindo assim os custos com recuperação. Neste contexto este estudo tem como objetivo de analisar constatações encontradas no Porto de Cabedelo-PB, abordando patologias e os aspectos relacionados à manutenção.

AÇÃO MARINHA NO CONCRETO ARMADO

Segundo Corsini (2013), as estruturas de concreto estão suscetíveis à deterioração em qualquer tipo de ambiente, porém, quanto mais forte a agressividade do meio, mais rápido e mais intenso pode ser esse processo. Apesar de o concreto ser de grande rigidez, apresenta grande fragilidade quando exposto a agentes químicos, sabe-se que um ambiente muito vulnerável para esse tipo de estrutura é o ambiente marinho, que apresenta grau de agressividade conforme a sua localização dentro dessa zona, dividindo-se em 5 (cinco) localizações, descritas a seguir:

Zona submersa: consiste na região onde o concreto encontra-se abaixo do nível mínimo de água.

Zona de flutuação de maré: consiste na região onde o concreto encontra-se entre o nível mínimo e máximo de água, representando ciclos de molhagem e secagem, regidos pela variação diária das marés.

Zona de respingo: zona onde o concreto é atingido diretamente pelos respingos da água.

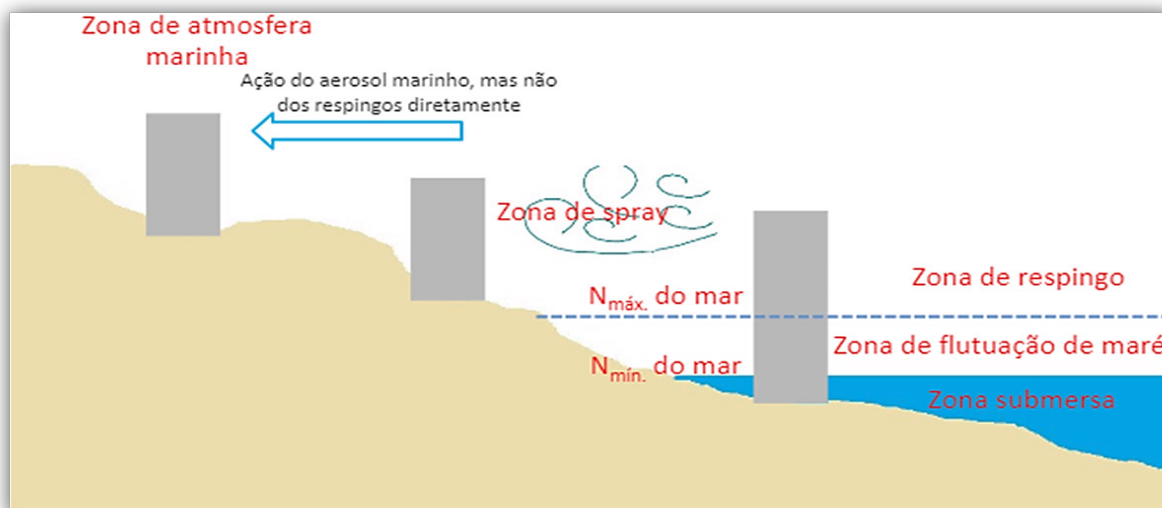
Zona de spray: também conhecida como zona de interface solo/respingo, trata-se da região onde o concreto sofrerá respingo da água do mar, na presença de ventos fortes, ou, em decorrência de ventos fracos, o concreto não sofre ação dos respingos.

Zona de atmosfera marinha ou Zona de solo: o concreto sofre ação do aerossol marinho, porém a estrutura não será atingida diretamente por respingos de água.

(ALVES e GEIMBA, 2010)

A Figura 1 mostra um esquema das diferentes zonas de agressividade marinha.

Figura 1: Representação esquemática das diferentes zonas de agressividade marinha.



Fonte: Alves e Geimba (2010).

A principal característica do ambiente marinho se dá pela grande quantidade de sais dissolvidos na água do mar. Sais estes que a diferenciam de todas as outras, capazes de gerar inúmeros mecanismos de deterioração. Segundo Serra (2012), a salinidade dos oceanos ronda em torno de 35 g/l, apresentando diferença entre eles pela dinâmica entra a precipitação e a evaporação.

A caracterização do ambiente, desta forma, se faz necessário para melhor análise e solução dos eventuais problemas a se encontrar. Alguns aspectos relevantes aos estudos sobre a durabilidade do concreto armado frente à agressividade marinha devem ser considerados, como: composição da água do mar; vento; incidência de chuvas, entre outros.

A deposição dos cloretos no concreto armado é um assunto persistente na construção civil, pois provoca corrosão das barras de aço, levando a fissuração e destacamento do concreto. Além da contaminação oriunda do próprio ambiente marinho, esse processo pode ocorrer em outras ocasiões, tais como: quando há presença de sais na água de amassamento no concreto, quando se faz uso de aditivos à base de cloretos de cálcio, entre outras.

O teor de cloretos existente nos vazios do concreto determina o grau de agressividade a que a estrutura estará submetida. Podem-se identificar vários trabalhos realizados a fim de determinar o teor de cloretos no qual se inicia o processo de corrosão, porém, nota-se que ainda não foi possível chegar há uma conclusão. Segundo Page (1981), recomendações britânicas fixam como limites de cloretos para corrosão os valores a seguir:

- Baixo risco: $< 0,4\%$, em massa de cimento.
- Risco intermediário: $0,4\% < < 1\%$, em massa de cimento.
- Alto risco: $> 1\%$, em massa de cimento.

Já o *American Concrete Institute* (ACI-Building Code 318-2002) estabelece uma porcentagem máxima de íons cloretos solúvel em água de 0,15% por peso de cimento para o concreto armado em serviço.

Todas as ações marinhas podem provocar patologias, também conhecidas como lesões ou defeitos, mostrando incapacidade de atender o seu funcionamento, segurança e vida útil, decorrentes das mais variadas causas, sendo elas: falha de projeto, utilização de materiais de baixa qualidade, má execução, mau uso da estrutura e por fim, a falta de manutenção. Entre todas as causas citadas, pode-se dizer que a mais preocupante de todas elas é a falta de manutenção da estrutura, pois sua falta faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações extremas. Essa manutenção se faz ainda mais necessária quando há exposição a condições de ambientes com grau de agressividade elevado.

Frente aos fatores de degradação decorrentes da ação marinha são muitas as causas da deterioração das estruturas de concreto armado, tais como: desgaste do concreto, devido aos fenômenos físicos de abrasão, erosão e cristalização dos sais, bem como a corrosão das armaduras, devido à carbonatação ou ao ingresso de íons cloreto. Citam-se a seguir as patologias mais comuns em função destes fenômenos:

- Perda de massa superficial: Decorrente dos fenômenos físicos de abrasão e erosão, esse processo geralmente ocorre em zonas de variação de maré, pelo contato da estrutura com a água do mar que se encontra em movimento constante.
- Fissuração: São decorrentes da cristalização dos sais nos vazios do concreto, processo se dá quando a estrutura está sujeita a processos de molhagem e secagem, bem como, quando ocorre a expansão do aço dentro do concreto. O destacamento ocorre após a fissuração, pois, com a expansão dos sais no interior da estrutura, são promovidos pequenos esforços de tração, fazendo com que ocorram as fissuras e conseqüentemente o seu destacamento.
- Corrosão: Esse processo pode ocorrer por dois grandes motivos, a carbonatação e a ação dos cloretos, ambos possuem agentes que destroem a camada protetora do aço, permitindo o contato com o oxigênio do ar. Em determinada fase de sua deterioração o aço expande promovendo o rompimento do concreto. “Os sinais mais frequentes e indicadores da corrosão no concreto são: manchas acastanhadas sob a superfície da estrutura, fissuração, desagregação e eflorescência” (Ribeiro et al., 2014).

MANUTENÇÃO E RECUPERAÇÃO

O concreto armado pode ser utilizado de forma a apresentar boa durabilidade, desde que executado de forma correta e receba manutenção adequada. Segundo Villanueva (2015), a ausência da manutenção adequada em edificações é responsável por anomalias das mais variadas que, por sua vez, são causadoras de danos materiais e, às vezes, pessoais. Já Helene (1992) relata que as construções que apresentam manifestações patológicas em intensidade e incidências significativas, acarretam elevados custos para realização de manutenções corretivas. No Quadro 1 a seguir, pode-se observar valores gastos com reforma em alguns países.

Quadro 1: Tabela de Preço de insumos para recuperação de estrutura

PAÍS	GASTOS TOTAIS COM CONSTRUÇÃO	GASTOS COM CONSTRUÇÕES NOVAS	GASTOS COM MANUTENÇÃO E REPARO
FRANÇA	165,2 bilhões de euros	85,6 bilhões de euros (52%)	79,6 bilhões de euros (48%)
ALEMANHA	198,7 bilhões de euros	99,7 bilhões de euros (50%)	99,0 bilhões de euros (50%)
ITÁLIA	135,4 bilhões de euros	58,6 bilhões de euros (43%)	76,8 bilhões de euros (57%)

Fonte: Medeiros, Andrade e Helene (2011)

Para diminuir os altos gastos gerados com recuperações, se fazem necessários ações de manutenção, podendo tais ações ser classificadas como estratégica e esporádica, conforme exposto a seguir:

Manutenção Estratégica: Esse tipo de manutenção baseia-se nas revisões periódicas realizadas nas estruturas, tendo por finalidade programar os serviços preventivos ou corretivos, visando evitar as falhas nas estruturas.

- a) Preventiva: Segundo Nakamura e Farias (2013), a observação e a manutenção preventiva são as melhores formas de manter uma estrutura de concreto em ordem.
- b) Corretiva: Segundo Helene (1992), esse é um tipo de solução que permite a correção de manifestações patológicas evidentes. Esse tipo de manutenção tem caráter de recuperação, pois os procedimentos para que ocorram são bem semelhantes, mas pode ocorrer em situações mais simples e ser executado por equipe de manutenção.

Manutenção Esporádica: Segundo Villanueva (2015), esse foi o primeiro tipo de manutenção a ser adotado pelo meio profissional, e o mais caro. Geralmente nasce da necessidade de uma determinada atividade de correção ou de reforço na estrutura, e não está centrada em nenhum plano de ações pré-determinadas. (SOUZA e RIPPER, 1998).

- a) Corretiva: Geralmente ocorre de forma não planejada, por este motivo pode acarretar custos maiores que a manutenção corretiva estratégica.
- b) Emergencial: Segundo Lourenço e Mendes (2011), essa técnica é empregada para permitir a recuperação da estrutura gravemente avariada, quando normalmente já existe impossibilidade de uso.

Diversas técnicas podem ser empregadas para realização de manutenção. Pode-se citar duas técnicas muito utilizadas e indispensáveis para uma manutenção adequada em estruturas de concreto armado:

1º Inspeção Visual Rotineira: Atividade que permita avaliar o estado de conservação de uma estrutura, limitando-se a avaliar a superfície do concreto, elemento indispensável na metodologia de manutenção preventiva. São vários os fatores que requerem atenção especial durante este procedimento, sendo eles:

- Alterações na coloração do concreto original, identificando a coloração da mancha, como exemplo: coloração avermelhada (que indica a corrosão da armadura) e esbranquiçada (que indica a carbonatação do concreto);
- Presença de fissuras, identificando sua abertura, configuração e causa provável, como exemplo: fissuras resultantes de esforços estruturais e fissuras resultantes da corrosão da armadura;
- Deterioração da camada superficial do concreto, identificando profundidade afetada e causa provável, como exemplo: deslocamento por impacto e desgaste devido à erosão;
- Armadura exposta, identificando o seu estado, como exemplo: com ou sem corrosão, seção efetiva e presença de ruptura e descontinuidades;
- Presença e falhas nos revestimentos, em pinturas e em impermeabilizações;
- Alterações na configuração de elementos da estrutura, como exemplo: flechas, rupturas localizadas e torções;
- Presença de umidade, acúmulo de água e infiltrações, indicando possíveis causas e a existência na região de outras patologias, juntas, sistema de drenagem etc.

(ARAÚJO e PANOSSIAN, 2010)

Segundo Souza e Ripper (1998), toda anomalia identificada neste tipo de inspeção deve ser registrada em planilha, para que se possa ter o devido acompanhamento da estrutura. A periodicidade das inspeções vão várias e de acordo com a idade das estruturas e o ambiente em que estão inseridas.

2º Sistema de Proteção: No mercado existem alguns tipos de proteções eficazes para o concreto, constituídos por tintas, vernizes e revestimentos. Segundo Helene (1992), estes materiais foram submetidos a inovações, que permitam a redução de absorção da água, a penetração de gases agressivos, sais e em alguns casos age como proteção contra o ataque de agentes químicos danosos. Segundo o mesmo autor, podem-se dividir os sistemas de proteção em dois grandes grupos:

- a) Revestimentos constituídos por barreiras expressas: utilizado apenas em condições específicas, quando ocorrem situações extremas. Neste grupo estão as proteções de base betuminosa, asfálticas, vinílicas, neoprene, “coal tar-epoxy”, borracha butílica, cerâmicas e tijolos anticorrosivos de diversas naturezas, além de argamassas base epóxi, poliéster, fenólicas, sulfurosas, furânicas, à base de silicatos e de cimentos especiais. Tintas termofixas de alta espessura reforçadas com mantas sintéticas também se enquadram neste segmento
- b) Pintura de proteção: esse processo é considerado de suma importância para que a durabilidade do sistema estrutural seja estendida. A durabilidade da proteção é bem inferior à do concreto que está sendo protegido, deste modo se faz necessário que ela seja renovada de tempos em tempos, e esse período varia bastante em função da qualidade e do tipo do produto de proteção empregado. É conveniente a repintura periódica preventiva a cada período de 2 a 3 anos para hidrorrepelentes ou pintura base água, pelo menos cada 4 anos para base solvente e a cada 6 a 7 anos para sistemas duplos (Helene, 1992).

RECUPERAÇÃO

Trincas, fissuras e manchas no concreto podem indicar problemas nas edificações que não devem ser ignorados e merecem reparo imediato (SACHS, 2015). Quando uma estrutura apresenta sinais deve ser analisada e, se preciso, reparada, identificando as causas e origens das manifestações e aplicando a técnica de recuperação adequada, para que se possa restabelecer a vida útil da estrutura. Algumas das técnicas de recuperação mais utilizadas no mercado são:

- a) Intervenções em superfície de concreto e aço: trata-se da recuperação de superfícies expostas de concreto ou do Aço. Segundo Souza e Ripper (1998), essas intervenções pode ocorrer por meio de lavagens, limpezas superficiais, remoção profunda do concreto degradado, entre outras.
- b) Tratamento de fissuras: segundo Corsine (2010), a solução dada para o tratamento de uma fissura deve ser compatível com o sistema estrutural utilizado e com o tipo de problema existente, para alterar o mínimo possível suas características. Segundo Souza e Ripper (1998), as técnicas mais utilizadas são: selagem de fissuras, injeção e costura.
- c) Reforço de armadura: Este procedimento tem a finalidade de recuperar ou até mesmo aumentar a capacidade de carga de determinada estrutura. Segundo Souza e Ripper (1998), são frequentes os casos em que, por meio dos processos corrosivos, há uma perda de seção das armaduras, levando a estruturas a procedimentos de recuperação ou reforço, quando se faz necessário um aumento do número de barras existentes na seção.

ESTUDO DE CASO

Estando o Porto de Cabedelo – PB inserido na região litorânea do estado da Paraíba, conseqüentemente sujeito as ações marinhas, tornou-se objeto do presente trabalho. Localizado às margens do estuário do Rio Paraíba, frente a Ilha da Restinga, sob a administração da DOCAS-PB (Companhia DOCAS da Paraíba) tem uma área territorial de 31,42 km², com medidas singulares de: 18 quilômetros de extensão, por apenas três quilômetros de largura.

“Em 09 de julho de 1905, pelo Decreto nº 7.022/05, o projeto para a construção do cais de 400 metros foi aprovado, tendo sido efetivamente consolidado em 1908.” (PORTO DE CABEDELLO, 2016). Em 1911, quando foi inaugurado 175m do cais para testes, puderam-se identificar várias falhas construtivas, por este motivo houve uma pequena paralisação em 1912, logo em 1917 foram concluídos mais 178 m do cais e um armazém.

Segundo Frazão (2011), o Porto foi inaugurado apenas em 1935, após uma paralisação de 15 anos em suas obras, trazendo consigo grande influência econômica aos estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Alguns anos após a execução dos 400 m de cais começaram a ocorrer problemas na cortina que continha esta faixa, desse modo, se fez necessária à ampliação dessa área avançando 5m em direção ao mar, para que se pudesse executar outro tipo de contenção, desta vez mais resistente. Houve uma ampliação do porto finalizada em 1964 quando foram concluídos aproximadamente mais 200 m de cais, totalizando hoje aproximadamente 600m.

Uma inspeção foi realizada em 28 de Julho de 2016, monitorada pelo chefe de operações do Porto. Inicialmente, foi realizada uma vistoria geral a fim de conhecer o local e como funcionava. Em um segundo momento e mais importante foi necessário tornar essa análise investigativa, com base no conhecimento adquirido na literatura, procurou-se identificar manifestações patológicas e as situações mais críticas, que indicassem agressão proveniente da ação marinha.

Ao analisar alguns pontos do objeto de estudo, pode-se identificar pequenas manifestações patológicas e notavelmente elas estão concentradas em maior parte na zona de flutuação de maré, na zona de respingo e zona de spray. Consideradas as mais agressivas por ser a água do mar o principal transporte dos cloretos entre os vazios do concreto, ainda sim estão submetidas ao processo de molhagem e secagem, fator que acelera consideravelmente a degradação da estrutura. As situações mais comuns são características da ação dos cloretos na estrutura, pois, de modo geral, foi possível identificar patologias como, fissuração e destacamento do concreto, casos em que o aço da estrutura encontrava-se totalmente exposto e com perda de seção.

Nas figuras 2 e 3, pode-se observar o destacamento do concreto e perda de seção avançada do aço em pilares situados na zona de spray, localizado há 30 metros do mar. Nesse tipo de local a estrutura receberá ou não respingos da água do mar, em virtude da velocidade dos ventos.

Figura 2: Pilar de concreto armado localizado na zona de spray a 30 m do mar



Fonte: Os autores (2016).

Figura 3: Exposição e expansão do aço em pilar localizado na zona de spray



Fonte: Os autores (2016).

Nas figuras 4 e 5, pode-se observar a fissuração e destacamento do concreto, que ocorreram quando, pelo processo de corrosão a seção da barra é expandida. Desse modo, ocorrem esforços internos, fazendo com que a massa de concreto endurecida sofra tais consequências.

Figura 4: Manifestação detectada em plataforma de concreto armado, localizada em zona de respingo



Fonte: Os autores (2016).

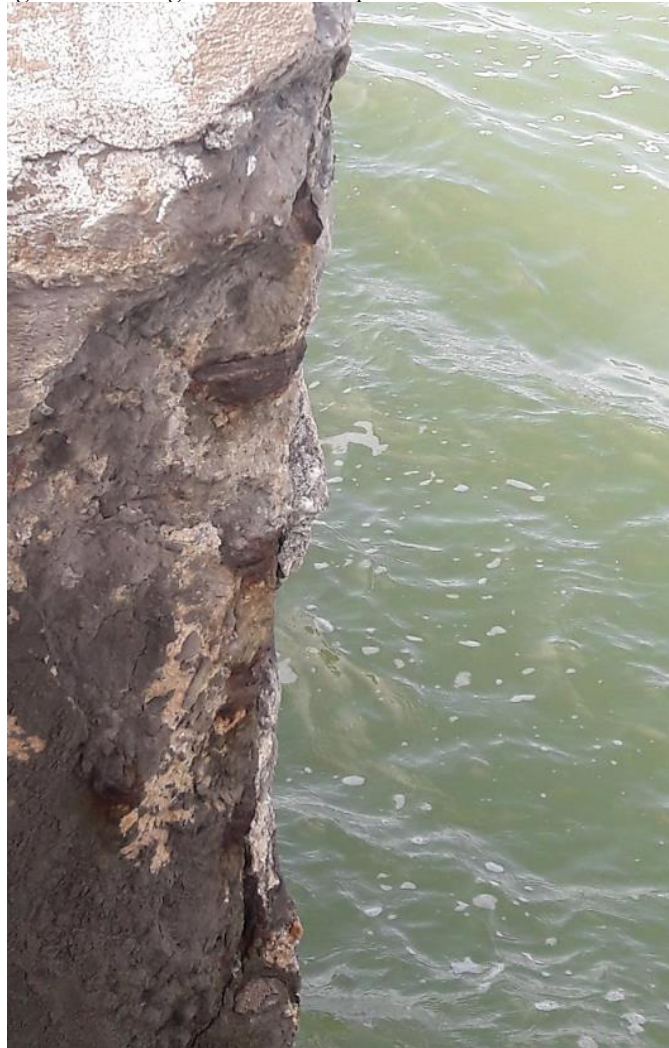
Figura 5: Processo de destacamento do concreto, com exposição e corrosão do aço, localizado no píer



Fonte: Os autores (2016).

Na figura 6, pode-se observar os fenômenos de fissuração e destacamento, com expansão e perda de seção do aço. Pressupõe-se que o grau de agressão nestas regiões onde há variação de maré, deve-se ao contato direto com a água do mar. Esse processo pode ocorrer, devido à cristalização dos sais no concreto, nas áreas onde é permitido o processo de molhagem e secagem e pela abrasão provocada pelas ondas do mar, permitindo que haja um desgaste superficial, facilitando o ingresso dos cloretos na estrutura.

Figura 6: Patologia detectada em plataforma de concreto armado



Fonte: Os autores (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da inspeção realizada no Porto de Cabedelo e todo contexto histórico estudado, pôde-se observar que as patologias encontradas têm um padrão de acordo com sua localização. Puderam-se identificar patologias nos mais diversos locais, agravando-se na medida em que a estrutura se aproxima do mar. Desse modo, o cais dos postos apresentou manifestações mais críticas. Local este onde a estrutura está inserida na zona de variações de maré, considerado a mais agressiva dentro desta área, permitindo que a estrutura esteja sujeita a deposições constantes dos cloretos através das ondas, que facilitam o ingresso dos sais no interior do concreto, desencadeando assim um processo de degradação.

As manifestações patológicas mais comuns encontradas neste tipo de ambiente foram: fissuração e destacamento do concreto, bem como a corrosão do aço em seus processos de degradação mais avançados. Estes achados apontam para necessidade de cuidados, devido aos níveis de agressividade que o ambiente oferece.

Neste sentido foi elaborada uma proposta de procedimento e plano de manutenção, elaborados a partir das necessidades e deficiências encontradas, correlacionados com literatura vigente, no intuito de que se possam solucionar problemas estruturas situadas neste local e em outros sujeitos a condições similares.

A seguir sugestão de procedimento de recuperação, com base na literatura, para as patologias detectadas no Porto de Cabedelo-PB:

1º Passo: Eliminação do substrato de concreto contaminado: processo em que elimina o concreto afetado pelo produto de corrosão através de equipamento mecânico. Por se tratar de remoção que ultrapassa o cobrimento da armadura, fazendo-se uso de um martelo elétrico que irá remover o concreto contaminado e solto até atingir o concreto firme.

2º Passo: Limpeza da superfície a ser recuperada com jato de ar comprimido: esse procedimento visa deixar livre de qualquer resíduo a área que deve ser recuperada, para que, ao utilizar qualquer produto seja dada a devida aderência.

3º Passo: Limpeza da armadura existente: esse processo promove a retirada dos produtos de corrosão incrustados nas barras. Como se trata de pequenas áreas, deve ser realizado com escova de cerdas de aço, esfregando sobre a superfície até a completa remoção das partículas soltas.

4º Passo: Colocação de armadura suplementar: esse procedimento deverá ser executado apenas em estruturas com perda de seção avançada do aço.

5º Passo: Aplicação de revestimento polimérico na armadura: esse revestimento tem a função de proteger a armadura à reincidência dos processos corrosivos.

6º Passo: Inibidor de Corrosão: segundo Helene (1992), em estruturas sujeitas ao ataque por cloretos, deve-se aplicar na água de amassamento da argamassa de concreto 5% de inibidor de corrosão.

7º Passo: Reconstituição da seção do elemento estrutural: a escolha do material a ser recomposto depende do volume de material a ser substituídas, da profundidade do reparo, condições do local onde será aplicado. Visto isso, foram definidos dois tipos de materiais, o que será utilizado na área seca e na área molhada.

- Área seca: será utilizada uma argamassa base cimento, segundo Helene (1992), indicado para reparos e reforços estruturais com espessura entre 20 e 60 mm.
- Área molhada: o concreto lançado estará sujeito a processos de molhagem por ser estrutura do cais. Nesta situação pode-se usar concreto projetado com aditivo acelerados de pega.

Foi pressuposto que as manifestações patológicas encontradas nos diferentes locais são de mesma origem, o que difere entre elas é o nível de deterioração, pois algumas encontram-se em estado mais avançado. Faz-se necessário esclarecer que a proposta apresentada a seguir foi elaborada, a partir de análises preliminares, tendo como base a inspeção visual e todo estudo feito através da literatura. Para que se tenha uma proposta melhor, faz-se necessárias as realizações de ensaios que confirmem as causas das manifestações e que todo esse processo seja acompanhado por um especialista em patologia.

De acordo com a necessidade das estruturas de concreto armado, existentes no Porto de Cabedelo – PB, perante os diferentes níveis de agressividade que o ambiente tem oferecido, desde a sua concepção até hoje, foi possível elaborar um plano de manutenção, que aborda de forma eficiente, práticas preventivas e corretivas. Esse plano tem como objetivo manter o estado de conservação adequado do porto, prevenindo e corrigindo as passíveis patologias do local, podendo ser aplicado em outras estruturas que estejam sujeitas ao mesmo tipo de agressividade.

Quadro 2: Plano de Manutenção

Plano de manutenção para estruturas de concreto armado inseridas em ambiente marinho											
Tipo de Manutenção	Operação	Identificar	Material Examinado	Procedimento a ser tomado	Periodicidade em Meses					Quando Ocorrer	
					1	6	12	24	48		
Preventiva	Inspeção Visual Rotineira	-	Concreto	Analisar e identificar quaisquer alterações nas estruturas inseridas neste plano de manutenção.	x						
Corretiva	Pintura de proteção a base solvente (borracha clorada)	-	Concreto	Esse tipo de proteção deve ser aplicada logo após a cura do concreto, e sua reaplicação deve ser feita de acordo com o tempo específico do produto.					x		
	Identificar as causas	Desgaste superficial	Concreto	Analisar possíveis causas, para que a partir destas sejam tomadas as devidas providências.							x
	Identificar as causas e recuperar	Trincas e fissuras	Concreto	Analisar possíveis causas, para que a partir destas sejam tomadas as devidas providências.							x
		Destacamento	Concreto	Analisar possíveis causas, para que a partir destas sejam tomadas de forma IMEDIATA as devidas providências.							x
	Corrosão	Aço	Analisar possíveis causas, para que a partir destas sejam tomadas de forma IMEDIATA as devidas providências.							x	

Fonte: Os autores (2016).

REFERÊNCIAS

ALVES, Ronaldo; GEIMBA, Maryangela. **ESTUDO DA VARIAÇÃO DA AGRESSIVIDADE PROVOCADA PELOS ÍONS CLORETOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO LOCALIZADAS EM AMBIENTE MARINHO**. São Paulo: ITA, 2010. Disponível em: < <http://www.bibl.ita.br/xviencita/pos-1.pdf> >. Acesso em: 05 mar. 2016.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 318. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-02) and commentary (ACI 318R-02). Michigan : ACI, 2002.443 p.

ARAUJO, A.; PANOSSIAN, Z. **Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho: estudo de caso**. Fortaleza, INTERCORR, 2010. Disponível em: <http://www.ipt.br/download.phpfilename=201Durabilidade_de_estruturas_de_concreto.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014. 256 p.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura? Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras**. Téchne: São Paulo, 2010. Edição 160. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em: 28 de abr. de 2016.

CORSINI, R. **Ambientes agressivos**. Téchne: São Paulo, 2013. Edição 196. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/196/ambientes-agressivos-projetos-de-estruturas-de-concreto-expostas-a-294033-1.aspx>>. Acesso em: 31 de abr. de 2016.

FRAZÃO, L. **Caracterização batimétrica e físico-oceanográfica do canal de acesso ao Porto de Cabedelo/PB: uma análise ambiental ao derrame de óleo**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/11910>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

LOURENÇO, L; MESDES, L. **Detecção preventiva de patologias em edificações**. Téchne: São Paulo, 2011. Edição 167. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo285852-2.aspx>>. Acesso em: 22 de abr. de 2016.

MEDEIROS, A.H.F, ANDRADE, J.J.O. HELENE, P. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. In: Isaia, G.C.(Org.) 1. ed. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011, v.1, p.887-902.

NAKAMURA, J; FARIAS, R. **Intervenções corretivas estendem a vida útil das estruturas de concreto armado: Conheça produtos e técnicas para recuperação estrutural**. Téchne: São Paulo, 2013. Edição 201. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/artigo302536-1.aspx>>. Acesso em: 22 de abr. de 2016.

PAGE, C. L. et al. **Diffusion of chloride ions in hardened cement pastes**. Cement and concrete research. V. 11, p. 380 – 406, 1981.

PORTO DE CABEDELLO: **Companhia DOCAS da Paraíba**. Disponível em: <<http://portodecabedelo.com.br>>. Acesso em: 21 de abr. de 2016.

RIBEIRO, D. V.; SALES, A.; SOUSA, C. A. C.; ALMEIDA, F. C. R.; CUNHA, M. P. T.; LOURENÇO, M. Z.; HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 272 p.

SACHS, A. **Recuperação de estruturas de concreto armado exige planejamento e documentação dos serviços**. São Paulo: PINI, 2015: Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/220/recuperacao-de-estruturas-de-concreto-armado-exige-planejamento-e-documentacao-357493-1.aspx>>. Acesso em: 02 de maio. de 2016.

SERRA, A. **Análise de patologias em estruturas construídas em ambiente marítimo**. Portugal, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65592/1/000153997.pdf>> . Acesso em: 29 mar. 2016.

SOUZA, V. C. M; RIPPER, T. **Patologias, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 1998.

VILLANUEVA, M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** UFRJ: Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013451.pdf>>. Acesso em: 01 de abr. de 2016.

Enviado em: 05/07/2016.

Aceito em: 01/10/2016.