

PATOLOGIAS E INSPEÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO EM CONCRETO ARMADO: estudo de caso em um tanque de armazenamento de solução sulfato de zinco

Gabriel Henrique de Melo Silva¹

Geisla Aparecida Maia Gomes²

RESUMO

No setor industrial, o concreto armado é um material muito utilizado, oferecendo grandes benefícios em termos de custos, segurança, durabilidade e estética. Como todo material construtivo, exige necessidades de conservação e manutenção, e um dos grandes desafios relacionado ao mesmo é reduzir gastos com reparos e evitando perdas de durabilidade, estética e segurança da construção. As construções de concreto armado estão sujeitas a patologias durante e após serem concluídas podendo ser algumas ser visualizadas pelo olho humano. Em ambiente industrial a durabilidade de estruturas de concreto tendem a ser menores devido a agressividade dos agentes presentes nesses ambientes. O trabalho vem como forma de mostrar a importância de identificar e agir sobre as patologias encontradas no tanque de concreto armado usado para armazenar solução de sulfato de zinco, minimizando maiores problemas futuros. A metodologia utilizada para visualização e identificação das patologias no tanque foi através de inspeção visual e registrada via levantamento fotográfico. Registradas as manifestações patológicas foram estudadas e dado um parecer técnico das causas prováveis do surgimento, em seguida foi proposta atuações de manutenção corretivas e preventivas em função da causa fundamental visualizada in loco. As manifestações encontradas foram trincas, corrosão de armaduras, eflorescência, manchas de infiltração e desagregação. As causas principais para as manifestações foram baixo recobrimento superficial, baixo fck de projeto, ambiente de agressividade elevada, ausência de impermeabilização e vazamentos. Como resultado destacou-se a importância e necessidade das práticas corretivas e preventivas antes de se tornarem mais graves.

¹ Aluno do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul Minas - UNIS-MG. Graduado em Engenharia Metalúrgica, pós graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia de Manutenção. gabriel.silva18@alunos.unis.edu.br

² Professora do Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul Minas - Unis-MG, geisla.gomes@professor.unis.edu.br

Palavras-chave: Manifestação patológica. Concreto armado. Reservatório. Construção civil.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas patológicos que afetam as construções de concreto armado são numerosos e muitos deles poderiam ser evitados pela adoção de premissas de engenharia como: confecção de bons projetos, um bom planejamento de obra, especificar corretamente os materiais e insumos de construção, fazer o uso responsável da estrutura e executar as manutenções. Seguir as premissas descritas podem ter o benefício de reduzir, chegando até extinguir a necessidade de intervenções para recuperar a construção. (JUNIOR et al, 2020)

Em um ambiente industrial, a durabilidade de estruturas de concreto podem ser reduzidas devido à agressividade dos agentes presentes nesses ambientes. Cada estrutura de concreto armado tem suas particularidades. Identificando origens, causas e mecanismos de ocorrência, podemos definir as ações corretivas e/ou preventivas para reparação e ou recuperação causadas por patologias em reservatórios visando retomar a segurança, conservação, durabilidade, integridade e conseqüentemente perdas de produção. (JUNIOR et al, 2020)

Para este trabalho, escolheu para estudo de caso um tanque de concreto armado com capacidade de armazenamento de 170 m³ construído em 1998. Sua escolha para o estudo é justificada por dois motivos principais, preliminarmente podemos destacar a necessidade para o processo de produção de sulfato de zinco, atualmente utilizado como depósito de água sulfatada de zinco, parte indispensável do processo de produção. Existe também o aspecto de segurança ambiental, onde vazamentos nesse tanque poderiam impactar na qualidade de águas superficiais na proximidade da indústria.

Foi feito o levantamento de manifestações patológicas no tanque de concreto armado através de inspeção visual e registrada por levantamento fotográfico, em seguida foi feita a análise, dando um parecer técnico das causas prováveis do surgimento, mecanismos de ocorrência que condicionaram o surgimento e sugestões de atuações de manutenção.

2 PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO

Para Bastos (2023), podemos descrever o concreto como um material elaborado principalmente de cimento, água e agregados (brita, areia principalmente), em casos específicos pode se adicionar aditivos. Podendo ser moldado em diferentes formas, possui a capacidade de resistir às tensões de compressão, com capacidade limitada de resistência à tração. Atualmente é o material mais usado no mundo no ramo da construção mas possui vida útil como todo material e garantir sua durabilidade, desempenho e integridade é um dos desafios da construção civil. (BASTOS,2023)

Para melhorar seu desempenho sobre esforços de tração, é feita a união do concreto com o aço, gerando o concreto armado, um material com excelentes características mecânicas a tração e compressão. Um dos agentes que influenciam a vida útil são o aparecimento e propagação de manifestações patológicas e seu estudo na engenharia é conhecido como patologias do concreto armado. (VITÓRIO, 2005)

Para Matildes (2022), podemos definir a patologia como uma ciência, o estudo das doenças, no caso estudo das doenças da construções, edificações e/ou estruturas na engenharia civil. Seu estudo dentro da engenharia civil pode ser utilizado para verificar não conformidades através de inspeções visuais e/ou com uso de equipamentos, determinando as possíveis causas e sendo premissas para definição de ações corretivas e preventivas para conter a patologia. (MATILDES, 2022)

O estudo das patologias no campo da construção civil tem elevada importância, pois sua prática influenciará na segurança, desempenho e qualidade da estrutura. Inicia-se pela identificação dos sintomas (manifestação patológica), podendo esses ser visualizados ou não pelo olho humano. Identificada a manifestação patológica é possível deduzir as causas, sua origem e os meios envolvidos nesse aparecimento e definir a terapia para correção do problema patológico. (MATILDES,2022)

Dentro do campo das patologias, temos o conceito de manifestação patológica, de forma prática podemos exemplificar uma trinca em numa estrutura de concreto é uma manifestação patológica, e seu o estudo, buscando entender a origem, fatores que

potencializam sua ocorrência e encontrar a melhor forma de atuar corretivamente ou preventivamente é a campo da patologia. (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019)

O surgimento das patologias e conseqüentemente os danos na estrutura construída em concreto armado pode ter a causa do planejamento da obra (concepção), da fase de projeto, ou seja, erros estruturais, má qualidade dos materiais utilizados, erros de execução, uso indevido da construção e ou da falta de manutenção, sendo em grande a deterioração e o colapso da estrutura ser origem de várias manifestações patológicas simultaneamente. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Com o decorrer do tempo, as construções de concreto armado podem dar indícios de deterioração, devido às ações externas (associado ao meio ambiente que está inserido) e internas (associado ao interno da estrutura). Em fábrica de fertilizantes, ambiente fabril comum de se utilizar ácido sulfúrico, é potencializado o ataque de sulfato nas estruturas. Um tanque a céu aberto tem potencial de dilatação térmica potencializado. Em consequência dos fatores acima e outros podem aparecer as patologias como marcas de corrosão, descolagem de concreto externamente, trincas/fissuras, aparecimento de vegetação na estrutura, carbonetação, entre outras. Esses indicativos alertam que a estrutura está sendo atacada e necessita de intervenção. (GONÇALVES, 2008 e SOUZA, RIPPER, 1998)

2.1 NORMA TÉCNICA

A ABNT NBR 6118 traz uma forma de classificar a agressividade do meio na qual a construção está inserida, variando de fraca a muito forte (I a IV) . A figura 1 traz a tabela da respectiva conhecida como 6.1.

Segundo a ABNT NBR 6118 deve ser evitado o acúmulo de águas (chuva, de limpeza ou lavagem) sobre as estruturas de concreto, devendo no caso de ocorrer o acúmulo necessitar da instalação de drenos ou aberturas para drenagem.

A ABNT NBR 12655 diz que a durabilidade de uma construção é função da qualidade do concreto e espessura do recobrimento da armadura. Ela traz requisitos técnicos mínimos que variam conforme classificação da agressividade, qual a relação água/cimento em massa e consumo de cimento portland/m³ de concreto, temos para classe IV, a relação menor 0,45 e maior 360 respectivamente.

Ainda conforme a ABNT NBR 12655, pode-se em condições de exposição especiais , além da relação água/cimento exposto anteriormente, tem-se valor mínimo de 35 MPa de resistência a compressão estabelecido no projeto estrutural (fck).

Segundo a ABNT NBR 6118 as recobrimentos mínimos são sempre referindo à superfície da armadura externa, ela traz para classe de agressividade ambiental em estrutura de concreto armado o cobrimento nominal mínimo em milímetros em função dos componentes, laje, viga/pilar e elementos em contato com solo.

Figura 1: Classe de agressividade, tabela 6.1 da ABNT 6118

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a,b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a,b}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{a,c}	Elevado
		Respingos de maré	

a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com unidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas

Fonte: ABNT NBR 6118

2.2 TIPOS DE PATOLOGIAS

As patologias se manifestam por meio de alterações em suas características físicas, químicas, que na maioria das vezes podem ser visualizadas a olho nu, ou em alguns casos mais complexos com auxílio de equipamentos. As deformações nas edificações podem ser observadas através de manchas. Armaduras expostas podem ser facilmente visualizadas contribuindo para aceleração da corrosão da mesma acarretando inúmeros problemas, que chegam a comprometer a construção. (FARIAS, 2018)

Segundo Verly (2022), as manifestações patológicas podem ter origem de causas físicas e ou causas químicas. Em termos físicos, temos o desgaste superficial e fissuração causadas por exemplo por altas temperaturas. Em termos químicos, a deterioração do concreto ocorre pela interação do concreto com outras substâncias agressivas do meio

ambiente (umidade do ar, ataques de vapores ácidos, e outras poeiras) em que ele está instalado. Dentro de decomposições químicas podemos a interação de componentes presentes no cimento pela água, sulfatos, cloretos e dióxido de carbono e corrosão da armadura no concreto armado. (DNIT 090/2006)

Apesar de inúmeros sintomas, podemos destacar alguns com maior índice de incidência ou probabilidade nas construções de concreto, são elas: fissuras/trincas/rachaduras, carbonetação, fluorescências/manchas superficiais, corrosão de armaduras, ninhos de concretagem, falhas de impermeabilização, infiltrações, desgaste superficial. (HELENE, 1992)

As trincas ou fissuras podem ser encontradas em qualquer parte da construção, na laje, na viga, pilares e demais. É uma das patologias mais comuns, que podem prejudicar a durabilidade e estética da construção. Basicamente podemos defini-la como uma abertura visualizada na superfície da construção. Podem ser causadas por deltas de umidade e temperatura, também por pressões de cristais nos poros da estrutura, por carregamentos estruturais excessivos e exposição a altas e baixas temperaturas, sua presença pode indicar problema estrutural. (NBR 15575, 2013, DNIT 090/2006)

Existe ainda a carbonetação, que é a conversão da cal hidratada-hidróxido de cálcio em carbonato de cálcio. Essa reação ocorre na presença do dióxido de carbono, comum na atmosfera. Com essa reação o concreto tem o pH reduzido, ficando mais ácido, potencializando a corrosão da armadura interna do concreto. (DURVAL, 1992)

Podemos descrever o processo de ocorrência eflorescência como reação química da cal hidratada - Ca(OH)_2 presente e constituinte do concreto, com água (H_2O) também presente e constituinte do concreto e presente no ambiente e gás carbônico (CO_2), presente na atmosfera. Essa reação gera uma lixiviação da cal hidratada, gerando carbonato de cálcio - CaCO_3 que aparece na superfície como manchas esbranquiçadas. O fenômeno pode indicar que as armaduras encontra-se em processo de oxidação. (WEIMER; THOMAS; Dresch, 2018, P. 49).

Outra patologia que pode ser encontrada é a corrosão da armadura, onde o ferro sofre corrosão/degradação química na presença de umidade e ar, O concreto é poroso, com vazios causados pela água e ar, esses vazios são ponte de ligação para substâncias agressivas, umidade e ar do ambiente externo cheguem a armaduras. A armadura tem finalidade absorver as cargas de esforço de tração, pois o concreto sozinho tem baixa resistência à tração,

dependendo da extensão da corrosão a resistência é reduzida. Uma forma de minimizar o contato das substâncias que potencializa a corrosão é garantir o recobrimento mínimo e eficiente na execução, protegendo a armadura do ataque do ambiente externo. (WEIMER; THOMAS; Dresch, 2018, P. 45)

Podemos ainda citar a patologia ninhos de concretagem, que ocorre durante o lançamento do concreto. É ausência, ou vazio de concreto na estrutura. Podem ocorrer devido a ausência ou má vibração durante o lançamento do concreto ou pelo uso de traço errado, se não intervindo, a armadura estará exposta podendo perder a estrutura pela corrosão da armadura. (SOUZA; RIPPER, 1998)

O desgaste superficial (perda de massa) geralmente é causado por abrasão, erosão e a cavitação, dependendo da profundidade pode ser classificado com leve até severo.

A infiltração ocorre quando a umidade atravessa da parte exterior para interior da construção. É uma patologia comum de ser encontrada, podendo causar desde problemas de saúde aos usuários quando em edificações, a prejuízos em desempenho, durabilidade e estético. Em qual elevado pode causar as causa machas de infiltração. Em construções descobertas a ocorrência pode ser intensificada quando ocorre elevadas índices de precipitação que se potencializado pelo vento, a infiltração dependendo pode causar trincas, pode ser origem de falhas de impermeabilização ou ausência, ela pode deteriorar a estrutura, enfraquecendo o concreto e acelerando a corrosão das armaduras, podendo levar à construção à colapso . (RIGHI, 2009;SOUZA; RIPPER, 1998)

Por fim podemos citar a patologia desagregação do concreto, que causa a perda de material superficial da estrutura. Infelizmente todo material degrada com tempo, a degradação gera desagregação, e com concreto não é diferente, mas sua taxa de desagregação do concreto pode abranger vários mecanismos potencializados, a água, a umidade do ar, a maresia, o vento, o sol, ciclos de molhagem, ciclos de temperatura, o ar com partículas em suspensão e íons corrosivos como sulfatos e cloretos. Os parâmetros de execução durante a fase da obra devem seguir as normas para garantir a qualidade, como a resistência do concreto, tempo de cura, relação água/cimento, adensamento, , lançamento, recobrimento utilizado, a qualidades dos materiais podem influenciar essa taxa de desagregação, gerando perda de material e conseqüentemente perda de resistência e exposição das armaduras. (HELENE, 1992)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do trabalho foi inicialmente efetuada uma pesquisa, em meio eletrônico, com consultas a livros, dissertações e publicações de artigos, a fim verificar as principais manifestações patológicas que podem apresentar-se nas estruturas feitas em concreto armado, englobando origens, possíveis causas, diagnósticos e ações de corretivas/preventivas de intervenção.

O estudo de caso foi realizado em um tanque de 170.000 litros, utilizado atualmente para estocagem de solução sulfatos de zinco, construído em 1998 está localizado em uma empresa de grande porte do setor agroquímico. Ele está instalado em um ambiente com agressividade muito forte e grau de deterioração elevado. Projetado com concreto $f_{ck} \geq 180$ kg/cm², ele recebe águas industriais de processo para recirculação na temperatura ambiente e vazões de entrada e saída máxima de 40 m³/hr. A água industrial possui concentração média 13% de Zn, equivalente a 32% de sulfato de zinco, demais 68% é água, pH entre 2,0 e 3,0, concentração de ferro em média 0,5% e cloretos na média 350 ppm.

Na figura 2 e 3 mostram o tanque do qual foi feito o estudo. Para análise da integridade do tanque realizou inspeção visual, externamente, regiões superiores, inferiores e laterais. Internamente não foi possível fazer inspeção interna devido ao fato de o tanque estar em operação e cheio. Identificadas as manifestações, posteriormente foram compreendidos os fatores que contribuíram para essa ocorrência e foram feitas recomendações de ações corretivas.

Figura 2: Tanque de concreto armado



Fonte: Autoria própria

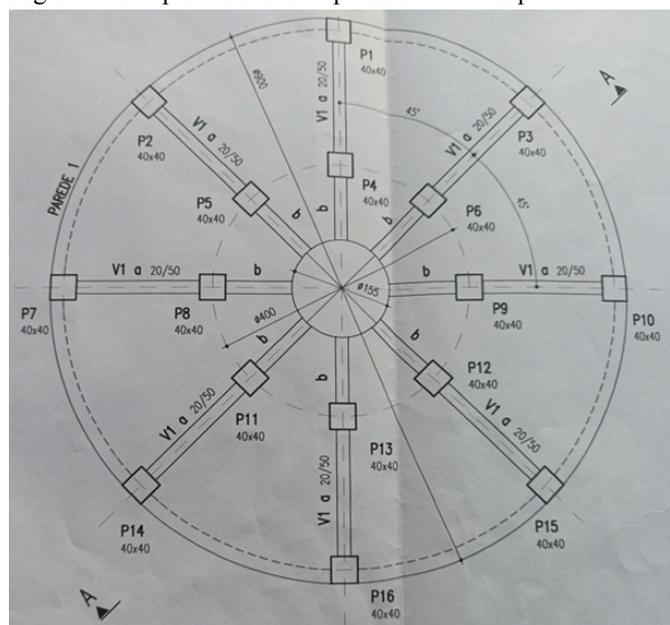
Figura 3: Tanque de concreto armado



Fonte: Autoria própria

Na figura 4 mostra-se o croqui estrutural esquemático do tanque.

Figura 4: Croqui estrutural esquemático do tanque



Fonte: Projeto Renata Maria de Alvarenga Ferreira

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos classificar a localização do tanque agressividade muito forte e com risco de deterioração elevado por estar localizado em ambiente industrial químico, sem proteção das intempéries.

A partir da inspeção visual e registros fotográficos foram verificadas as manifestações patológicas presentes no tanque.

Os sintomas e patologias foram verificados via inspeção visual *in loco* na estrutura foram trincas, eflorescência, desagregação, corrosão de armaduras, armaduras rompidas e infiltrações/manchas.

- Trinca:

Na figura 5 mostra-se a trinca encontrada verticalmente em um dos pilares do tanque e a figura 6 mostra a região lateral do tanque com a presença de uma trinca vertical.

Figura 5: Trinca no pilar do tanque



Fonte: Autoria própria

Figura 6: Trinca no tanque



Fonte: Autoria própria

Possíveis causas:

- Recalques de fundação,
- Infiltração de solução sulfatadas e umidade,
- Variações bruscas de temperatura,
- Sobrecarga,
- Concreto de baixa resistência,
- Má qualidade de materiais utilizados,
- Má execução: formas, tempo de cura, traço e segregação no lançamento.
- Alterações químicas dos materiais utilizados.

Dentro da realidade verificada in loco, a trinca no pilar pode estar principalmente relacionada com má execução, onde foi observado que na parte superior da trinca há indício de falha de concretagem. Já a trinca localizada na lateral do tanque pode ter influência do concreto de baixa resistência do projeto (18 MPa) e com variações de temperaturas, já que essa região é a única que bate sol em todo período do dia, demais locais tem influência de sombras de galpões próximos.

Em termos de intervenções corretivas, recomenda-se a reconstituição da seção com concreto e posteriormente aplicação de argamassa para proteger contato do ambiente externo com armaduras. E paralelamente e preventivamente recomenda-se monitorar a evolução dessas trincas. A trinca que aumenta de tamanho com tempo são as mais graves para a estrutura. Recomenda-se também um estudo aprofundado da estrutura desde a concepção do projeto para tomar ações preventivas mais assertivas quanto a propagação e aparecimento das trincas.

- Eflorescência

Durante a visita técnica foram constatados diversos locais no tanque de concreto com manchas esbranquiçadas semelhantes, indicando o fenômeno da eflorescência. Na figura 7 mostramos dois pontos onde foi encontrada a manifestação patológica.

Figura 7: Eflorescência no tanque



Fonte: Autoria própria

Possíveis causas:

- Penetração de água de chuva pelos locais expostos (trincas, desagregação),
- Ambiente de elevada umidade,
- penetração do CO₂ ,
- Outras infiltrações.

Dentro da realidade verificada in loco, as eflorescências encontradas no podem estar principalmente pela penetração de água da chuva pelos locais expostos (trincas, desagregação).

Em termos de intervenções corretivas, recomenda-se o recobrimento de trincas e desagregações a fim de minimizar infiltrações de água chuva, em seguida executar o jateamento de todo o tanque e pintura do tanque com tinta específica para o ambiente na qual o mesmo está inserido, exemplo, a base de poliuretano vegetal. Também recomenda-se avaliar preventivamente o custo benefício do executar o cobrimento do tanque em estrutura metálica.

- Desagregação:

Na figura 8 mostram-se locais com presença de desagregação superficial no tanque.

Figura 8: Desagregação no tanque



Fonte: Autoria própria

Possíveis causas:

-Concreto de baixa resistência favorecendo a desagregação. A estrutura foi projetada com concreto $f_{ck} > 180 \text{ kg/cm}^2$ o equivalente a 18 MPa.

-Recobrimento superficial baixo, verificando locais variando de 10 mm a 20 mm. Ideal conforme NBR 6118 a parede de reservatório deve ser dimensionada como uma laje, logo ter recobrimento de no mínimo 45 mm, para as vigas e pilares 45 mm, já o tanque está localizado em ambiente industrial, numa indústria química e local não protegido da chuva.

-Exposição ao ambiente agressividade muito forte, ambiente com tanque sem cobertura e exposto à atmosfera com sulfatos, cloretos e materiais particulados,

-Falta de inspeções e manutenções,

-Má execução: formas, tempo de cura, traço, adensamento e segregação no lançamento.

-Má qualidade dos material

Dentro da realidade verificada in loco, as desagregações superficiais encontradas estão principalmente relacionadas com baixa resistência de projeto do concreto, potencializado pelo ambiente agressivo.

Em termos de intervenções corretivas, recomenda-se em todos locais com armadura exposta seguir o processo de reconstituição a seguir: Abrir e remover concreto da regiões desagregadas próximas/fronteira (com martetele, picareta ou marreta), realizar limpeza e

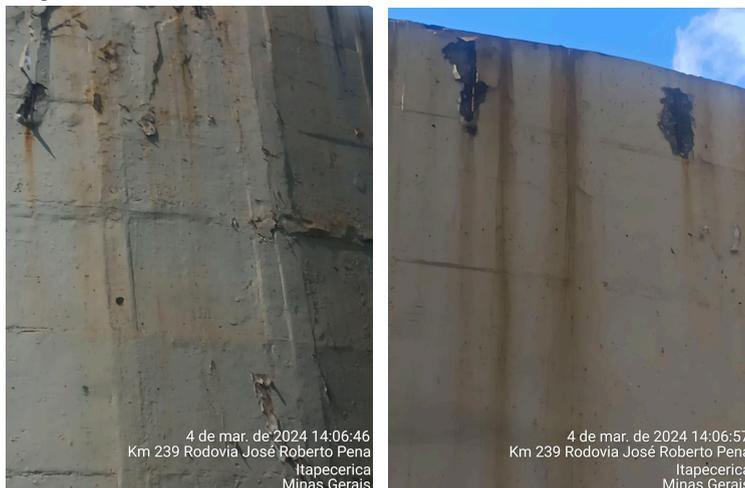
retirar material deteriorado (com picareta ou martetele), reconstituição da seção com concreto e posteriormente aplicação de argamassa.

Recomenda-se em termos preventivos criar plano de inspeção mensal de forma a criar histórico para executar plano de manutenção já que o tanque estruturalmente tem um concreto de baixa resistência favorecendo a ocorrência de desagregação.

- Corrosão de armaduras:

Foram encontrados vários pontos com armaduras expostas ao ambiente. A figura 9 mostra dois locais onde se verificam as armaduras expostas com nível de corrosão muito elevado. A figura 10 mostra locais onde o nível de corrosão chegou a causar o rompimento da armadura.

Figura 9: Corrosão das armaduras



Fonte: Aatoria própria

Figura 10: Armaduras rompidas



Fonte: Aatoria própria

Possíveis causas:

-Concreto de baixa resistência favorecendo a desagregação e conseqüentemente exposição das armaduras, verificado no projeto o valor de projeto de $f_{ck} > 180 \text{ kg/cm}^2$ o equivalente a 18 MPa.

-Recobrimento superficial baixo, verificando locais variando de 10 mm a 20 mm. Ideal conforme NBR 6118 deveria ser mínimo 50 mm para as vigas e pilares e 45 mm para demais partes do tanque de concreto armado,

-Exposição das armaduras à névoa industrial de sulfatos e cloretos,

-Falta de inspeções e manutenções,

-Má execução: formas, tempo de cura, traço, adensamento e segregação no lançamento.

Dentro da realidade verificada in loco, a exposição e conseqüentemente corrosão das armaduras podem estar relacionadas com baixo recobrimento, que foi verificado muito abaixo, em relação ao ambiente que o tanque está inserido.

Em termos de intervenções corretivas recomenda-se em todos locais com armadura exposta seguir o processo de reconstituição a seguir: abrir e remover concreto da região próxima a armadura (com uso de serra circular), limpeza da armadura (com jato de areia) e de material deteriorado (com picareta ou martete), tratar a armadura com produto específico contra corrosão (preferencialmente zinco) e reconstituição da seção com concreto e posteriormente aplicação de argamassa.

Recomenda-se em termos preventivos criar plano de inspeção mensal de forma a criar histórico para executar plano de manutenção já que o tanque estruturalmente tem um recobrimento e resistência do concreto muito pequenos favorecendo a exposição das armaduras.

- Infiltrações e manchas

Foi feita uma inspeção completa no tanque, fundo e laterais e não foram encontrados pontos de infiltrações. A figura 11 mostra imagens do tanque, a primeira visualiza a região lateral do tanque e a segunda com região inferior do tanque, com ausências de manchas e/ou infiltrações. Abaixo do tanque, na região dos pilares foram encontradas manchas.

Figura 11: Tanque externamente e internamente e região inferior do tanque



Fonte: Autoria própria

Possíveis causas:

- Excesso de umidade no solo
- Infiltração de água da chuva
- Vazamentos
- Falta de impermeabilização,
- Falta de inspeções e manutenções.

Dentro da realidade verificada in loco observou que na região abaixo do tanque, onde se localizam os pilares, mantém-se praticamente o tempo todo úmido e com solução com presença de sulfatos. Não foi identificada qualquer tipo de impermeabilização sendo a causa mais provável das manchas. Não foi possível verificar, mas há grande risco da solução estar infiltrando e atacando regiões das fundações.

Em termos de intervenções corretivas recomenda-se fazer limpeza completa do local e posteriormente fazer impermeabilização da região com materiais próprios e resistente a umidade e solução presente nesta região. Em paralelo atuar preventivamente no local do vazamento e avaliar a instalação de dreno.

Não foram encontrados novos pontos de infiltração na lateral e fundo do tanque (próxima as vigas). A ausência pode ser justificada pela impermeabilização interna que foi feita em 2019 com borracha. Preventivamente recomenda-se também manter a manutenção em termos de pintura externa do tanque.

5 CONCLUSÃO

Dentro das indústrias existe um número imenso de estruturas de concreto armado instaladas, e essas estão sujeitas a manifestações patológicas. As soluções para as manifestações na maioria das vezes não são padrões, sendo diferente para cada construção. É fundamental entender de forma unitária a construção a ser estudada, de forma a entender as causas e aplicar as melhores ações visando segurança, longevidade e estética da construção.

No trabalho buscou-se identificar as manifestações patológicas e suas prováveis causas. Através da inspeção visual no tanque de armazenamento foram encontradas trincas, manchas de infiltração, desagregações, armaduras rompidas, armaduras corroídas, e eflorescência.

Além do ambiente extremamente agressivo em que o tanque está instalado, com presença de sulfatos, cloretos, partículas sólidas em suspensão e dióxido de carbono, as principais causas para aparecimento dessas manifestações são utilização de baixo recobrimento para armadura observado in loco, concreto de baixa resistência, base do tanque com elevada umidade e sem impermeabilização.

A técnica de inspeção visual em construções de concreto armado é importante para estabelecer um correto diagnóstico, entendimento das causas e correção da manifestação patológica. Essa técnica vem como forma de quebrar paradigmas de que as estruturas de concreto armado são indestrutíveis e eternas sem necessidades de manutenções e cuidados, a manutenção e prevenção garantem a vida útil das estruturas consequentemente segurança e economia em reparos que podem ser grandes se menosprezados.

Não foi possível fazer uma inspeção com tanque vazio, que seria a forma ideal, podendo ter estrutura estar límpida ou ser lavada para melhor inspeção visual.

Em trabalhos futuros recomenda-se a utilização de ensaios de laboratórios de forma a complementar para correta medida de intervenção corretiva e/ou preventiva.

ABSTRACT

In the industrial sector, reinforced concrete is a widely used material, offering great benefits in terms of costs, safety, durability and aesthetics. Like all construction materials, it requires conservation and maintenance, and one of the biggest challenges related to it is to

reduce repair costs and avoid losses in the construction's durability, aesthetics and safety. Reinforced concrete constructions are subject to pathologies during and after completion, some of which can be visualized by the human eye. In the industrial environment, the durability of concrete structures tends to be due to the less aggressiveness of the agents present in these environments. The work comes as a way of showing the importance of identifying and acting on the pathologies found in the reinforced concrete tank used to store zinc sulfate solution, minimizing major future problems. The methodology used to visualize and identify pathologies in the tank was through visual inspection and recorded via photographic survey. Registered as pathological manifestations, they were scientifically and given a technical opinion on the probable causes of the appearance, then corrective and preventive maintenance actions were proposed based on the fundamental cause seen on site. The manifestations were cracks, reinforcement corrosion, efflorescence, infiltration stains and disintegration. The main causes for the manifestations were low surface recognition, low design fck, high aggressive environment, lack of waterproofing and leaks. As a result, the importance and need for corrective and preventive practices were highlighted before they became more serious.

keywords: Pathological manifestation. Reinforced concrete. Reservoir. Civil construction.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655**: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações habitacionais: Desempenho parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Bauru/SP. 2023.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. **Patologia de estruturas**. 1. ed. [S. l.]: Oficina de texto, 2019. 31 p. v. 1

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 090/2006 – ES** : Patologias do concreto – Especificação de serviço. 2016.

DURVAL, Roger. **La Durabilité des armatures et du béton d'enrobage**. Paris: Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1992. p. 173-225 (La durabilité des bétons. Collection de l'Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques)

FARIAS, A.J.D. **Patologias em reservatórios de água com estruturas de concreto armado: Manutenção, tratamento, recuperação e reforço**. São Paulo-SP, ANHANGUERA, 2018.

JUNIOR, J.J.A.; FRAGA, T.S.; MIRANDA, B.C.; SILVA, V.J.A. **Patologias em concreto armado e seus métodos de recuperação estrutura**. Revista Científica Novas Configurações. Luziânia. 2020.

GONÇALVES, Michele. **Manifestações patológicas em reservatórios de água elevados executados em concreto armado**. 2008. 111 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

HELENE, P.R.L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese de livre-docência. São Paulo: USP / Escola Politécnica, 1993.

KRAUSE, C. **Manifestações Patológicas: Casos de residências no município de Espigão d'oeste - RO**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). FACULDADES INTEGRADAS DE CACOAL, Cacoal. 2018.

MATILDES, C.M. **Concreto armado e suas patologias**. Revista científica, Fortaleza-CE, 2022.

RIGHI, Geovani Venturini. 2009. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções** – Análise de casos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

VERLY, R.C. **Conceitos essenciais sobre Patologias em Estruturas de Concreto**. DNIT. 2022

VITÓRIO, A., **Manutenção e gestão de obras de arte especiais**. VII Encontro Nacional das Empresas de Arquitetura e Urbanismo, Pernambuco, 2005.

WEIMER, Bianca F.; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas: Grupo A**, 2018.