

## ESTUDO DAS ANOMALIAS OBSERVADAS EM OBRAS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (E.T.E.)

CHAVES, Pryscylla (1); DE SOUZA, Evando (2); BERENGUER, Romildo (3);  
BARRETO, Lydia (4); NASCIMENTO, Elivelthon (5)

*Universidade Católica de Pernambuco, 99629-6707, prychaves@hotmail.com; Universidade Católica de Pernambuco, evando.neto@hotmail.com; Universidade Católica de Pernambuco, templarios\_pm@hotmail.com; Universidade Católica de Pernambuco, lydia\_barreto@hotmail.com; Universidade Católica de Pernambuco, elivelthoncarlos@yahoo.com.br.*

### RESUMO

A literatura, de maneira geral, deixa bastante claro que o surgimento de manifestações patológicas indica que pode ter acontecido uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas de construção. O presente trabalho mostra um estudo de caso a respeito da origem das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado de duas estações de tratamento de esgoto, situadas na Região Metropolitana do Recife. As estações de tratamento de esgoto estudadas foram: Estação de Tratamento de Esgoto Minerva e a Estação de Tratamento de Esgoto do Cabanga. A metodologia adotada foi de uma inspeção preliminar, com relatórios fotográficos, análise de dados e diagnósticos finais. Através dos resultados encontrados, as estações de tratamento de esgoto estudadas apresentaram uma grande incidência de manifestações patológicas. A que mais se destacou foi a constante presença de umidade em todos os setores das obras e o mesmo se deve ao fato da movimentação constante de esgoto de uma estrutura para outra. Além disso, a presença de micro-organismos no esgoto também foi significativa. Nas estações de tratamento, foram encontradas diversas manifestações patológicas, porém algumas se destacaram por estarem presentes nos dois casos estudados, que foi o caso das fissuras, eflorescência, corrosão e erosão no concreto.

**Palavras-chave:** Corrosão. Concreto. Manifestação Patológica. Inspeção. Ensaios.

### ABSTRACT

*The literature generally makes it quite clear that the emergence of pathological manifestations indicates what may have happened one or more failures during the execution of one of the stages of construction. This work shows a case study regarding the origin of the pathological manifestations in reinforced concrete structures in two sewage treatment plants, located in the metropolitan area of Recife. The studied sewage treatment plants were: Minerva Sewage Treatment Plant and Cabanga Sewage Treatment Plant. The methodology adopted for a preliminary inspection with photographic reporting, data analysis and final diagnostics. From the results found, the sewage treatment plants studied showed a high incidence of pathological manifestations. What stood out was the constant presence of moisture in all sectors of the works and it is because of the constant movement of a sewage structure to another. Moreover, the presence of microorganisms in sewage was also significant. In treatment plants, various pathological manifestations were found, but some stood out for being present in both cases studied, which was the case of cracks, efflorescence, erosion and corrosion in concrete.*

**Keywords:** Corrosion. Concrete. Pathological Demonstration. Inspection. Testing.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o homem tem se preocupado com a estabilidade e segurança de suas construções.

A engenharia civil é uma área que está em constante evolução, seja no ponto de vista dos materiais utilizados para as construções, seja pelas técnicas

construtivas empregadas. O desenvolvimento em ritmo acelerado para atender à demanda crescente por edificações sejam elas laborais, industriais ou habitacionais, impulsionado pela modernização da sociedade, promoveu um grande salto científico e tecnológico (LOTTERMANN, 2013).

Embora muitos conhecimentos tenham sido adquiridos, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório devido às falhas involuntárias, imperícias, a má utilização de materiais, envelhecimento natural, ações da natureza, erros de projeto e falta de manutenção (LOTTERMANN, 2013).

Segundo Lottermann (2013), considerando os conhecimentos atuais sobre os processos destrutivos que ocorrem nas estruturas e considerando os avanços tecnológicos, é possível diagnosticar a maioria dos problemas patológicos através do desenvolvimento de técnicas e equipamentos para observação das estruturas.

Nas estações de tratamento de esgoto não acontece diferente, encontram-se diversos tipos de manifestações patológicas em todas as etapas de construção. Estas podem ser divididas da seguinte maneira: planejamento, projeto, execução e utilização, podendo surgir manifestações patológicas como consequência de qualquer uma dessas etapas.

Com este trabalho, pretende-se esclarecer a natureza das manifestações patológicas mais frequentes encontradas nas estações de tratamento de esgoto, tentando classificá-las quanto à redução da durabilidade e eventual perigo que possam apresentar diante disso.

Ainda afirma Lottermann (2013) que as manifestações patológicas podem ser simples e passíveis de padronização, sem a necessidade de conhecimentos especializados, com diagnósticos evidentes, ou podem apresentar-se de forma complexa, necessitando de maiores estudos individualizados e altamente específicos, realizados por meio de ensaios.

## **2 ORIGEM DOS DEFEITOS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Para Dyer (2015), os problemas patológicos têm suas origens causadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais atividades pertinentes ao processo genérico, a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido em três etapas básicas: concepção (projeto), execução e utilização.

A ocorrência de problema patológico em uma estrutura indica, de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma ou mais etapas da construção, além de indicar falhas também no sistema de controle de qualidade própria a uma ou mais atividades (DYER, 2015).

### **2.1 Principais manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto de uma estação de tratamento de esgoto**

#### **2.2.1 Fissuras**

Toda estrutura de concreto pode apresentar fissuras, o importante é identificar se este aparecimento é um problema de caráter estrutural ou estético, visto que elas podem servir como facilitador para entrada de agentes agressivos ao

concreto. Segundo a NBR 6118 (2014), é permitido fissuras no concreto, desde que sua abertura esteja dentro do limite estabelecido. Elas ocorrem quando as deformações sofridas pelo concreto superam as deformações críticas.

### 2.1.2 Eflorescência

Segundo Lottermann (2013), as eflorescências são depósitos normalmente brancos que se formam sobre a superfície do concreto, geralmente são incômodas, pois alteram a estética dos acabamentos. As eflorescências se formam pela dissolução pelas águas de infiltrações dos sais, do cimento e da cal hidratada. Quando a água evapora, deposita estes sais na superfície.

As eflorescências podem ser divididas em dois grandes grupos: subflorescências (criptoflorescências) e eflorescências. As subflorescências são eflorescências não visíveis, porque os depósitos salinos se formaram sob a superfície da peça, enquanto que nas eflorescências os depósitos salinos se formam na superfície dos produtos cerâmicos, paredes, pisos e tetos. A cristalização de sais na superfície das peças cerâmicas não produz esforços mecânicos importantes. Ao contrário, quando a cristalização se dá no interior do material, nos poros e rede capilar, podem ser produzidos esforços mecânicos consideráveis (LOTTERMANN, 2013).

### 2.1.3 Ataque por sulfato

Kulisch (2011) esclarece que os sais na forma sólida não atacam o concreto. Somente quando dissolvidos os sais reagem com a pasta de cimento hidratado. Os dois principais meios de ataque por sulfatos são: reação com os produtos de hidratação do aluminato tricálcico não hidratado ( $C_3A$ ) produzindo etringita; e reação com o hidróxido de cálcio produzindo gipsita. No concreto endurecido, a formação da etringita resultante do ataque de sulfato pode levar à expansão, e, devido à baixa resistência à tração do concreto, pode fissurar a peça.

Os ataques por sulfato são caracterizados pelas fissuras irregulares na estrutura afetada e podem ser facilmente confundidos com a reação álcali-agregado. Para a diferenciação dessas duas manifestações patológicas, é necessária a utilização de ensaios (KULISCH, 2011).

### 2.1.4 Corrosão da armadura

Segundo Ribeiro (2014), a corrosão de armaduras é a principal manifestação patológica em estruturas de concreto deste final de século. A incidência cada vez mais constante do fenômeno aliado aos altos custos que envolvem a deterioração do material e o risco de comprometimento da estabilidade estrutural é prova disso. A corrosão é uma interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica.

### 2.1.5 Bolor

É o desenvolvimento de microrganismos capazes de deteriorar pinturas e revestimentos. Os fungos são organismos filamentosos, que produzem através de estruturas normalmente microscópicas chamadas esporos, as quais são

produzidas em grandes quantidades. Para que esses fungos se proliferem é necessário que haja ausência de insolação, ausência de ventilação e um teor de umidade relativa significativamente elevada no ambiente, superior a 75%. Este desenvolvimento de fungos causa alteração estética formando manchas escuras indesejáveis nas tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amarelas (DYER, 2015).

#### 2.1.6 Reação Álcali-Agregado (R.A.A.)

A reação álcali-agregado é um processo químico que ocorre quando alguns constituintes mineralógicos do agregado reagem com hidróxidos alcalinos (provenientes do cimento, água de amassamento, agregados, pozolanas, ou agentes externos) que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Como produto dessa reação, é gerado um gel higroscópico expansivo. A manifestação da reação álcali-agregado pode ocorrer de diversas formas, desde expansões, movimentações diferenciais nas estruturas e fissurações até exsudação do gel e redução das resistências à tração e compressão (LAGOIRO, 2014).

Lagoiro (2014) menciona que a reação álcali-sílica, é a que se desenvolve mais rapidamente e que possui mais casos no mundo. Porém, explica ainda que no Brasil, o tipo de reação mais encontrada é o álcali-silicato que, atualmente, está sendo englobado no mesmo grupo da reação álcali-sílica.

#### 2.1.7 Erosões do concreto

As erosões no concreto são causadas pela desintegração progressiva do concreto por ação da abrasão, lixiviação ou ataques químicos. A erosão se agrava, pois os agentes químicos presentes no esgoto também podem causar este tipo de manifestação patológica.

Esse desgaste da estrutura pode ser classificado em três tipos: superficial, médio e profundo. O desgaste superficial acontece quando existe uma perda parcial do revestimento, porém os agregados graúdos não são expostos. Já o médio, provoca o aparecimento dos agregados graúdos, mas não existe exposição da armadura. No desgaste superficial profundo, acontece uma perda total do revestimento e aparecimento da armadura (DYER, 2015).

### 3 ESTUDO DE CASO

Para a presente pesquisa, foram estudadas duas estações de tratamento de esgoto presentes na Região Metropolitana do Recife, com o intuito de analisar o estado de conservação depois de determinado tempo de uso. Foi feito um levantamento geral sobre as reais condições das manifestações patológicas existentes.

As estações de tratamento de esgoto estudadas foram: Estação de Tratamento de Esgoto Minerva e a Estação de Tratamento de Esgoto do Cabanga.

### **3.1 Inspeção**

#### **3.1.1 Preliminar**

A metodologia utilizada na inspeção preliminar consistiu em um exame visual rápido, abrangendo a presença das manifestações patológicas, sendo registradas por meio de registro fotográfico. Esta inspeção permitiu a identificação do problema, incluindo a anotação do sintoma visual (manchas de óxidos, fissuras, desagregação, entre outros), além disso, através desta permitiu-se realizar a caracterização do local onde a estação de tratamento de esgoto está inserida.

#### **3.1.2 Diagnóstico**

Nesta etapa foi realizada a conclusão das etapas de levantamento e análise de dados. Foram realizados também os estudos das possíveis alternativas que poderiam solucionar os problemas apresentados, onde foram considerados aspectos técnicos e de viabilidade econômica.

Como resultado final desta etapa foi elaborado um panorama da manifestação patológica mais frequente e que mais agride as estações de tratamento estudadas, fornecendo subsídios para que as mesmas sejam recuperadas e as que ainda vão ser construídas mais protegidas contra a ação destes agentes agressivos.

### **3.2 Estação de Tratamento de Esgoto do Cabanga**

A estação de tratamento do Cabanga foi a primeira do gênero a entrar em funcionamento na região metropolitana do Recife, no dia 6 de junho de 1959. Ainda hoje, ele configura o maior sistema de tratamento do estado de Pernambuco. Atualmente, o complexo tem capacidade para 925 litros de esgoto por segundo, por meio de decantadores e biodigestores.

Em toda sua história, o sistema de esgotamento sanitário do Cabanga já passou por diversas recuperações, pois ele fica muito próximo ao mar e do rio Jiquiá, sujeitando-se a ataques de cloreto. Além disso, a exposição a ataques de agentes biológicos é alta devido a alta concentração dos mesmos no esgoto.

Durante a vistoria, foram constatadas diversas manifestações patológicas e falhas construtivas. Foram detectadas manchas de umidade, bolor, diversos pontos de corrosão, fissuras, eflorescência, destacamento e erosões no concreto.

#### **3.2.1 Erosões no concreto**

Na estação de tratamento, foi constatada uma erosão através do atrito provocado por partículas transportadas pelo esgoto em movimento. A erosão se agrava, pois os agentes químicos presentes no esgoto também podem causar este tipo de manifestação patológica.

Na Figura 1, existem dois tipos de erosão no concreto, ao lado esquerdo vê-se os desgastes médios, onde a erosão já se encontra nos agregados e ao lado direito, o desgaste superficial, que acontece apenas a perda parcial do

cobrimento.

Figura 1 – Erosões nos canos de escoamento do esgoto



Fonte: Autores (2016)

### 3.2.2 Bolor

Nas estações de tratamento de esgoto, os agentes biológicos influenciam diretamente nas manifestações patológicas, como é o caso do bolor. Geralmente, a proliferação dessa manifestação patológica ocorre em temperaturas entre 10°C até 35°C e quanto mais elevada à temperatura, maior os organismos se manifestarão. Porém, os organismos só se reproduzem onde há ausência de insolação e ventilação. A Figura 2 apresenta uma manifestação do bolor em uma das paredes da estação de tratamento de esgoto, que, possivelmente, foi fruto de uma infiltração.

Figura 2 – Bolor em uma das paredes da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

Na Figura 3, é mostrada uma viga de um dos tanques de contato da E.T.E. com uma vasta produção de bolor. Percebe-se que a manifestação patológica ocorreu em uma região onde há grande umidade, pouca ventilação e ausência de insolação. Verifica-se que ao lado esquerdo da imagem, na região onde o sol aparece, não se encontra o bolor.

Figura 3 – Bolor nas vigas do tanque de contato da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

### 3.2.3 Fissuras

As estruturas de concreto, mesmo que dosadas de forma correta, com um intenso controle de qualidade e adequado processo de cura, apresentam porosidade. Além destes poros, a estrutura também poderá apresentar fissuras, devidas ao processo de retração do concreto. Em estações de tratamento de esgoto é bem comum o aparecimento de fissuras por retração, pois esse tipo de estrutura deve ter um completo grau de estanqueidade, o que não se verifica em algumas estruturas da estação de tratamento de esgoto do Cabanga. As Figuras 4 e 5 mostram fissuras em regiões diferentes da E.T.E do Cabanga, onde a Figura 4 é uma região bem úmida com passagem frequente de água, e a Figura 5 é uma parede de uma das edificações da construção.

Figura 4 – Fissuras em uma estrutura de passagem do esgoto na E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

Figura 5 – Fissura em uma parede da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

### 3.2.4 Corrosão

Por se tratar de um meio muito úmido e bastante propício à corrosão, foram encontrados diversos pontos desta manifestação patológica na E.T.E. do Cabanga. Verifica-se nas Figuras 6 e 7 que há corrosão em diversas estruturas metálicas na E.T.E. do Cabanga. Em todas os focos de corrosão encontrados,

acontecia o acúmulo da água, como é o caso da Figura 6, ou a passagem de água no local, como mostrado na Figura 7.

Figura 6 – Grande corrosão na estrutura metálica de um dos leitos da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

Figura 7 – Corrosão nas estruturas metálicas de um dos leitos da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

### 3.2.5 Eflorescência

Por se tratar de um ambiente constantemente úmido e com elevada temperatura, há grandes possibilidades do surgimento de eflorescências.

A Figura 8 ilustra o aparecimento dessa manifestação patológica na E.T.E. do Cabanga. Porém, outros fatores podem ter contribuído para o aparecimento da eflorescência nesse local, como a utilização do ácido muriático para limpeza, visto que a estação de tratamento de esgoto passou por uma recente recuperação.

Figura 8 – Eflorescência na parede do tanque da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

### 3.3 Estação de Tratamento de Esgoto Minerva

A estação de tratamento de esgoto Minerva está situada no bairro de Dois Unidos, na zona norte da cidade do Recife. A E.T.E. tem apenas dois anos de construída e já está passando por uma grande obra de recuperação e ampliação que vai permitir a elevação da capacidade de tratamento, assim como recuperar as atuais estruturas das manifestações patológicas existentes.

Até o presente trabalho, a estação de tratamento funciona com um único módulo de tratamento, que conta com lagoa de decantação, reatores e filtros biológicos. Na E.T.E. Minerva, foram encontradas as seguintes manifestações patológicas: eflorescência, corrosão, ataques por sulfato, reação álcali-agregado e erosões no concreto.

### 3.3.1 Eflorescência

Além da umidade, outros fatores podem ter causado os diversos focos desta manifestação patológica encontrada em várias estruturas. Os materiais utilizados também devem ter contribuído com o aparecimento das manifestações patológicas e até mesmo, algumas manutenções durante o tempo de uso podem ter contribuído. Nas Figuras 9 e 10, são apresentadas as ocorrências de eflorescência.

Figura 9 – Eflorescência na edificação do laboratório da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

Figura 10 – Eflorescência em umas das paredes do Reator UASB



Fonte: Autores (2016)

### 3.3.2 Corrosão

Por se tratar de uma obra recentemente construída, os focos de corrosão ainda não são muito visíveis na estação de tratamento de esgoto Minerva, porém, já podemos perceber o início desta manifestação patológica em uma das tampas de ferro do Reator UASB.

Figura 11 – Início de corrosão na tampa cega do Reator UASB



Fonte: Autores (2016)

### 3.3.3 Ataque por sulfatos

Os sulfatos podem ter origem nos materiais que compõem o concreto ou no contato do concreto com o solo ou águas ricas com este agente. Nas estações de tratamento de esgoto este problema é frequente, visto que a água do esgoto pode levar esses íons para as estruturas de concreto.

O meio onde a estação de tratamento de esgoto Minerva está inserida é favorável para a redução da vida útil de suas estruturas, visto que nela se encontram diversos depósitos de esgoto e, além disso, está situada em uma cidade marítima. Esse tipo de localidade juntamente com o íon sulfato podem causar esta manifestação patológica. Este íon reage quimicamente com os compostos do cimento e forma um produto expansivo, provocando a fissuração e desagregação do concreto. Na estação de tratamento de esgoto Minerva, o sulfato é responsável por problemas de odor e deterioração do concreto, ambos resultantes da redução de sulfato a sulfeto de hidrogênio e na sequência, a ácido sulfúrico.

Na Figura 12, percebe-se que o ataque por sulfato já aconteceu, gerando tensões e fissurando o topo da viga ao redor de um dos filtros da estação de tratamento estudada. Possivelmente, os íons de sulfato já se encontravam em um dos materiais utilizados na construção e com o contato com a água das chuvas acabaram reagindo.

Figura 12 – Ataque por sulfatos na viga de um dos filtros biológicos da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

### 3.3.4 Reação Álcali-agregado (R.A.A.)

Na estação de tratamento de esgoto Minerva foi verificada uma R.A.A. nas vigas das lagoas de decantação, essa manifestação patológica pode ser facilmente confundida com os ataques por sulfatos, porém, a suspeita é que esta manifestação tenha acontecido com a reação dos agregados com os hidróxidos alcalinos presentes no esgoto da lagoa.

A Figura 13 demonstra as fissuras causadas pela reação álcali-agregado em uma das vigas de uma das lagoas de decantação da estação de tratamento de esgoto Minerva. Como se pode observar, as fissuras causadas pela R.A.A. não são uniformes, diferentemente das fissuras causadas por corrosão, essas fissuras tem o mesmo formato das fissuras causadas por ataque de sulfatos, o que torna inviável a diferenciação entre as manifestações patológicas sem a utilização de ensaios.

Figura 13 – Reação álcali-agregado em uma das vigas da lagoa de decantação



Fonte: Autores (2016)

### 3.3.5 Erosão no concreto

A erosão no concreto é uma manifestação patológica geralmente ocorrida por agentes físicos. Assim como ocorre na estação de tratamento do Cabanga, por se tratar de uma região com escoamento contínuo de esgoto, a estação de tratamento Minerva está muito suscetível a este tipo de manifestação patológica. Porém, este tipo de problema geralmente demora muitos anos para aparecer, embora na estação de tratamento Minerva já se verifica este tipo de manifestação, como ilustrado na figura abaixo. Na Figura 14, percebe-se que a erosão está em um nível de desgaste médio, onde a erosão já atingiu os agregados, porém ainda não atingiu a ferragem.

Figura 14 – Erosão na viga de concreto de um dos filtros biológicos da E.T.E.



Fonte: Autores (2016)

## 4 CONCLUSÃO

Em função de diversos fatores, o estudo de problemas patológicos na construção civil vem crescendo com bastante intensidade. Toda estrutura, para atingir uma vida útil para qual foi projetada, necessita de manutenção, pois pode perder sua vida útil com mais facilidade.

Nas estações de tratamento, foram encontradas diversas manifestações patológicas, porém algumas se destacaram por estarem presentes nos dois casos estudados, que foi o caso das fissuras, eflorescência, corrosão e erosão

no concreto.

A E.T.E. do Cabanga já passou por diversas recuperações passadas, assim como foi realizada recentemente outra recuperação. Já a E.T.E. Minerva, foi entregue há dois anos, porém já passa por uma obra de recuperação e ampliação, visto que estava inutilizada e havia diversas manifestações aparentes.

A indicação do procedimento de correção deve levar em conta vários fatores, como eficiência da intervenção, segurança, materiais, equipamentos, custos, temperatura e a agressividade do meio. Para cada tipo de problema, pode haver mais de uma solução e mais de um procedimento de correção, exigindo equipamentos distintos e inúmeros materiais específicos, que poderão ser adotados em função dos fatores técnicos e econômicos.

Contudo, a manutenção é justamente o aspecto bastante carente nas construções, principalmente em obras públicas, onde normalmente o governo não tem verba para tal, fazendo com que muitas construções mesmo sem nenhuma condição, continuem sendo utilizadas. Porém, com o passar do tempo, a preocupação com a recuperação e a manutenção das estruturas aumenta e isto fica comprovado diante deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso**. 2013. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/oMY3wz>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- DYER, T. **A durabilidade do concreto**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015. 536 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
- KULISCH, D. **Ataque por sulfatos em estruturas de concreto**. 2011. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/Cngnsz>>. Acesso em: 08 mar. 2016.
- RIBEIRO, D. V. et al. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Rio de Janeiro: Campus, 2014. 246 p.
- LAGOEIRO, V. **Reação álcali-agregado**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/bkj99V>>. Acesso em: 08 mar. 2016.