



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

---

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005*

**MARCO ANTÔNIO MARQUES BELÉM**

## **PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO**

**Palmas**

**2015**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**MARCO ANTÔNIO MARQUES BELÉM**

## **PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientada pelo Professor Especialista Dênis Cardoso Parente.

**Palmas**

**2015**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

MARCO ANTÔNIO MARQUES BELÉM

## PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Dênis Cardoso Parente.

Aprovada em 17 de novembro de 2015

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Esp. Dênis Cardoso Parente - Orientador  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. M.Sc Fábio Henrique de Melo Ribeiro  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. M.Sc Roldão Pimentel de Araújo Júnior  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas

2015

## SUMÁRIO

RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Geral .....	3
1.1.2. Específicos .....	3
1.2. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
2.1. DURABILIDADE X VIDA ÚTIL .....	5
2.1.1. Causas da degradação do concreto armado.....	6
2.1.1.1. Causas mecânicas .....	8
2.1.1.2. Causas físicas .....	9
2.1.1.2.1. Deterioração por Desgaste Superficial.....	10
2.1.1.2.2 Deterioração por Fissuração.....	11
2.1.1.3 Causas Químicas .....	13
2.1.1.4 Causas biológicas.....	14
2.2 ALGUMAS PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO .....	16
2.2.1 Fissuras, trincas e rachaduras.....	16
2.2.1.1 Fissuras por contração plástica do concreto .....	17
2.2.1.2 Retração .....	17
2.2.2 Corrosão .....	18
2. METODOLOGIA .....	21
2.1 PROCEDIMENTO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
3.1 MÓDULO DE CAPTAÇÃO .....	24
3.2 MÓDULO DE TRATAMENTO (FLOCULADORES E DECANTADORES).....	27
3.3 RESERVAÇÃO .....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

## RESUMO

A patologia das estruturas é caracterizada como um estudo sobre as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos decorrentes das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas de concreto. Geralmente, as manifestações patológicas ocorrem devido à presença de fatores constantes e que podem causar danos à estrutura. Os diversos fatores envolvidos em estruturas podem ser prejudiciais à estrutura devido aos diferentes graus de agressividade, o que pode gerar prejuízos quando um projeto é mal realizado ou ainda na recuperação de tais manifestações patológicas. Este trabalho tem como base o estudo das causas e da identificação das patologias em estruturas de concreto armado. Assim, a princípio realizou-se uma busca na literatura existente para pontuar as principais causas da deterioração das estruturas de concreto. Posteriormente, foi realizada uma vistoria na Estação de Tratamento de Água, a fim de identificar as patologias existentes. Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é identificar as manifestações patológicas nas estruturas de concreto da Estação de Tratamento de Água - ETA 06, na cidade de Palmas - TO. Observou-se durante a pesquisa uma grande dificuldade de diagnosticar as manifestações patológicas demonstrando que o profissional precisa ter um elevado conhecimento sobre a física e a química aplicada aos materiais de construção para ser capaz de identificar as manifestações patológicas; e assim denominar suas possíveis causas. Conclui-se que as manifestações identificadas são passíveis de correções, principalmente se houver um acompanhamento do engenheiro responsável para sanar manifestações patológicas decorrente de má execução do projeto ou ainda por falta de manutenção das estruturas. E assim, sugere-se um estudo futuro sobre maneiras de solucionar tais manifestações e/ou ainda formas de se reduzir a ocorrência das mesmas.

**Palavras-chave:** Concreto, Defeitos, Estrutural.

## ABSTRACT

The pathology of foot structures characterized as a study of the origins, manifestations, consequences and mechanisms due to the faults and degradation systems of concrete structures. Generally, the pathological manifestations occur because of the presence of constant factors which can cause damage to the structure. The various factors involved in structures can be damaging the structure because of the different degrees of aggressiveness, which can lead to losses when a project is poorly done or the recovery of such pathological manifestations. This work is based on the study of the causes and the identification of pathologies in reinforced concrete structures. So, at first realized a search of the literature to score the main causes of deterioration of concrete structures. It was subsequently conducted a survey in the Estação de Tratamento de Água in order to identify existing conditions. Thus, the aim of this study is to identify the pathological manifestations in the concrete structures of the Estação de Tratamento de Água - ETA 06, in Palmas - TO. It was observed during the research a great difficulty to diagnose the pathological manifestations demonstrating that professionals need to have a high knowledge of the physics and chemistry applied to building materials to be able to identify the pathological manifestations; and so denominate their possible causes. It is concluded that the identified manifestations may corrections, especially if there is a follow up of the responsible engineer to remedy pathological manifestations due to poor implementation of the project or by lack of maintenance of the structures. And so, it is suggested a future study on how to handle such events and / or ways to reduce such losses.

**Keywords:** Concrete, Defects, Structural.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tipos de deterioração do concreto por causas intrínsecas.....	7
FIGURA 2 - Tipos de deterioração do concreto por causas extrínsecas.....	8
FIGURA 3 - Concreto rompido por batida de veículos em viaduto de Belo Horizonte (MG).....	9
FIGURA 4 - Desgaste superficial por abrasão em pavimento de concreto. ....	10
FIGURA 5 - Deterioração por cavitação.....	10
FIGURA 6 - Cristalização de sais nos poros .....	11
FIGURA 7 – Efeito da atuação de sobrecargas em estruturas de concreto.....	12
FIGURA 8 - Ação do fogo em estruturas de concreto.....	13
FIGURA 9 - Reação álcali-agregado.....	13
FIGURA 10 - Exemplo de fissura de assentamento plástico ou movimentação de fôrmas. ....	17
FIGURA 11 - Fissuração típica de retração em muro. ....	18
FIGURA 12 - Presença de corrosão.....	19
FIGURA 13 - Eflorescência.....	20
FIGURA 14 - Corrosão de armaduras em subsolo por infiltração de água. ....	20
FIGURA 15 - Classes de agressividade ambiental. ....	25
FIGURA 16 - Superfície de concreto do sistema de captação com manchas de mofo e bolor. ....	25
FIGURA 17 - Gradeamento da estação com sinais de erosão em canal.....	26
FIGURA 18 - Estalactite formada por lixiviação de sal de hidratação do concreto endurecido em laje de fundo do decantador. ....	27
FIGURA 19 - Eflorescência na parede do floclador.....	28
FIGURA 20 - Corrosão de armadura evoluindo para deslocamento de concreto em laje de câmara de floclação. ....	29
FIGURA 21 - Eflorescências e manchas de bolor em parede da câmara de decantação. ....	30
FIGURA 22 - Manchas e bolor localizados no módulo de tratamento flocladores e decantadores.....	30
FIGURA 23 - Erosão na parede da câmara de floclação. ....	31
FIGURA 24 - Parede do reservatório com sinais de eflorescências e manchas de bolor. ....	32

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é base para a elaboração de uma pesquisa relativa às patologias encontradas em estruturas de concreto armado. Como área de estudo, tem-se a Estação de Tratamento de Água do Sistema de produção Ribeirão Taquaruçu, Tocantins.

O tema de estudo foi selecionado devido ao aumento do número de estruturas de concreto armado com a presença de patologias, como resultado do envelhecimento precoce das construções existentes (LAPA, 2008). Essas observações, tanto no âmbito nacional quanto no âmbito internacional, demonstram que as exigências e recomendações existentes nas principais normas de projeto e execução de estruturas de concreto, até o final do século passado, eram insuficientes, conforme Maior (2009).

A engenharia civil está evoluindo seja com relação aos materiais empregados seja nas técnicas utilizadas para a construção. E à medida que se passam os anos e com a observação dos problemas encontrados a tecnologia e a inovação auxiliam na redução de problemas nas diversas fases da obra.

No entanto, sabe-se que mesmo as estruturas bem projetadas e desenvolvidas podem apresentar patologias. Assim, necessita-se nestes casos trabalhos de recuperação ou de reforço da estrutura, uma vez que o conhecimento dos procedimentos e das técnicas a serem adotados é imprescindível para que a estrutura tenha realmente a sua capacidade original restaurada.

As estruturas de concreto armado (material de construção civil mais utilizado no Brasil) sofrem patologias diversas ao longo do tempo, não só devido às falhas humanas cometidas durante o ciclo de vida da estrutura (etapas de concepção e elaboração do projeto, execução, uso e manutenção), mas também devido a outros fatores muitas vezes não levados em consideração pelos projetistas e construtores, tais como o teor de álcalis presentes no cimento, ou mesmo a agressividade do ambiente no qual a estrutura será executada. Tais situações impedem que as estruturas de concreto atendam aos requisitos básicos de desempenho, durabilidade e vida útil desejado (SANTOS, 2012).



Esse trabalho justifica-se pela importância da durabilidade das estruturas de concreto que já devem ser levadas em consideração na fase inicial do projeto construtivo para minimizar seus efeitos.

Neste contexto, esse trabalho pretende analisar as patologias encontradas nas estruturas de concreto da Estação de Tratamento de Água - ETA 06, na cidade de Palmas-TO.

## 1.1. OBJETIVOS

### **1.1.1. Geral**

Identificar as manifestações patológicas nas estruturas de concreto da Estação de Tratamento de Água - ETA 06, na cidade de Palmas - TO.

### **1.1.2. Específicos**

- ✓ Realizar um estudo preliminar das manifestações de patologias na estrutura de concreto da ETA 06;
- ✓ Diagnosticar as possíveis causas do aparecimento das manifestações patológicas.

## 1.2. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O crescente número de problemas encontrados nas obras de engenharia mudou o conceito das estruturas não perenes que não envelhecem ou que não se deterioram (SILVA, 2006). Com isso os profissionais dessa área devem saber como recuperar e reforçar as estruturas de concreto visando ao máximo à redução de possíveis patologias.

As patologias de estruturas de concreto e a sua recuperação se faz necessária devido às agressões do meio ambiente às superfícies de concreto expostas, às vezes até mesmo após alguns meses de término da construção.

O ambiente da ETA é de pouca agressividade, uma vez que, fica exposto constantemente apenas com água bruta, no entanto, os possíveis danos causados à estrutura devem ser analisados, pois reduzem a vida útil da estrutura, além do mais o custo de recuperação dessa estrutura é muito elevado.

Dessa forma, este trabalho busca identificar e analisar a ocorrência de patologias na Estação de Tratamento de Água.

Pelo exposto, o presente estudo se justifica pela importância do tema para os estudantes e futuros profissionais da Engenharia Civil a fim de reduzir ao máximo as possíveis patologias no concreto no setor da construção civil.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. DURABILIDADE X VIDA ÚTIL

O período de tempo em que as estruturas de concreto apresentam condições satisfatórias de uso é definido como vida útil (ROQUE e MORENO JUNIOR, 2005).

No entanto, há certa proximidade entre os conceitos de vida útil e durabilidade que, na maioria das vezes, leva à utilização invertida dos termos. Pode-se considerar que a vida útil é a quantificação da durabilidade que se supõe ser apenas uma qualidade da estrutura. A vida útil pode também ser entendida como o período de tempo durante o qual a estrutura é capaz de desempenhar bem as funções para as quais foi projetada (DA SILVA, 2002).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), durabilidade é a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Dessa forma, Neville (2001) afirma que a durabilidade significa que determinada estrutura de concreto terá desempenho contínuo satisfatório, para as finalidades para as quais foi projetada, isto é, que manterá sua resistência e condições normais de serviço durante a vida útil especificada ou esperada.

Isaia (2001) complementa a definição de durabilidade dos materiais que, no sentido estrito do termo, está ligada à sua capacidade de se conservar em determinado estado, com a mesma qualidade ao longo de um dado tempo. De outro modo, é a resistência de um material ou elemento da construção à deterioração ou degradação.

Contudo, Metha e Monteiro (1994) determinam que uma longa vida útil é considerada sinônimo de durabilidade, pois a durabilidade sob um conjunto de condições não significa necessariamente durabilidade sob outro conjunto de condições.

Segundo Lapa (2008) os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos.

De fato, a deterioração do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. São processos complexos, determinados pelas propriedades físicas e químicas do concreto e da forma como está exposto. Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação (METHA; MONTEIRO, 1994).

### 2.1.1. Causas da degradação do concreto armado

Sabe-se que o concreto é um material obrigatoriamente poroso. Assim, os vazios presentes são de origens diversas, tais como o excesso de água de mistura (necessária à obtenção da trabalhabilidade conveniente), diminuição de volume que acompanha a hidratação do cimento, ar incorporado durante a operação de mistura, erro na dosagem dos insumos, etc. Como esses vazios são geralmente interligados, o concreto é normalmente permeável aos líquidos e gases (BAUER, 2015).

Deve-se conhecer o meio ambiente e sua interação (do ponto de vista físico e químico) com a estrutura, cuja vida útil pode ser significativamente reduzida devido à influência ambiental, o concreto tenha sido devidamente especificado e executado (LIMA, 2005).

O estudo das causas responsáveis por diversos processos de deterioração das estruturas de concreto é complexo. Assim, o conhecimento das causas da deterioração do concreto, não apenas para que se possa proceder aos reparos exigidos, mas também para se garantir que, depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar (SOUZA e RIPPER, 1998).

Geralmente, as causas de deterioração são agrupadas por similaridade (QUADRO 1), conforme expõe Souza e Ripper (1998).

QUADRO 1 - Classificação das causas dos processos de deterioração.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas intrínsecas (inerentes à estrutura)</li> <li>• Causas extrínsecas (externas à estrutura)</li> </ul>	<b>CAUSAS DOS PROCESSOS DE DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falhas humanas</li> <li>• Causas naturais próprias ao material concreto</li> <li>• Ações externas</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Souza e Ripper (1998).

As causas intrínsecas abrangem todas as que têm origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou utilização das obras, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto, conforme a Figura 1, retirado de Souza e Ripper (1998).

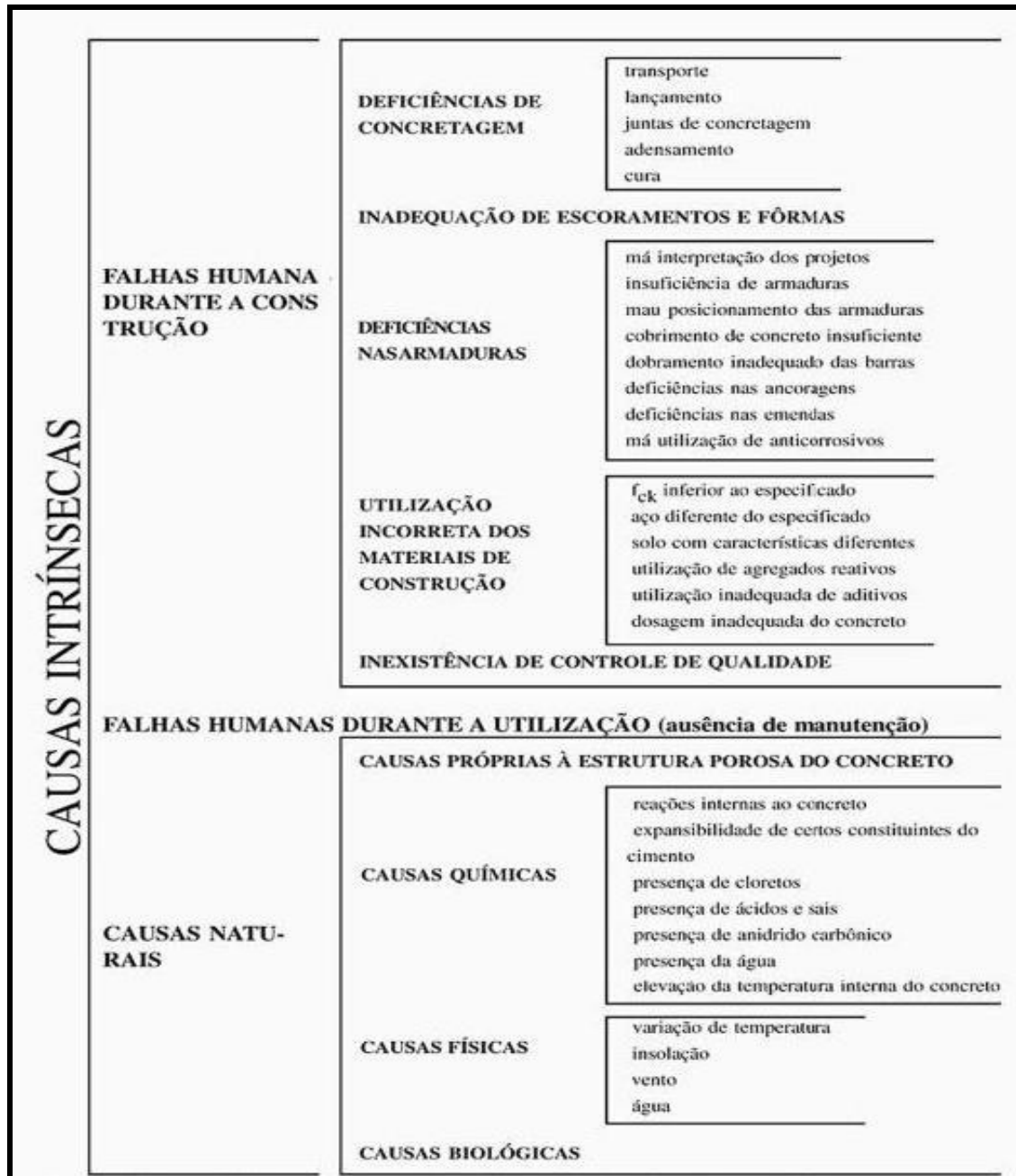


FIGURA 1 - Tipos de deterioração do concreto por causas intrínsecas.  
 Fonte: Souza e Ripper (1998).

Enquanto as causas extrínsecas de deterioração (FIGURA 2) da estrutura independem do corpo estrutural em si, bem como a composição interna do concreto, esses fatores afetam a estrutura “de fora para dentro” seja na fase de execução do projeto seja durante a vida útil da estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

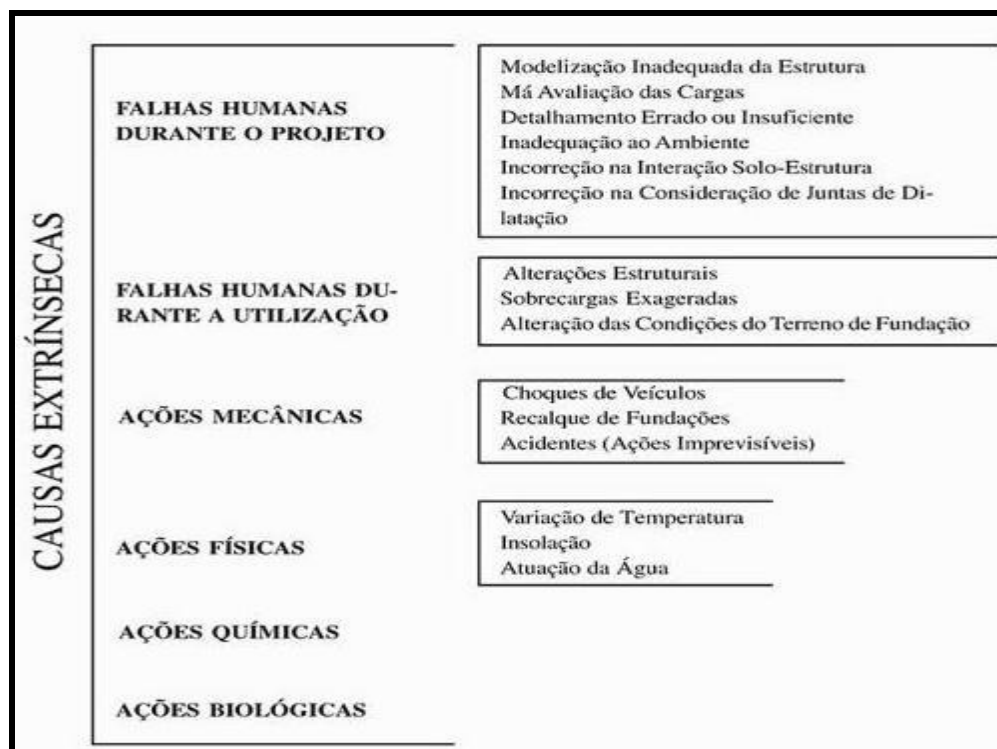


FIGURA 2 - Tipos de deterioração do concreto por causas extrínsecas.  
Fonte: Souza e Ripper (1998).

A redução da durabilidade do concreto armado pode ocorrer de acordo com a sua natureza, neste trabalho abordaremos as causas mecânicas, físicas, químicas e eletroquímicas.

#### 2.1.1.1. Causas mecânicas

Caracteriza as solicitações mecânicas às quais as estruturas de concreto estão sujeitas, devido a:

- ✓ Choques e impactos, como por veículos automotores (FIGURA 3);
- ✓ Acidentes imprevisíveis, como inundações, grandes tempestades, explosões e abalos sísmicos (SOUZA e RIPPER, 1998).

Conforme Andrade (2005) além de comprometer a capacidade resistente da estrutura, essas causas facilitam a entrada de agentes agressivos na estrutura danificada, principalmente quando o concreto e a armadura ficam expostos devido ao impacto das solicitações.



FIGURA 3 - Concreto rompido por batida de veículos em viaduto de Belo Horizonte (MG).  
Fonte: Santos (2012).

#### 2.1.1.2. Causas físicas

Dependendo das condições climáticas e ambientais, o concreto estará submetido aos efeitos de um conjunto de agentes agressivos e diferentes fatores destrutivos. Esses agentes ou fatores podem atuar isoladamente, dentre os quais se incluem os de natureza física com os seus efeitos característicos. O resultado das interações ambientais com a microestrutura do concreto é a mudança das suas propriedades mecânicas.

Conforme Souza e Ripper (1998) as causas físicas são resultantes da ação da variação de temperatura externa, da insolação, do vento e da água (sob a forma de chuva) e umidade, podendo-se ainda se unir a eventuais solicitações mecânicas ou acidentes ocorridos durante a fase de execução da estrutura.

A variação de temperatura é uma importante variável na influencia das patologias de concreto no Tocantins já que o Estado possui um clima com temperatura elevada.



### 2.1.1.2.1. Deterioração por Desgaste Superficial

A perda progressiva de massa de uma superfície do concreto pode ocorrer devida à abrasão, erosão e cavitação.

A abrasão (FIGURA 4) ocorre quando há o atrito seco, como no caso do desgaste de pavimentos e pisos industriais pelo tráfego de veículo (AGUIAR, 2006).



FIGURA 4 - Desgaste superficial por abrasão em pavimento de concreto.  
Fonte: Aguiar (2006).

Enquanto a erosão acontece quando o desgaste por ação abrasiva de fluidos contendo partículas sólidas em suspensão, como se observa em revestimentos de canais, vertedouros e tubulações para o transporte de água ou esgoto, conforme o exposto por Aguiar (2006).

Outra possibilidade de dano em estruturas hidráulicas é por cavitação (FIGURA 5), que se relaciona à perda de massa pela formação de bolhas de vapor e sua subsequente ruptura devido a mudanças repentinas de direção em águas que fluem com alta velocidade (VILASBOAS, 2004).

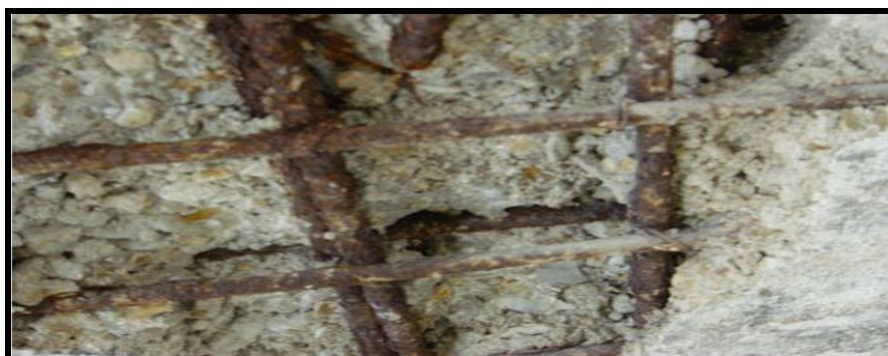


FIGURA 5 - Deterioração por cavitação.  
Fonte: Werle (2011).

### 2.1.1.2.2 Deterioração por Fissuração

A deterioração física por fissuração pode ocorrer por mudanças de volume (gradientes de temperatura e umidade, e pressões de cristalização de sais nos poros), carregamento estrutural (sobrecarga e impacto, e carga cíclica) e exposição a extremos de temperatura (ação do gelo, degelo e fogo).

No concreto armado, o efeito da variação de temperatura normalmente não causa efeitos de tensões quando as temperaturas são normais, pois o coeficiente de dilatação dos dois materiais é semelhante:  $1,2 \times 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$  para o aço e  $1,0 \times 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$  para o concreto. Entretanto, quando as temperaturas se elevam, os coeficientes têm comportamentos diferentes, sendo que o do aço pode chegar a 30 vezes superior ao do concreto, o que pode produzir tensões relevantes, que provocam o destacamento da camada de cobrimento das armaduras (VELASCO, 2003).

O contato das estruturas de concreto (tais como tanques industriais ou estruturas marítimas) com soluções supersaturadas causa a cristalização de sais nos poros do concreto (FIGURA 6). No caso das estruturas em contato com a água do mar, o mecanismo de degradação via cristalização de sais nos poros do concreto ocorre através dos choques das ondas e dos ciclos alternados de molhagem e secagem, por causa do fenômeno das marés, conforme descreve Souza e Ripper (1998).



FIGURA 6 - Cristalização de sais nos poros  
Fonte: Chociay (2015).

Além disso, a atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, como pilares, vigas e paredes (FIGURA 7). Essas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode ter sido originada de uma sobrecarga superior à prevista (VILASBOAS, 2004).



FIGURA 7 – Efeito da atuação de sobrecargas em estruturas de concreto.  
Fonte: Werle (2011).

Já os efeitos das geadas no concreto se devem à pressão osmótica. Segundo Ferreira (2000) a uma determinada temperatura, as águas dos pequenos poros e a solução de alta alcalinidade congelam somente com temperaturas muito baixas. Para alcançar o equilíbrio do sistema há a migração da água e da solução, gerando a pressão osmótica, que se for maior que a resistência do concreto, provoca a sua fissuração.

A degradação do concreto pode ocorrer também pela aplicação de sal para acelerar o degelo. As ações de cloros neste processo podem ser danosas ao concreto, contribuindo para a sua degradação em função dos mecanismos de corrosão das armaduras (CODY, 1996).

O fogo, por sua vez, causa danos às estruturas de concreto, mesmo que o concreto seja resistente ao fogo (FIGURA 8), pois com o tempo de exposição, o processo de degradação é inevitável e crescente, determinando a perda da capacidade resistente e redução da rigidez dos elementos da estrutura, devido à degradação simultânea do concreto e do aço (ANDRADE, 2005).



FIGURA 8 - Ação do fogo em estruturas de concreto.  
Fonte: Chociay (2015).

### 2.1.1.3 Causas Químicas

A reação álcali-agregado (RAA) é um fenômeno patológico que ocorre no concreto e que pode ocasionar problemas tanto em nível estrutural como operacional (FIGURA 9). Dependendo das condições que a estrutura de concreto está exposta, esta reação deletéria gera expansões intensas que podem ser observadas em diferentes idades, a partir da sua instalação, dependendo do grau de reatividade do agregado (HASPARYK et al., 2005).



FIGURA 9 - Reação álcali-agregado.  
Fonte: Chociay (2015).

O contato do concreto com ácidos em altas concentrações não é habitual. Já a ação de chuvas ácidas nos grandes centros e nas áreas industriais é mais frequente.

Os ácidos sobre o concreto atuam destruindo seu sistema poroso e produzindo uma transformação completa na pasta de cimento endurecida. O resultado destas ações é a perda de massa e uma redução da seção do concreto. Esta perda acontece em camadas sucessivas, a partir da superfície exposta, sendo a velocidade da degradação proporcional à quantidade e concentração do ácido em contato com o concreto (ANDRADE, 2003).

Há também a ação de  $\text{CO}_2$  sobre os constituintes do cimento hidratado é complexa, pois não se limita ao hidróxido de cálcio, mas ataca e degrada todos os produtos da hidratação do cimento.

Outro importante elemento que causa sérios danos à estrutura do concreto são os íons cloreto que são um dos principais causadores da corrosão das armaduras do concreto. Os íons cloretos podem chegar até o concreto através de diversas formas, como uso de aceleradores de pega que contém  $\text{Ca Cl}_2$ , impureza na água de amassamento e nos agregados, água do mar e maresia, sais de degelo e processos industriais (LAPA, 2008).

O autor completa que a concentração de cloretos necessária para promover a corrosão é fortemente afetada pelo pH do concreto. Foi demonstrado que é necessário um nível de 8.000 ppm de íons cloretos para iniciar o processo quando o pH é de 13,2, mas quando o pH cai para um patamar de 11,6, a corrosão se inicia com somente 71 ppm de íons cloretos.

O aumento da temperatura eleva a mobilidade molecular e favorece o transporte de cloreto pela microestrutura (FIGUEIREDO, 2005). Para a determinação do teor de cloretos no concreto são utilizados diferentes métodos, geralmente divididos em dois grupos: medição da relação cloretos totais/livres e medição da relação cloretos fixos/livres. O número total de cloretos é soma de íons livres mais fixos. O cloreto livre existe na solução intersticial, sendo de fácil extração, enquanto o fixo é fortemente absorvido pelas paredes dos poros, sendo quimicamente ligado à matriz de cimento, originando os cloro-aluminatos (FERREIRA, 2000).

#### 2.1.1.4 Causas biológicas

Resultam do ataque químico de ácidos gerados pelo crescimento de raízes de plantas ou de algas que se instalam em fissuras ou em grandes poros do concreto, ou ainda por ação dos sulfetos gerados pela presença de fungos na estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

O concreto é considerado um material bioreceptivo ao ataque microbiológico, devido às condições de rugosidade, porosidade, umidade e composição química, que combinadas com as condições ambientais, como umidade,

temperatura e luminosidade, podem promover a biodeterioração do concreto (LAPA, 2008).

A biodeterioração pode ser classificada em quatro categorias: física ou mecânica, estética, química assimilatória e química não assimilatória. Os mecanismos podem ocorrer separados ou simultaneamente. A biodeterioração física ou mecânica é o rompimento do material devido à pressão exercida na superfície pelo micro-organismo, durante seu crescimento ou locomoção (LAPA, 2008).

Com relação à biodeterioração estética Lapa (2008) afirma que é causada pela presença de micro-organismos que interferem na estética do concreto, mudando sua cor, manchando-o, muitas vezes de forma inaceitável. A biodeterioração química assimilatória ocorre quando o material, constituído de nutrientes para os micro-organismos, tem sua microestrutura alterada, apresentando déficit de compostos essenciais para sua integridade.

Já a biodeterioração química não assimilatória é o resultado da ação dos produtos metabólicos, sobre os constituintes do material, formando compostos prejudiciais à sua integridade. Produtos metabólicos são substâncias produzidas pelos micro-organismos durante o metabolismo (SILVA, 2006).

Na prática o mais significativo ataque biológico ao concreto é o que ocorre em esgotos. No interior dos esgotos, em condições anaeróbicas, as bactérias produzem ácido sulfídrico, composto de pouca agressividade ao concreto (LAPA, 2008).

Ao escapar de dentro do esgoto para o ar, o ácido sulfídrico vai colocar-se ao alcance de bactérias aeróbicas, que habitam na superfície livre do esgoto. Estas bactérias transformam o ácido sulfídrico em ácido sulfúrico, que é bastante agressivo ao concreto, dando-se um ataque de ácidos de sulfatos, que vai provocar uma rápida degradação da superfície livre interna da estrutura de concreto em contato com o esgoto, com velocidades de ataque na ordem de 5 a 10 mm por ano (SILVA, 2006).



## 2.2 ALGUMAS PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

A patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, causas e origens dos defeitos da construção civil (BOTELHO e SILVA, 2008).

### 2.2.1 Fissuras, trincas e rachaduras

As fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações (TABELA 1) observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (OLIVEIRA, 2012).

TABELA 1 - Definição de anomalias.

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira (2012).

A fissuração é um fenômeno muito antigo tanto quanto o próprio concreto armado e tem sido motivo de análise por parte de tecnologistas de todos os tempos e talvez por essa razão a fissura seja, atualmente, um dos sintomas mais marcantes das doenças do concreto armado ou massa (RIPPER, 1998).

Conforme Metha e Monteiro (1994) a caracterização da fissuração como deficiência estrutural depende sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, e sua fissura ocorre por natureza, sempre que as tensões tratativas, que podem ser instalados pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

De acordo com a NBR - 6118 (ABNT, 2014) a fissuração é considerada nociva quando a abertura das fissuras na superfície do concreto ultrapassa os seguintes valores:

- ✓ 0,1 mm para peças não protegidas, em meio agressivo;
- ✓ 0,2 mm para peças não protegidas, em meio não agressivo;
- ✓ 0,3 mm para peças protegidas.

#### 2.2.1.1 Fissuras por contração plástica do concreto

Nesse caso são erros na forma de escorar as estruturas, retirar escoramentos em ordem incorreta, entre outro, que provocam fissuras (FIGURA 10) ou o próprio adensamento do concreto decorrente de excessiva exsudação no estado plástico do concreto Filho e Carmona (2013).

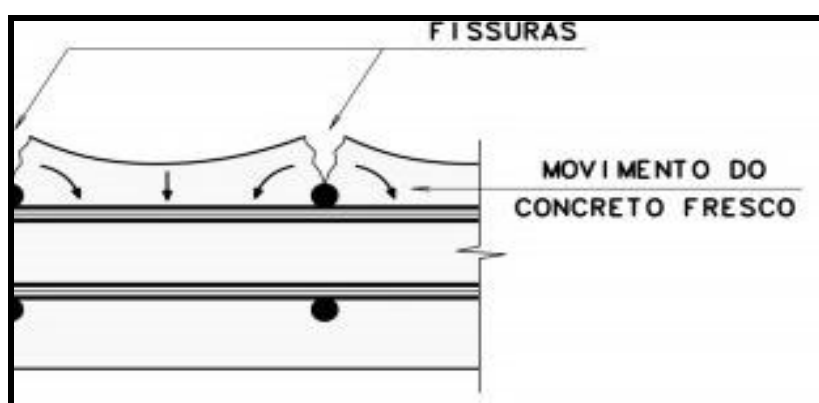


FIGURA 10 - Exemplo de fissura de assentamento plástico ou movimentação de fôrmas. Fonte: Filho e Carmona (2013).

#### 2.2.1.2 Retração

O principal mecanismo de retração é a perda de água por evaporação em estado fresco ou endurecido (FIGURA 11). Água em excesso é normalmente adicionada à massa de concreto para lhe conferir trabalhabilidade, essa água não é consumida na reação de hidratação do cimento. Ao evaporar se deve vencer as forças capilares gerando assim forças de contração na massa.



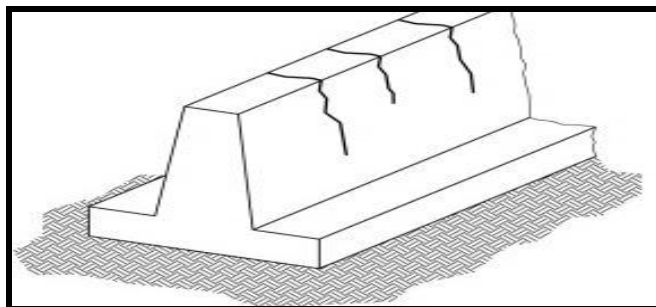


FIGURA 11 - Fissuração típica de retração em muro.  
Fonte: Filho e Carmona (2013).

As demais causas das fissuras como a devida à pressão de cristalização de sais nos poros, devida à carga estrutural, devida à ação de temperaturas extremas (fogo ou gelo) já foram comentadas nos itens anteriores.

### 2.2.2 Corrosão

Uma das principais causas da corrosão das armaduras (FIGURA 12) são a presença do cloreto na sua vizinhança e a carbonatação do concreto (LAPA, 2008).

O autor completa que no concreto as principais causas da corrosão são os gases contidos na atmosfera, as águas puras, ácidas ou marinhas e os compostos fluidos ou sólidos de natureza orgânica.

Para Helene (2000), corrosão é uma interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica.

Gentil (2003) afirma que a corrosão, em alguns casos, se assemelha ao inverso do processo metalúrgico.

“[...] o produto da corrosão de um metal é bem semelhante ao minério do qual é originalmente extraído. O óxido de ferro mais comumente encontrado na natureza é a hematita,  $Fe_2O_3$  e a ferrugem é o  $Fe_2O_3$  hidratado,  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ , isto é, o metal tendendo a retornar a sua condição de estabilidade” (GENTIL, 2003).

O trabalho de Cascudo (2001) afirma que configurando o ambiente para a convivência salutar entre as barras de aço e o meio de concreto resta indicar se o mecanismo de desativação, ou seja, de geração de corrosão, por destruição da camada óxida de revestimento protetor das barras pode ser do tipo:



FIGURA 12 - Presença de corrosão.

Fonte: Cavaco (2008).

- ✓ corrosão por tensão fraturante: é o caso dos aços que são submetidos a grandes esforços mecânicos (protensão) e que, em presença do meio agressivo, podem sofrer fratura frágil, resultando na perda de condição para a sua utilização;
- ✓ corrosão pela presença de hidrogênio atômico, que fragiliza e fratura os aços;
- ✓ corrosão por pite, que pode revelar-se segundo duas formas:
  - ✓ localizada, caracterizada pela ação de íons agressivos (cloretos, em especial), sempre que haja umidade e presença de oxigênio;
  - ✓ generalizada, função da redução do pH do concreto para valores inferiores a 9, pela ação dissolvente  $\text{CO}_2$  existente no ar atmosférico - transportado através dos poros e fissuras do concreto sobre o cimento hidratado, é a chamada carbonatação.

De acordo com Miotto (2010), as formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência (QUADRO 2).

Quadro 2 - Formas Patológicas

<b>Infiltrações</b>	De acordo com Miotto (2010), as formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência.
<b>Manchas</b>	A água ao atravessar uma barreira fica aderente, resultando daí uma mancha.
<b>Bolor ou mofo</b>	O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas. O termo emboloramento, de acordo com Allucci (1988) constitui-se numa "alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de micro-organismos pertencentes ao grupo dos fungos". O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.

<b>Eflorescência</b>	Formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco; Criptoflorescência: Formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais. Causam rachaduras e até a queda da parede; Gelividade: Ação da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume.
----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Miotto (2010).

A Figura 13 demonstra uma eflorescência.



FIGURA 13 - Eflorescência.

Fonte: Silva (2011).

A Figura 14 demonstra uma corrosão devido à infiltração de água na armadura de concreto de um edifício localizada na parte do subsolo.



FIGURA 14 - Corrosão de armaduras em subsolo por infiltração de água.

Fonte: Silva (2011).

## 2. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi baseada no modelo de estudo de caso com a finalidade de identificar as manifestações patológicas na Estação de Tratamento de Água – ETA 06, na cidade de Palmas.

A pesquisa procedeu de forma qualitativa, pois a interpretação dos dados obtidos foi analisada no processo de pesquisa qualitativa.

A base deste trabalho foi feita através da pesquisa teórica com artigos e dissertações pertinentes ao tema da pesquisa proposta.

### 2.1 PROCEDIMENTO DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

As informações foram obtidas através de duas formas: visita ao local e da estrutura executada. A princípio seria realizado um levantamento do histórico do problema, mas não pode ser realizado devido à falta de informações que não puderam ser fornecidas pela empresa de Saneamento do Estado ou ainda pelo fato de as poucas informações existentes serem muito antigas.

Na vistoria do local contemplou-se com a coleta de dados através do levantamento fotográfico das manifestações patológicas observadas nos módulos do sistema de tratamento através de uma máquina fotográfica para a devida descrição e localização das mesmas.

A coleta de dados fotográficos teve início na captação de água bruta da estação, no sistema de gradeamento que se encontra no nível do manancial, obedecendo-se um sentido de caminhamento previamente estabelecido da captação até o último processo, a filtração.

Os módulos seguintes, canal medidor de vazão de entrada no sistema de coagulação, câmara de floculação, tanque de sedimentação e por fim os filtros.

Concluída as inspeções interiores do sistema, começou-se o exame do seu exterior tomando cada elevação no mesmo sentido do caminhamento do exame interno.

Para o controle no procedimento de coleta e interpretação dos dados usou-se a metodologia empregada por Krug (2006), com alguns itens adaptados.

Conforme Krug (2006), os procedimentos para controle são:

### **a) Identificação do problema**

- Que fatores são responsáveis pelo surgimento de patologias na edificação citada? Seja em termos de materiais, técnicas ou maneira de utilização da edificação.
- Quais os mecanismos de ocorrência dessas patologias? Para se entender como estes fenômenos surgem e evoluem.
- Quais as soluções possíveis? Buscando-se, através do entendimento dos mecanismos de ocorrência, alternativas para solucionar os fenômenos encontrados.

### **b) Pesquisa bibliográfica**

Ocorreu de forma paralela à identificação das manifestações patológicas buscando solucionar possíveis dúvidas e embasar a contribuição para o diagnóstico.

### **c) Estudo inicial**

Realizou-se um estudo para a obtenção de resultados e foi feito um levantamento de dados com a utilização de fotografias das localizações e descrições.

### **d) Identificação das possíveis causas das manifestações patológicas**

Consistiu na etapa do estudo onde se identificou os agentes causadores dos fenômenos patológicos. Embora não exista a distinção em bibliografia entre tais termos, destaca-se a importância de realizar tal distinção. O agente remoto caracteriza-se como aquela causa de um fenômeno patológico que por sua vez irá gerar outro, enquanto que o agente imediato é aquele responsável diretamente pelo surgimento de um fenômeno patológico. Nesta etapa além da identificação dos agentes, também se realizou a descrição dos mecanismos de ocorrência de cada fenômeno.

**e) Elaboração de resultados e conclusões**

Na etapa final analisou-se a situação e definiu-se as possíveis causas das manifestações patológicas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico são apresentadas as manifestações patológicas mais importantes encontradas durante as vistorias, através do levantamento fotográfico, na ETA e as causas mais prováveis. Para isso, dividiu-se os resultados em três partes: módulo de captação, módulo de tratamento e reservação, conforme o local em que cada manifestação patológica foi verificada.

#### 3.1 MÓDULO DE CAPTAÇÃO

O sistema de captação da ETA em estudo compreende um conjunto de canais executados em concreto armado e comportas em aço e fibra de vidro operando sempre afogado, ou seja, no nível do manancial que abastece a estação.



FIGURA 15 - Vista aérea da estação de tratamento do sistema produtor Taquaruçu (ETA – 006).  
Fonte: Prefeitura de Palmas, 2015.

Localizada à margem direita do Córrego Taquaruçu em área fora do perímetro urbano o sistema de captação (FIGURA 15) está inserido em um ambiente de agressividade fraca conforme classificação atribuída pela NBR-6118 (FIGURA 16), pela própria localização e por estar em contato apenas com água bruta.



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 <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 3)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível 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).

<sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

<sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

FIGURA 16 - Classes de agressividade ambiental.

Fonte: ABNT (2014).

As manifestações patológicas encontradas nos canais de captação estão relacionadas ao referido contato com água. O ambiente úmido e sombreado favorece o aparecimento de manchas de mofo e bolores (FIGURA 17), ascensão de raízes e desgaste por erosão nos canais (FIGURA 18).



FIGURA 17 - Superfície de concreto do sistema de captação com manchas de mofo e bolor.

Fonte: Autoria Própria (2015).



De acordo com Santos (2012) as recomendações curativas quanto a mofos e bolores são: (1) Executar a limpeza das superfícies contaminadas; (2) Empregar soluções fungicidas; (3) Utilizar durante o reparo materiais de construção mais resistentes ao bolor, como os materiais fungicidas.

Conforme Aguiar e Baptista (2009), o desgaste por erosão nas superfícies das estruturas de concreto é um processo que atinge praticamente todas as estruturas devido ao carreamento constante de partículas sólidas em suspensão, como areia, argila, cascalhos, escombros, entre outros.

As causas prováveis da erosão podem ser a presença de partículas sólidas abrasivas; a baixa resistência do concreto; o uso de agregados inadequados e o acabamento inadequado do concreto, conforme descreve Aguiar (2015).

A recuperação de elementos desgastados pela erosão, conforme a Norma do DNIT (2006) determina que, não havendo contaminação do concreto, pode, após uma limpeza com jatos de areia e água, ser efetuada com concreto projetado de boa resistência à erosão: alta dureza, baixa relação água/cimento e resistência à compressão, aos vinte e oito dias (DNIT, 2006).



FIGURA 18 - Gradeamento da estação com sinais de erosão em canal.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

### 3.2 MÓDULO DE TRATAMENTO (FLOCULADORES E DECANTADORES)

A água captada, após processo de gradeamento e desarenação é bombeada e medida antes das próximas etapas do tratamento. Nessa fase a água recebe as soluções diluídas de cloreto férrico e leite de cal, substâncias que favorecem a floculação e precipitação dos sólidos suspensos ainda presentes na água captada.

Esse processo acontece em câmaras de coagulação e floculação construídas em concreto. As estruturas supracitadas, da estação em estudo, foram construídas acima do nível do terreno, ou seja, as superfícies das peças em concreto estão fora do alcance do terreno natural, o que facilitou a identificação de manifestações patológicas nas faces opostas a pressão hidrostática exercida nas lajes e paredes armadas.

Observa-se na Figura 19 estalactites formadas pelo processo de lixiviação de alguns sais de hidratação do cimento utilizado na obra.



FIGURA 19 - Estalactite formada por lixiviação de sal de hidratação do concreto endurecido em laje de fundo do decantador.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

Na Figura 20 sugere-se uma eflorescência na parede do floculador.



FIGURA 20 - Eflorescência na parede do floculador.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

Fusco (2008) revela que, a lixiviação se manifesta quando há percolação de água através da massa de concreto, como pode acontecer em revestimentos de túneis, reservatórios enterrados.

Segundo Bauer (2015), a lixiviação do concreto ocorre quando entra em contato com água doce, ácidos, sais, graxas e óleos. Na água doce, há o ataque ao concreto na sua camada superficial, quanto mais baixa, for quantidade de carbonato ácido de cálcio e de magnésio, maior a sua dissolução, menos dura é a água. A maioria dos ácidos ataca o cimento do concreto, no curso da reação água/ácidos ocasiona a formação de sais de cálcio, sendo este muito pouco solúvel atacando o concreto de uma forma lenta.

De acordo com Lapa (2008) o principal sal lixiviado é o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) solúvel em água pura que é lavado e acumulado na superfície das peças, caracterizando um tipo de patologia bastante comum em estruturas submetidas à pressões positivas de lâminas d'água, as chamadas eflorescências ou florescências. O fato de se ter um concreto lixiviado, ou seja, que teve alguns sais de hidratação retirados das peças sólidas acarreta o surgimento em cadeia de outras patologias.

Helene (2000) comenta que a dissolução, o transporte e a deposição do hidróxido de sódio, responsáveis pela formação de estalactites e de estalagmites, dão lugar à decomposição de outros hidratos, e conseqüentemente reflete o aumento da porosidade do concreto. À medida que aumenta a porosidade do concreto, apresenta superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta

superficial, eflorescências de carbonato e redução do pH e com o tempo o concreto vem a se desintegrar.

O concreto se torna mais poroso, leve e mais suscetível ao ataque de substâncias deletérias, como os cloretos dissolvidos na água ainda em processo de tratamento (HELENE, 2000).

Storte (2015) lista que os principais fatores que contribuem para a formação de eflorescências geralmente atuam de forma conjunta como o teor de sais solúveis, a pressão hidrostática para proporcionar a migração para a superfície e a presença de água.

A recuperação da grande maioria das eflorescências pode ser feita através da remoção por processos simples, como: escovação com escova dura e seca, escovação com escova e água, leve jateamento d'água, leve jateamento de areia, além da aplicação de um novo revestimento (DNIT, 2006).

Conforme Storte (2015) a corrosão das armaduras (FIGURA 21) é uma das principais manifestações patológicas, responsáveis por prejuízos da ordem de 0,5% do PIB, segundo algumas estatísticas. O aumento do número dessa patologia é ainda maior quando o recobrimento das armaduras é realizado com os valores abaixo dos recomendados pela NBR 6118 (BRASIL, 2014).



FIGURA 21 - Corrosão de armadura evoluindo para deslocamento de concreto em laje de câmara de floculação.

Fonte: Autoria Própria (2015).

A NBR 6118 determina que as fissurações não devem exceder os valores na ordem de 0,2 mm a 0,4 mm que sob a ação das combinações frequentes não apresentam importância significativa na corrosão de armaduras passivas (ABNT,

2014). Além disso, se o concreto executado estiver com elevado fator água/cimento, pode provocar uma elevada porosidade do concreto e fissuras de retração.

A câmara de decantação apresenta-se com eflorescências e manchas de bolor na parede (FIGURA 22). As principais causas do bolor podem ser o término de vida útil da impermeabilização, a má execução de impermeabilização ou o uso de materiais ou métodos de baixa qualidade durante a execução da obra.



FIGURA 22 - Eflorescências e manchas de bolor em parede da câmara de decantação.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

A Norma do DNIT (2006) determina que a recuperação de patologias como a formação de sais insolúveis de cálcio, quando lixiviados, não pode ser feita; no entanto, o prosseguimento da lixiviação pode ser atalhado com o tratamento das fissuras e, se for o caso, com pinturas impermeabilizantes e revestimentos.

As manchas e o bolor também foram identificados no módulo de tratamento



FIGURA 23 - Manchas e bolor localizados no módulo de tratamento flocluladores e decantadores.  
Fonte: Autoria Própria (2015).



A parede da câmara de floculação apresenta erosão devido ao contato, à exposição com a passagem de líquidos na abertura (FIGURA 24).



FIGURA 24 - Erosão na parede da câmara de floculação.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

### 3.3 RESERVAÇÃO

A reservação é composta por um reservatório único que recebe a água já filtrada, pronta para a última etapa de tratamento, antes de sua distribuição, a desinfecção feita com cloro e flúor.

Desse reservatório a água é distribuída para 60% da população palmense, conforme dados fornecidos pela concessionária de abastecimento local Odebrecht/SANEATINS (2014).

As manifestações patológicas identificadas no reservatório, a exemplo do que se pode observar em outros módulos de tratamento sujeitos a pressão hidrostática, foram as eflorescências e infiltrações em juntas de concretagem (juntas frias), conforme pode-se observar na Figura 25.

Miotto (2010) revela que dentre as principais patologias encontradas com maior frequência são a infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência, fato que foi confirmado nesse estudo, visto que essas patologias foram identificadas nas três regiões analisadas.



FIGURA 25 - Parede do reservatório com sinais de eflorescências e manchas de bolor.  
Fonte: Autoria Própria (2015).

Os problemas causados pela degradação de estruturas e de seus materiais decorrem em grande parte de projetos inadequados, execuções sem controle ou ainda pela falta de manutenção, deficiências comuns que resultam na recuperação dessas estruturas.

A observação do quadro de manifestações patológicas identificadas proporciona o entendimento do conceito de durabilidade das estruturas, que para Souza e Ripper (1998) está atrelado à combinação de fatores ambientais, como temperatura, umidade e agressividade do meio, às práticas de execução e escolha dos insumos utilizados.

#### 4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a realização deste trabalho foi possível identificar as manifestações de patologias na estrutura de concreto da ETA 06 e diagnosticar as possíveis causas do aparecimento das manifestações patológicas.

Notou-se durante a pesquisa que para o diagnóstico das manifestações patológicas o profissional precisa ter um elevado conhecimento sobre a física e a química aplicada aos materiais de construção para ser capaz de identificar as manifestações patológicas; e assim denominar suas possíveis causas.

Com base, nos resultados obtidos este estudo sugere as causas das manifestações patológicas observadas. As mais frequentes patologias do concreto observadas na estação de tratamento de água abordada neste trabalho foram deslocamentos, perda de massa por efeito abrasivo, manchas de mofo e bolor, corrosão de armaduras e eflorescências.

Ao fim deste trabalho é possível concluir que as manifestações identificadas são passíveis de correções, principalmente se houver um acompanhamento do engenheiro responsável para sanar manifestações patológicas decorrente de má execução do projeto ou ainda por falta de manutenção das estruturas.

Tendo em vista a importância de se estar sempre buscando maneiras de melhorar a execução e manutenção das estruturas de construções civis, sugere-se que estudos sobre os tipos de recuperação que podem ser realizados nas patologias apontadas neste trabalho possam ser realizados de modo a complementar os dados desta pesquisa, tendo em vista que, se faz necessário repensar maneiras de evitar ou minimizar a ocorrência de tais patologias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

AGUIAR, C. Concreto de Cimento Portland Branco Estrutural: Análise da adição de pigmentos quanto à resistência à compressão. 2006. 189p. Monografia (Dissertação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ANDRADE, J. J. O. et al. Avaliação das características do concreto quando submetido à degradação de origem química. In: Congresso Brasileiro do Concreto–REIBRAC, 45, 2003, Vitória - ES. Anais. São Paulo: IBRACON, 2003 (CD Rom).

ANDRADE, Tibério. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap.25, p.753-792.

BAUER, L. A. F. Materiais de construção. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 471p.

CASCUDO, O. Técnicas de laboratório e de campo para avaliação da durabilidade de estruturas de concreto. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos. 2001.

CAVACO, J. R. Z. Patologias nas estruturas de concreto armado. 2008. Trabalho de conclusão de curso (Monografia). Universidade Regional de Blumenau – FURB. Departamento de Engenharia Civil. Blumenau, 2008. 49 p.

CODY, R. D. et al Experimental deterioration of highway concrete by chloride deicing salts. Environment & Engineering Geoscience. v. 2, n. 4, Winter , 1996. p. 575- 588.

CHOCIAY, A. Estruturas de concreto e concretos especiais. Disponível em:< <http://pt.slideshare.net/andreachociay/aula-durabilidade-das-estruturas-de-concreto-e-concretos-especiais>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

DA SILVA, T. J. Como estimar a vida útil de estruturas projetadas com critérios que visam a durabilidade. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2. São José dos Campos. Nov. 2002.

FERREIRA, Rui Miguel. Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

FILHO, A. C.; CARMONA, T. Fissuração nas estruturas de concreto. Boletim técnico. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int. 2013. 18p.

FIGUEIREDO, Enio Pazini. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 2, cap. 27, p. 828- 855.

GENTIL, V. **Corrosão**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003. 341p.

HASPARYK, N. P.; LOPES, A. N. M.; ANDRADE, M. A. S.; SANTOS, S. B. Deformações por retração e fluência. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 1v. Cap.22, p.655-685.

HELENE, P. R. L. Corrosão de armaduras no concreto. São Paulo: PINI, 2000. 47p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em:< <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=172100>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

ISAIA, G. C. Durabilidade do concreto ou das estruturas de concreto? Reflexões sobre o tema. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos. Nov. 2001.

KRUG, Lucas Fernando. Manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930: um estudo de caso. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006. 74 p.

LAPA, J. S. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. 2008. 2008. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2008. 56 p.

LIMA, M. G. Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. 1v. Cap.24, p.713-751.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo. 1994. 573p.

MIOTTO, D. Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas. Pato Branco – PR. 2010. 63p.

NEVILLE, A. Consideration of durability of concrete structures: past, present and future. *Materials and Structures*. v. 34, n. 236, p. 114-118. 2001.

OLIVEIRA, A. M. Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. 2012. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. 96 p.

PREFEITURA DE PALMAS. Plano municipal de saneamento básico de Palmas. 2013. Disponível em:< [http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB\\_Palmas\\_Volume\\_02\\_agua\\_esgoto.pdf](http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_02_agua_esgoto.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2015.

ROQUE, J. A.; MORENO JUNIOR, A. L. Considerações sobre vida útil do concreto. *In*: 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos, 2005.12p.

SANTOS, M. R. G. "Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso". 2012. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2012. 122 p.

SILVA, E. A. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2006. Monografia (Graduação). Universidade Anhembí Morumbi. Curso de engenharia civil. São Paulo. 2006. 84 p.

SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no Estado do Ceará**. 2011. Universidade federal do Ceará. Curso de engenharia civil. Fortaleza. 2011. 61p.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini. 1998.

VELASCO, R. V. et al Comportamento tensão- deformação do concreto de alto desempenho submetido a altas temperaturas *In*: Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, 5, 2003, São Paulo - SP. Anais. São Paulo, 2003 (CD Rom).

VILASBOAS, J. M. L. Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador: uma contribuição para a implantação da NBR 6118:2003. 2004. 231p. Monografia (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

WERLE, A. Blog do Aldo Werle. 2011. Disponível em:< [http://aldowerle.blogspot.com.br/2011\\_10\\_23\\_archive.html](http://aldowerle.blogspot.com.br/2011_10_23_archive.html)>. Acesso em: 04 mai. 2015.