

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Pós Graduação de Produção e Gestão do Ambiente Construído**

Marcos Felipe Alves Pinheiro

**RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ETA DUQUE DE  
CAXIAS/RJ.**

Belo Horizonte  
2024

Marcos Felipe Alves Pinheiro

**RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ETA DUQUE DE  
CAXIAS/RJ.**

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Orientador: Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte  
2024

P654r

Pinheiro, Marcos Felipe Alves.

Recuperação de estrutura de concreto armado [recurso eletrônico] :  
ETA Duque de Caxias/RJ / Marcos Felipe Alves Pinheiro. – 2024.  
1 recurso online (39 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Adriano de Paula e Silva.

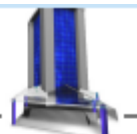
Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f. 39.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Concreto armado - Corrosão. 3. Concreto  
armado - Estruturas 4. Durabilidade (Engenharia) 5 Patologia de  
construção I. Silva, Adriano de Paula e. II. Universidade Federal de Minas  
Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: **MARCOS FELIPE ALVES PINHEIRO**

MATRÍCULA: **2023688978**

### RESULTADO

Aos 29 dias do mês de fevereiro de 2024 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ETA DUQUE DE CAXIAS/RJ”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Nome  
Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

Assinatura  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Assinado de forma digital por  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Dados: 2024.04.02 19:32:53 -03'00'

Nome  
Prof. Dr. Cristiane Machado Parisi Jonov

Assinatura  
Cristiane Machado  
Parisi:89497244649  
Assinado de forma digital por  
Cristiane Machado  
Parisi:89497244649  
Dados: 2024.04.05 15:40:50 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de “ESPECIALISTA NA ÁREA DE “TECNOLOGIA E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO”

Belo Horizonte, 29 de fevereiro de 2024

Assinado de forma digital por Antônio Neves de Carvalho Júnior  
Dados: 2024.04.08 18:57:28 -03'00'

Coordenador do Curso

## RESUMO

As estruturas de concretos possuem vida útil assim como todos os materiais incorporados na construção civil. Existem inúmeros fatores que influenciam na perda de desempenho das estruturas de concreto armado, podendo resultar em grandes problemas. Os elementos estruturais em estudo sofreram, ao longo dos anos de paralização das obras, problemas de corrosão das armaduras expostas e sem proteção adequada, processos de infiltrações, umidades e fissuras, deficiência de projeto e execução de obra, além de fatores decorridos por terceiros, não previstos quando da execução da obra. O estudo das patologias das estruturas na engenharia é de extrema importância e tem o objetivo de melhorar o desempenho das estruturas de concreto armado ao longo de sua vida útil. Para recuperação estrutura de concreto e continuação da obra é necessário que sejam realizados procedimentos específicos de forma que aumentará a segurança e vida útil destas estruturas, além de evitar o avanço deteriorante em que se encontram o concreto e as armaduras vistoriadas.

**Palavras-chave:** Estruturas de concreto armado; Corrosão de armaduras; Vida útil; Durabilidade; Manifestações patológicas.

## **ABSTRACT**

Concrete structures have a useful life, as do all materials incorporated in civil construction. There are numerous factors that influence the loss of performance of reinforced concrete structures, which can result in major problems. The structural elements under study suffered, over the years of work stoppage, problems of corrosion of exposed reinforcement without adequate protection, infiltration processes, humidity and cracks, deficiencies in the design and execution of the work, in addition to factors caused by third parties, not anticipated when carrying out the work. The study of the pathology of engineering structures is extremely important and aims to improve the performance of reinforced concrete structures throughout their useful life. To recover the concrete structure and continue the work, specific procedures must be carried out in order to increase the safety and useful life of these structures, in addition to preventing the deterioration of the concrete and reinforced reinforcement.

Keywords: Reinforced concrete structures; Armor corrosion; Lifespan; Durability; Pathological manifestations.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Inter-relação entre durabilidade e desempenho.....	14
<b>Figura 02</b> – Classificação das causas de deterioração das estruturas.....	15
<b>Figura 03</b> – Estrutura principal da ETA .....	29
<b>Figura 04</b> – Mapa.....	20
<b>Figura 05</b> – Mapa satélite.....	21

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</b>	08
<b>CAPÍTULO 2: OBJETIVO</b>	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivo Específico	10
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGIA</b>	11
<b>CAPÍTULO 4: REFERENCIAL TEÓRICO</b>	12
<b>4.1 A HISTÓRIA DO CONCRETO ARMADO</b>	13
<b>4.2 CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS</b>	14
<b>4.3 PATOLOGIAS</b>	16
<b>CAPÍTULO 5: ESTUDO DE CASO</b>	19
5.1 Apresentação da Estrutura ETA	20
5.2 Localização	20
5.3 Análise das Anomalias	22
5.4 Conclusão do Estudo de Caso	35
<b>CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	38
<b>CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	39

## 1. INTRODUÇÃO

A ETA Duque de Caixas/RJ foi executada parcialmente em licitações públicas anteriores, de responsabilidade da CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, porém com seus contratos interrompidos as estruturas ficaram cerca de 04 anos sem intervenções de qualquer natureza. O objetivo principal é de verificar se a condição atual da estrutura em concreto armado estará livre de eventuais patologias ou mesmo se existe algum vício construtivo grave, de forma que a correção possa ser feita para posteriormente executar a devida retomada da obra.

Trata-se de uma ETA, localizado na Alameda Oswaldo de Andrade, s/n, no Bairro Jardim Primavera, Duque de Caxias- RJ. A Estrutura de Tratamento de Água é composta de único bloco estrutural integrado, para o tratamento da água, modelo tradicional em concreto armado, dividido em subestruturas de tratamento, a saber: Prédio Operacional com a Estrutura de Chegada da Água Bruta, Flocculador, Decantador, Filtro e Galeria de Água Tratada, além dos seus canais de ligação.

Os fatores causadores das patologias em edificações podem ser internos e externos. Os fatores internos são inerentes ao próprio imóvel como deficiência de projeto ou execução da obra e falhas de utilização por deterioração natural pelo esgotamento de sua vida útil. Os fatores externos decorrem de fatores produzidos por terceiros, não previstos quando da execução da obra.

Os elementos estruturais sofreram, aos longos dos anos de paralisação das obras, problema de corrosão das armaduras expostas e sem proteção adequada, processos de infiltrações, umidades e fissuras que devem ser sanadas imediatamente. Outrossim há fortes indícios de danos às armaduras de espera, tais como aços tortos e vários deles aparentemente cortados e perderam sua função estrutural de transpasse para as próximas concretagens

Acredita-se que não houve um acompanhamento efetivo de pessoas especializadas na realização de alguns serviços, onde detalhes importantes de

execução não foram observados de forma satisfatória, as principais seriam quanto ao travamento e alinhamento das formas, tratamento das barras roscadas de travamento de formas, estanqueidade das formas, lançamento e vibração do concreto, cura do concreto logo após a concretagem das paredes e tratamento prévio de proteção das armaduras para interrupção das obras.

O objetivo trata-se de aumentar a segurança e vida útil destas estruturas, além de evitar os avanços deteriorante em que se encontra o concreto e as armaduras das estruturas vistoriadas, verificar os melhores métodos para recuperação da estrutura e levantar fatores sobre as patologias existentes.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Aumentar a segurança e vida útil destas estruturas, além de evitar os avanços deteriorante em que se encontra o concreto e as armaduras das estruturas vistoriadas.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar os melhores métodos para recuperação da estrutura;
- Levantar fatores apontados sobre as patologias.

### 3. METODOLOGIA

O estudo fundamentou-se no que estabelece a norma técnica ABNT, Perícias de Engenharia na Construção, registrada no INMETRO como NBR 13.752 e baseou-se:

- Na documentação fornecida, constituída pelos projetos arquitetônicos de forma e armação.
- Vistoria realizada in loco.

No presente trabalho, considerou-se que os projetos de forma e armação fornecidos são exatamente os mesmos aprovados pelo CEDAE e autorizados em Alvará pela Prefeitura de Duque de Caxias, além de terem sido os mesmos utilizados para a execução das obras nas etapas anteriores. A vistoria foi feita nos dias 19 e 20 de setembro de 2018 e abrangeu os seguintes procedimentos técnicos:

- Análise inicial da documentação;
- Estudo do projeto de formas e armação;
- Identificação das estruturas;
- Vistoria técnica das estruturas;
- Registros fotográficos.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 A HISTÓRIA DO CONCRETO ARMADO

Concreto é um material de construção feito pelo homem que se assemelha a uma pedra. Combinando cimento, agregado graúdo e água obtém-se o concreto. A água permite a fixação e união dos materiais. Diferentes misturas são adicionadas para que o concreto obtenha específicas características. O concreto é geralmente reforçado com o uso de barras de aço, antes de ser lançado nos moldes. De forma interessante, a história do concreto tem as primeiras evidências em Roma, a aproximadamente 2000 anos atrás. Concreto era essencialmente utilizado em aquedutos e estradas em Roma.

Diz-se que os romanos usavam uma matéria prima especial para seus concretos. Tal mistura consistia de cascalho e areia grossa misturados com cal quente e água, e, às vezes, até mesmo sangue de animal. Para reduzir retrações, eles utilizavam cabelo de cavalo. Evidências históricas constataam que sírios e babilônios usavam argila como material ligante. Mesmo os Egípcios antigos são conhecidos por utilizar cal e cimento para o concreto. Argamassa de cal e cimento também foram usadas nas construções das pirâmides mundialmente aclamadas.

Contudo, Romanos são conhecidos por terem feito amplo uso de concreto para construir estradas. É interessante notar que eles construíram aproximadamente 5.300 milhas de estradas utilizando concreto. Concreto é um material de construção muito resistente. Evidências históricas também apontam que Romanos usavam pozolana, gordura animal, leite e sangue como aditivos em construções de concreto.

O primeiro fato registrado aponta para o ano 1756, quando John Smeaton fez concreto misturando agregado graúdo e cimento. Em 1793, ele construiu o Eddystone Lighthouse in Cornwall (Inglaterra) com o uso de cimento hidráulico. Outro grande desenvolvimento aconteceu no ano 1824. O inventor inglês Joseph Aspdin desenvolveu o cimento portlant. Ele fez concreto queimando giz com terra e

finalmente argila, em um forno até que o dióxido de carbono evaporasse, resultando em um forte cimento.

Foi na Alemanha que o primeiro teste sistemático de concreto aconteceu em 1836. O teste media a resistência à tração e à compressão do concreto. Outro importante ingrediente do concreto é agregado e isso inclui areia, brita, argila, cascalho, escória e xisto. Concreto que faz uso de aço/metálico é um concreto reforçado ou concreto armado. Foi Joseph Monier quem inventou o primeiro concreto armado em 1849. Ele foi quem fez cubas e tubos de concreto armado com o uso de aço. O concreto armado, portanto, combina a capacidade à tração do metal e à compressão do concreto para suportar elevadas cargas. Ele recebeu a patente por essa invenção em 1867.

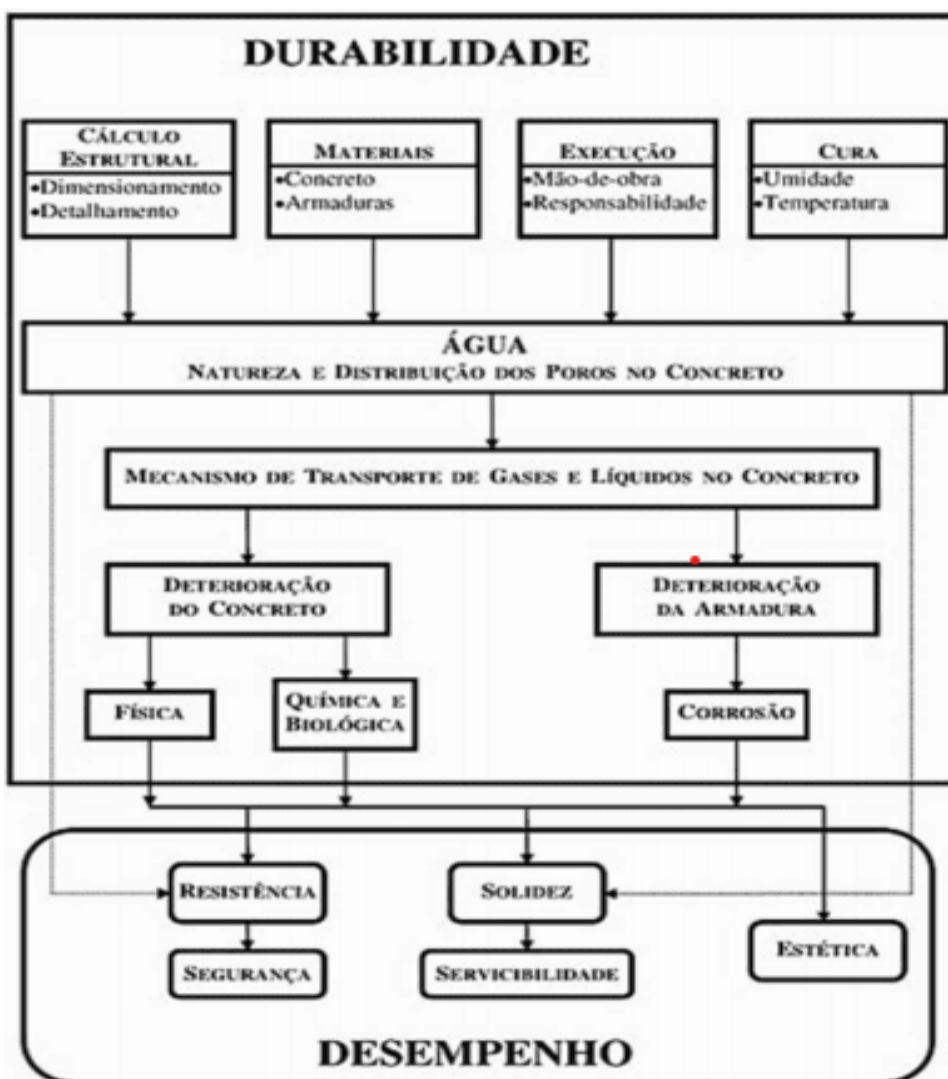
Em 1886, o primeiro forno rotatório foi introduzido na Inglaterra e tornou constante a produção de cimento. Em 1911, George Bartholomew fez a primeira rua em concreto em Ohio, USA. Por volta de 1920, concreto foi largamente utilizado em construções de estradas e construções. Foi em 1936 que as barragens de concreto Hoover e Grand Coulee foram construídas.

Concreto, desde a idade moderna, é um caminho sem volta. Conhecido como o mais resistente material de construção, o concreto encontrou maior emprego em represas, rodovias, prédios, entre outros diferentes tipos de edificações e construções.

## 4.2 CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Para a ABNT NBR 6118:2007, item 5.1.2.3, Durabilidade “consiste na capacidade da 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”. No *item 6.1* prescreve que “as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”.

Figura 01: Inter-relação entre durabilidade e desempenho.



Fonte: (Souza e Ripper, 1998, p. 20).

A agressividade do ambiente está diretamente relacionada às reações sejam elas de origem biológica, química, física ou mesmo mecânica que interagem com a estrutura. Um dos principais problemas relacionados à redução da qualidade e durabilidade de uma estrutura de concreto armado é a agressividade do meio ambiente.

Figura 02: Classificação das causas de deterioração das estruturas de concreto

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas intrínsecas (inerentes às estruturas)</li>   <li>• Causas extrínsecas (externas ao corpo estrutural)</li> </ul>	<p><b>CAUSAS DOS PRO- CESSOS DE DETE- RIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS</b></p>	<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, p. 28).

#### 4.2.1 CAUSAS INTRÍNSECAS

As causas internas são processos de deterioração da estrutura, que são causados pelo tipo de materiais utilizados, pelo tipo de elementos utilizados, por erros de trabalho, etc. Este processo geralmente é causado por erros de concretagem, uso indevido de estruturas e formas de suporte, armaduras longitudinais e transversais incompletas, uso inadequado de materiais e equipamentos de construção, falta de controle de qualidade rigoroso, porosidade excessiva do concreto e etc. (SOUZA E RIPPER, 1998).

#### 4.2.2 CAUSAS EXTRÍNSECAS

Fatores externos são as condições que danificam a estrutura de dentro para fora, ou seja, durante a implantação ou ao longo do projeto. Isso muitas vezes é causado por erros profissionais durante o processo de concepção do projeto, negligência durante a construção do projeto modelo, erros nas responsabilidades que atuam na edificação e falta de condições ideais para explicar o assunto aos profissionais. Defeitos de obra, estruturas não concebidas para a finalidade a que se destinam, etc. (SOUZA E RIPPER, 1998).

Carvalho e Figueiredo Filho (2014) apud Da Silva (2020), Entre os cuidados que o projetista deve ter durante a concepção de um projeto estrutural de modo que ele cumpra sua vida útil de projeto estão em fazer um estudo da região onde a futura edificação está situada como exemplo, definindo sua classe de agressividade ambiental que varia de fraca até muito forte. Através dessa escolha é possível obter outros dados de suma importância como o  $f_{ck}$  (Resistência característica do concreto à compressão) a ser empregado, o cobrimento mínimo das armaduras a ser adotado, o valor ideal para o uso da relação água/cimento ou o limite da abertura de fissuras que altera dependendo do tipo de uso da edificação.

### **4.3 PATOLOGIAS**

As patologias na construção civil são problemas que podem afetar a segurança, a estabilidade e a durabilidade das edificações e infraestruturas. Essas falhas construtivas podem ocorrer por diversos motivos, como erros de projeto, execução inadequada, escolha inadequada de materiais, falta de manutenção e fatores externos, como desastres naturais.

Segundo Cremonini (1988) apud Carneiro (2023), afirma que a patologia das construções é uma disciplina da engenharia civil que investiga o desempenho inadequado dos elementos que compõem uma estrutura. Atualmente, esse desempenho é regulado por normas técnicas. O ramo de patologias se dedica à análise de defeitos, examinando os diferentes tipos de manifestações, suas causas e origens.

#### 4.3.1 DEFINIÇÕES IMPORTANTES SOBRE PATOLOGIAS

- **Vícios:** Anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto ou de execução, ou ainda da informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção.

- **Defeitos** são falhas que fazem com que o fornecimento de produtos ou serviços afete ou possam afetar a saúde e segurança do consumidor. Os vícios e os defeitos podem ser aparentes ou ocultos. Vícios ou defeitos aparentes são os de fácil constatação, que podem ser notados quando da entrega do imóvel. Os demais são os vícios ocultos que diminuem, ao longo do tempo, o valor da coisa ou a tornam imprópria ao uso a que se destina. Se o consumidor, na aquisição do serviço ou produto, tivesse conhecimento do vício oculto, poderia pleitear abatimento no preço ou desistir da compra.

- **Danos** são as consequências dos vícios e defeitos, que, na construção civil, afetam a própria obra, ou ao imóvel vizinho, ou aos bens, ou às pessoas nele situados, ou ainda a terceiros (transeuntes e outros).

- **Fissura** é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5 milímetro.

- **Trinca** é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5 milímetro até 1,0 milímetro. Quando a flexibilidade do sistema reticulado, por problemas patológicos, apresenta riscos, surgem as rachaduras e as fendas, ambas de maior gravidade, se comparadas às fissuras e trincas, recomendando-se uma consulta junto a um engenheiro ou arquiteto, especialistas e estudiosos da matéria.

- **Rachadura** é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, através da qual se pode “ver” através dela, com espessura de 1,0 até 1,5 milímetro.
- **Fenda** é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, causando sua divisão em partes separadas, com espessura superior a 1,5 milímetro.
- **Lixiviação** é um processo patológico que ocorre nas estruturas de concreto, devido à infiltração de água, que dissolve e transporta cristais de hidróxidos de cálcio e magnésio, podendo formar depósitos de sais conhecido como eflorescência. Com a perda de sólidos, a estrutura fica com sua resistência mecânica reduzida e também abre caminho para entrada de gases e líquidos nocivos à armadura e ao próprio concreto, causando dentre outros problemas, a corrosão das armaduras e a carbonatação do concreto.
- **Carbonatação** A carbonatação do concreto é uma patologia desencadeada por um composto químico comum nas grandes cidades. O processo geralmente ocorre em túneis e viadutos, por exemplo, e surge a partir de fissuras que permitem a entrada de água no interior do concreto armado. Mais especificamente, a carbonatação do concreto pode ser definida como um processo físico-químico entre o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera e os compostos da pasta de cimento.

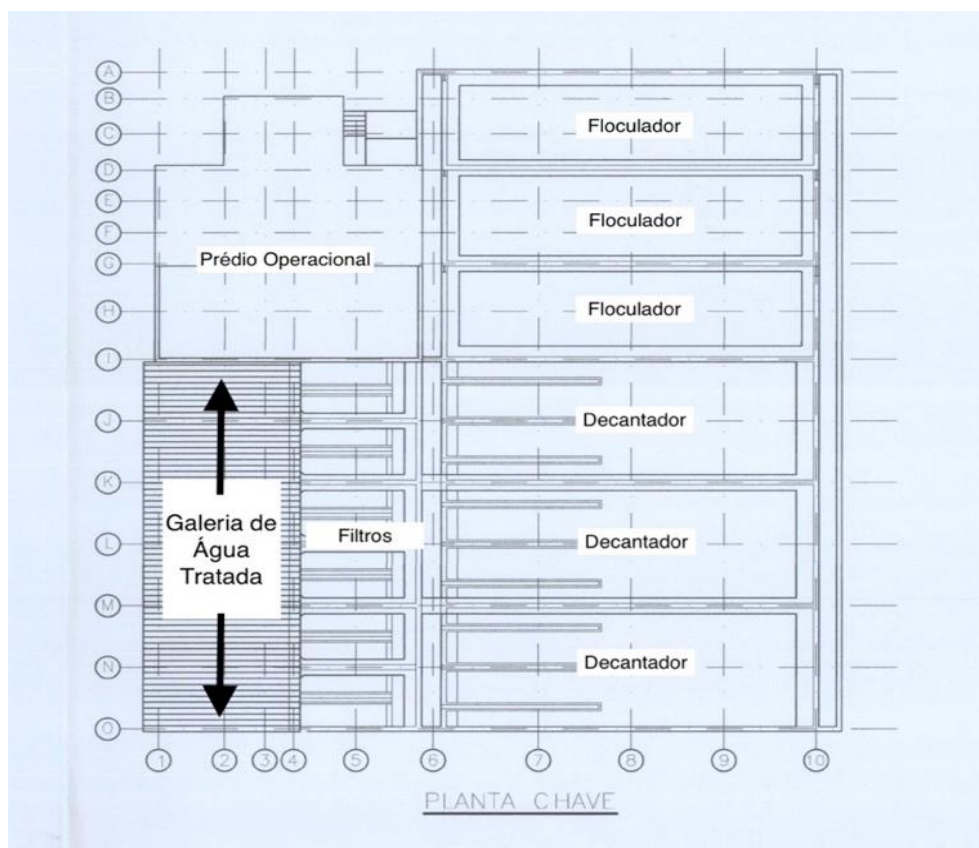
## 5. ESTUDO DE CASO

### 5.1 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DA ETA

Trata-se da ETA de Duque de Caxias, localizado na Alameda Oswaldo de Andrade, s/n, no Bairro Jardim Primavera, Duque de Caxias- RJ. A Estrutura de Tratamento de Água é composta de único bloco estrutural integrado, para o tratamento da água, modelo tradicional em concreto armado, dividido em sub-estruturas de tratamento, a saber: Prédio Operacional com a Estrutura de Chegada da Água Bruta, Floculador, Decantador, Filtro e Galeria de Água Tratada, além dos seus canais de ligação.

A estrutura principal da ETA, está indicada na figura abaixo:

Figura 03: Estrutura principal da ETA



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.



A ETA Duque de Caxias, está localizada na Alameda Oswaldo de Andrade, s/n, no Bairro Jardim Primavera, Duque de Caxias- RJ, conforme mapa abaixo:

Figura 05: Mapa Satélite



Fonte: Google Maps, 2024.

### 5.3 ANÁLISE DAS ANOMALIAS

#### 5.3.1 Fotos que ilustram as estruturas:

Foto 1: Paredes 20 e 21



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Na figura acima a identificação das paredes 20 e 21. No Contrato anterior do CEDAE, elas foram concretadas em boa parte. Ficaram pendentes as últimas etapas de concretagem, para a qual foram deixadas as armaduras de espera.

Foto 2: Paredes 20, 21, 22 e 23.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Na figura acima a vista da galeria de água tratada. Percebe-se que, no contrato anterior, a Parede 23 foi totalmente concretada, havendo engastada apenas as armaduras de próximas etapas dos Pilaretes da galeria de comando dos Filtros e das vigas e laje de fechamento da galeria de água tratada. Nesta mesma fotografia, percebemos que a Parede 22 não foi iniciada, estando apenas as armaduras de arranque da mesma, porém boa parte desta armadura foi subtraída e serrada próximo à laje, perdendo, portanto, sua função estrutural de arranque para a próxima etapa.

### 5.3.2 Registro Fotográfico da Parede 21

Fotos mostrando a Parede 21 da Galeria de Água Tratada. Parede executada em concreto armado, conforme projeto e especificações do CEDAE. Ela foi executada parcialmente, oram deixadas as armações verticais como previsão para a próxima etapa de concretagem. Esta parede tem uma face hidráulica (interna) e a outra sem contato hidráulico (seca).

Fotos 3 e 4.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 5 e 6.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 7 e 8.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 9 e 10.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 10 e 11.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 11 e 12.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

As Fotos acima indicam a presença de algumas patologias. Inicialmente destaco a presença de fissuras que, conforme medição realizada, estão no limite de seu estado (foram encontradas medidas de 0,2 a 0,5 mm). Presença de nichos e segregação do concreto, possivelmente causados por vibração e lançamento do concreto inadequados. Na ferragem exposta, deixada como espera da próxima etapa de concretagem, aparentemente não foi feito o prévio tratamento à época da interrupção do Contrato e, portanto, após o informado tempo de 04 anos em exposição às intempéries, estão apresentando sinais de início de corrosão, porém sem perda importante de diâmetro. Foram encontradas barras roscadas em toda superfície do concreto, provavelmente utilizadas para a ancoragem da forma, porém elas não foram protegidas do contato com o concreto e se encontram aparentemente ancoradas no mesmo. Estas barras roscadas encontram-se em processo de corrosão avançado. De maneira geral a ocorrência destas patologias está equivalente nas duas faces da parede.

### 5.3.3 Registro Fotográfico da Parede 22

Fotos mostrando a Parede 22 da Galeria de Água Tratada. Esta Parede 22 não foi concretada. Foram deixadas as ferragens de espera para a próxima etapa de concretagem, ancoradas na laje e paredes existentes, a saber: na Parede 20 e na Parede do Prédio Administrativo. Esta parede tem uma face hidráulica (interna) e a outra sem contato hidráulico (seca).

Fotos 13 e 14.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 15 e 16.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 17 e 18.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 19 e 20.



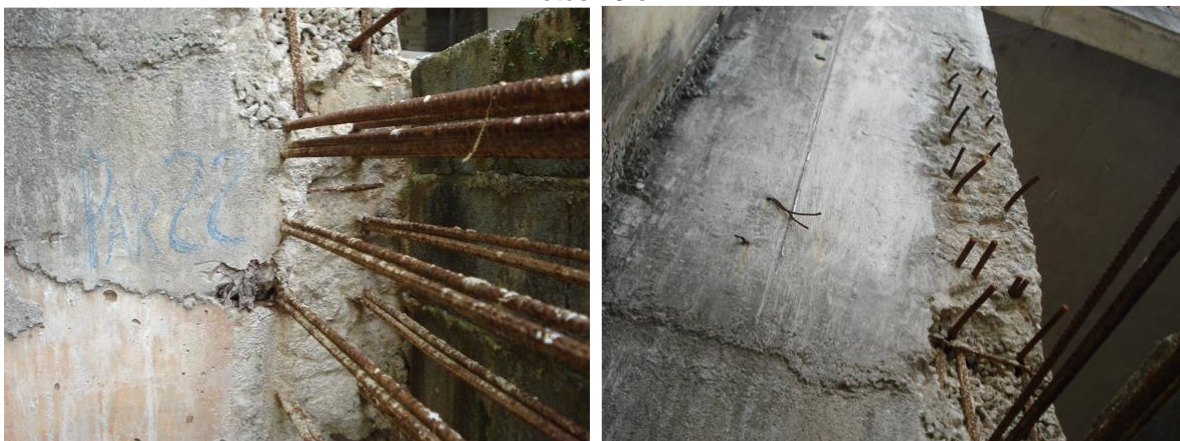
Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 21 e 22.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 23 e 24.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 25 e 26.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

As Fotos acima indicam a presença de algumas patologias. Inicialmente destaco a presença de fissuras que, conforme medição realizada, estão no limite de seu estado (foram encontradas medidas de 0,2 a 0,5 mm). Presença de nichos e segregação do concreto, possivelmente causados por vibração e lançamento do concreto inadequados. Na ferragem exposta, deixada como espera da próxima etapa de concretagem, aparentemente não foi feito o prévio tratamento à época da interrupção do Contrato e, portanto, após o informado tempo de 04 anos em exposição às intempéries, estão apresentando sinais de início de corrosão, porém sem perda importante de diâmetro. As ferragens de espera da laje e nas ancoragens com as paredes 20 e do Prédio Administrativo encontram-se, em boa parte, serradas bem próximas do concreto, não havendo, portanto, comprimento útil para eventual aproveitamento na concretagem da próxima etapa.

### 5.3.4 Registro Fotográfico da Parede 23 e Prédio Administrativo

Fotos mostrando a Parede 23 da Galeria de Água Tratada. Parede executada em concreto armado, conforme projeto e especificações do CEDAE. Ela foi executada em sua altura completa. Na interrupção do contrato anterior, conforme relatado, foram deixadas engastadas as armações verticais dos pilaretes de sustentação da cobertura da casa de comando dos Filtros e algumas posições para a laje superior da Galeria de Água Tratada, como previsão para a próxima etapa de concretagem. Esta parede tem uma face de contato hidráulico, do lado dos Filtros e a outra face seca, do lado da Galeria de Água Tratada. Da mesma forma, na laje do Prédio Administrativo, foram deixadas engastadas algumas posições para a laje superior da Galeria de Água Tratada, como previsão para a próxima etapa de concretagem.

Fotos 27 e 28.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 29 e 30.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 31 e 32.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 33 e 34.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 35 e 36.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 37 e 38.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

As Fotos acima indicam a presença de algumas patologias. Inicialmente destaco a presença de fissuras que, conforme medição realizada, estão no limite de seu estado (foram encontradas medidas de 0,2 a 0,5 mm). Presença de nichos e segregação do concreto, possivelmente causados por vibração e lançamento do concreto inadequados. Na ferragem exposta, deixada como espera da próxima etapa de concretagem, aparentemente não foi feito o prévio tratamento à época da interrupção do Contrato e, portanto, após o informado tempo de 04 anos em exposição às intempéries, estão apresentando sinais de início de corrosão, porém sem perda importante de diâmetro. Foram encontradas barras roscadas em toda superfície do concreto, provavelmente utilizadas para a ancoragem da forma, porém elas não foram protegidas do contato com o concreto e se encontram aparentemente ancoradas no mesmo. Estas barras roscadas encontram-se em processo de corrosão avançado.

### 5.3.5 Registro Fotográfico da Parede 20

Fotos mostrando a Parede 20 da Galeria de Água Tratada. Parede executada em concreto armado, conforme projeto e especificações do CEDAE. Ela foi executada parcialmente, no contrato anterior e interrompida conforme relatado inicialmente. Foram deixadas armações verticais e de costela como previsão para a próxima etapa de concretagem. Esta parede tem uma pequena face hidráulica (interna) e o restante da área interna e toda a externa não haverá contato hidráulico.

Fotos 39 e 40.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 41 e 42.



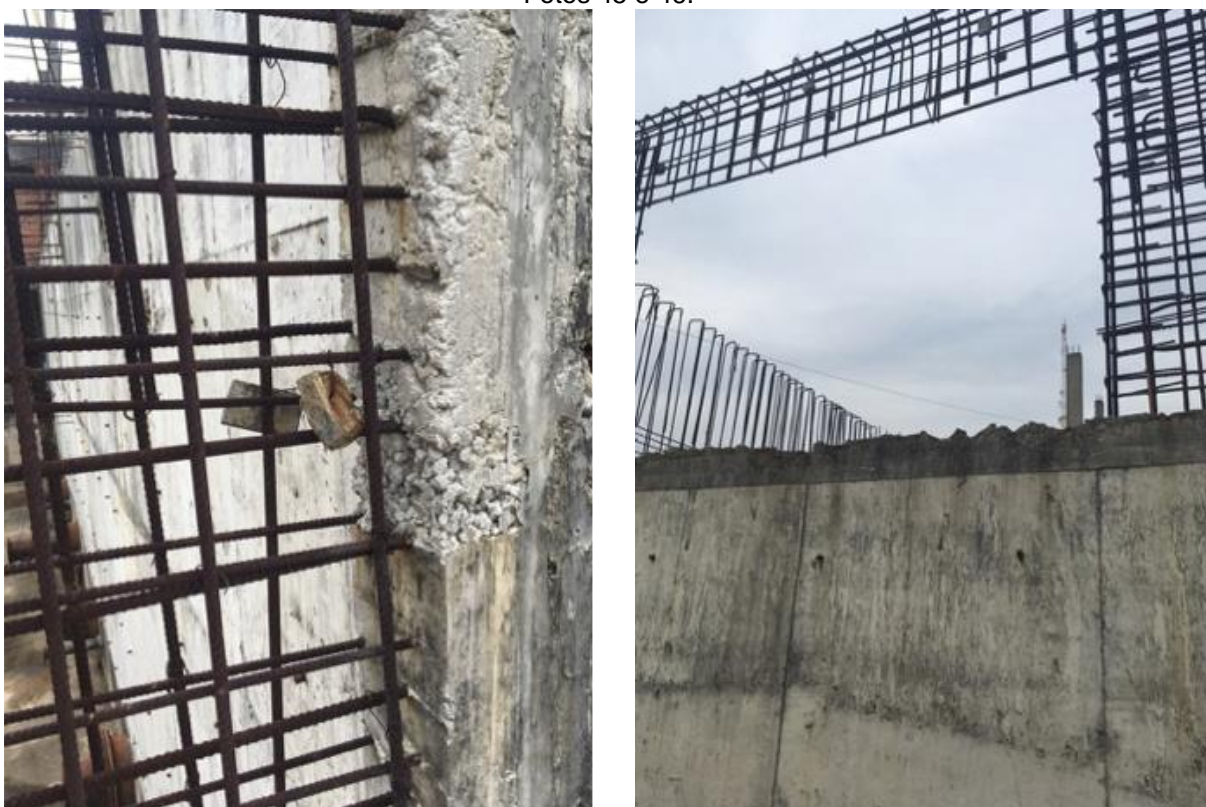
Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 43 e 44.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

Fotos 45 e 46.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018.

As Fotos acima indicam a presença de algumas patologias. Inicialmente destaco a presença de fissuras que, conforme medição realizada, estão no limite de seu estado (foram encontradas medidas de 0,2 a 0,5 mm). Presença de nichos e

segregação do concreto, possivelmente causados por vibração e lançamento do concreto inadequados. Na ferragem exposta, deixada como espera da próxima etapa de concretagem, aparentemente não foi feito o prévio tratamento à época da interrupção do Contrato e, portanto, após o informado tempo de 04 anos em exposição às intempéries, estão apresentando sinais de início de corrosão, porém sem perda importante de diâmetro. Foram encontradas barras roscadas em toda superfície do concreto, provavelmente utilizadas para a ancoragem da forma, porém elas não foram protegidas do contato com o concreto e se encontram aparentemente ancoradas no mesmo. Estas barras roscadas encontram-se em processo de corrosão avançado. De maneira geral a ocorrência destas patologias está equivalente nas duas faces da parede (interna e externa).

#### **5.4 CONCLUSÃO DO ESTUDO DE CASO**

Para a retomada dos serviços de execução das estruturas em concreto armado da ETA de Duque de Caxias, recomendou-se como forma de aumentar a segurança e vida útil destas estruturas, além de se evitar o avanço deteriorante em que se encontra o concreto e a armadura das estruturas vistoriadas, algumas medidas imediatas:

- Tratamento das armaduras expostas através da retirada da camada superficial em processo de corrosão. Os métodos executivos poderão ser os tradicionais tais como a escovação manual, escovação mecânica ou mesmo por jateamento de armadura. Após a remoção mecânica da corrosão recomendou-se a pintura com inibidores de oxidação conhecidos no mercado.
- Junto ao tratamento das armaduras de espera, recomendou-se a retirada total do concreto nos pontos de engastamento de suas ancoragens até a exposição de pelo menos 1 cm de armadura sã, ou seja, sem a oxidação encontrada. Esse concreto deverá ser recomposto na próxima fase de concretagem.

- Para a armadura de ancoragem cortada, recomendou-se a furação do concreto em semi distâncias do aço existente, para a devida “colagem” com adesivos tipo resina epóxi, da nova armadura de transpasse para a nova camada do concreto.
- Tratamento dos nichos e segregações do concreto, conhecidos popularmente nos canteiros de obras como “locas”. Essas patologias deverão ser removidas em toda sua extensão e profundidade e substituídas por novo concreto. Sugerimos, para as paredes, retirar a massa segregada com a utilização adequada de ponteiros mecânicos ou manuais, com um “mínimo” de 8 cm de profundidade, de forma a haver um volume mínimo de aderência da nova camada no entorno da armadura existente. Pela facilidade de aplicação e atingimento das necessárias resistências no menor tempo, recomendou-se a utilização da argamassa tipo “*grout*”. Também, principalmente nos casos de pequenos volumes, recomendou-se a utilização de pontes de aderência aplicadas no concreto exposto e limpo, antes da reposição da nova argamassa.
- Tratamento das fissuras através da abertura de seus volumes e recomposição através de material específico (epóxi, polimérico, etc). Para esses casos recomendou-se utilização de empresa especializada, que poderá executar esse mesmo serviço no momento anterior à impermeabilização das estruturas.
- Tratamento das barras roscadas. A utilização de barras roscadas para travamento de formas de concreto na construção civil é bastante comum. Porém, na obra vistoriada, identificou-se que estas barras aparentemente não foram protegidas do contato com o concreto e estão consolidadas junto ao mesmo. Para se evitar a contaminação por oxidação ou carbonatação do concreto, recomendou-se a retirada destas barras e recomposição do vazio através de escarificação do concreto e preenchimento por nova argamassa, de preferência o “*grout*”.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, lidar com patologias em estruturas de concreto requer uma abordagem abrangente que envolve diagnóstico preciso, correção das causas subjacentes, intervenções adequadas, prevenção e monitoramento contínuo. Ao adotar essas medidas, é possível prolongar a vida útil das estruturas e garantir sua segurança e funcionalidade a longo prazo.

O estudo teve como objetivo principal apresentar quais as principais manifestações patologias presentes na estrutura de concreto. Após análise dos projetos de forma e armação fornecidos e a devida vistoria nas peças construídas, pode-se afirmar que os elementos estruturais sofreram, ao longo dos anos de paralização das obras, problemas de corrosão das armaduras expostas e sem proteção adequada, processos de infiltrações, umidades e fissuras que devem ser sanados imediatamente. Há agressivos danos à armadura de espera, tais como aços tortos e vários deles foram (aparentemente) cortados e perderam a sua função estrutural de transpasse para as próximas concretagens.

A situação geral da obra sugere que não houve um acompanhamento efetivo de pessoas especializadas na realização de alguns serviços, onde detalhes importantes de execução não foram observados de forma satisfatória

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos — Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16280: Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: Inspeção Predial – Diretrizes, Conceitos, Terminologias e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2020.

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

DA SILVA, Diego. **Patologias em estruturas de concreto armado em ambiente industrial**. Núcleo do Conhecimento, 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-em-estruturas>. Acesso em 21 jan. 2024.

FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues; CARVALHO, Roberto Chust. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014, 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014, 415 p

HELENE, Paulo R. L. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções e IV Congresso de Controle de Qualidade. Anais. Porto Alegre, 1997. v. 1. p. 1 – 30. 55.

HELENE, Paulo R. L. Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, 1993, 271 p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil.

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios: causas, prevenções e recuperação. São Paulo: Escola Politécnica da USP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

QUIZA, Eduardo. **A História do Concreto**. Civilização Engenheira, 2017. Disponível em: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2017/03/22/a-historia-do-concreto/>. Acesso em 18 fev. 2024.