

N. CLASS.	M624.18241
CUTTER	R788c
ANO/EDIÇÃO	2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**PRISCILA DE JESUS ROSA**

**CORROSÃO NAS ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO: RECUPERAÇÃO E  
PREVENÇÃO  
ESTUDO DE CASO MEMORIAL DO ET DO MUNICÍPIO DE VARGINHA-MG**

**VARGINHA  
2014**

**FEPESMIG**

**PRISCILA DE JESUS ROSA**

**CORROSÃO NAS ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO: RECUPERAÇÃO E  
PREVENÇÃO  
ESTUDO DE CASO MEMORIAL DO ET DO MUNICÍPIO DE VARGINHA-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro  
Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para  
obtenção do Título de Engenheira Civil. Orientador:  
M.Sc. Antonio de Faria.

**VARGINHA  
2014**

**PRISCILA DE JESUS ROSA**

**CORROSÃO NAS ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO: PREVENÇÃO  
ESTUDO DE CASO MEMORIAL DO ET DO MUNICÍPIO DE VARGINHA-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro  
Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para  
obtenção do Título de Engenheira Civil, pela banca  
examinadora composta pelos membros:

**Aprovada em**

---

**Professor: M.Sc. Antonio de Faria**

---

**Professora: M.Sc. Luciana Bracarense Coimbra Veloso**

---

**Professor: M.Sc. Hugo Rodrigues Vieira**

**OBS:.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a deus, por me permitir todos esses anos: força, coragem e disciplina para alcançar o sonho em se tornar uma engenheira séria e comprometida com a minha profissão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade única em cursar engenharia civil. Aos meus pais, irmãos por todo amor e apoio incondicional.

A meu orientador M.Sc. Antonio de Faria por toda orientação e empenho em me ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores que durante esses anos, me ensinaram questões imprescindíveis para a carreira da engenharia civil.

“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir”.

Steve Jobs

## RESUMO

A arte da engenharia consiste mais que projetar, merece atenção extra quanto aos cuidados em seguir as exigências apontadas nas normas técnicas e mais do que isso, atenção à situações que podem facilitar o desencadeamento de patologia estrutural.

Uma vez que o processo de patologia se inicia, cabe ao corpo técnico responsável estrutural, tomar medidas de recuperação e conseqüentemente medidas de prevenção de futuras patologias.

O trabalho abrange de forma profunda, o custo dos insumos utilizados para recuperação estrutural, desconsiderando, entretanto o custo de mão de obra, uma vez que os fornecedores pesquisados apresentaram vantagens semelhantes de seus produtos, tendo como diferencial apenas o custo entre os insumos e o preço de mão de obra não está será considerado, por que além de não ser o foco de estudo.

Esse estudo demonstra as etapas a serem seguidas, a fim de se conter e eliminar a patologia ligada à corrosão da estrutura metálica do memorial do ET do município de Varginha, bem como dispor das medidas preventivas, de forma que se anule a possibilidade de reincidência da corrosão na estrutura.

**Palavras-chave:** Corrosão, Concreto, armado, prevenção, recuperação.

## ABSTRACT

The art of engineering is more than design, deserves extra attention on the care to follow the requirements outlined in the technical standards and more than that , attention to situations that may facilitate the onset of structural pathology.

Since the disease process begins , it is the staff responsible structural take remedial measures and thus future diseases preventive actions.

The work covers a profound way , the cost of inputs used in structural repair , excluding , however the cost of labor, since the suppliers surveyed had similar advantages of its products , with the only cost differential between the inputs and the labor price is not be considered , because in addition to being the focus of study.

This study demonstrates the steps to take in order to contain and eliminate the pathology linked to corrosion of the metal structure memorial ET the city of Varginha , as well as providing preventive measures, so that the cancellation of the possibility of recurrence of corrosion in the structure..

**Keywords :** Corrosion , Concrete, reinforced , prevention , recovery.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Corrosão uniforme na estrutura metálica e concreto contaminado pela corrosão da estrutura metálica .....	14
Figura 2 - Ausência de cobrimento adequado .....	15
Figura 3 - Classe de agressividade ambiental .....	15
Figura 4 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal .....	16
Figura 5 - Ausência de adensamento e ferragem exposta .....	16
Figura 6 - Exposição de armadura e cobrimento inadequado .....	17
Figura 7 - Exposição da armadura por ausência de cobrimento e adensamento adequado .....	17
Figura 8 - Cálculo da área a ser recuperada .....	19
Figura 9- Custo total.....	27
Figura 10 - Retirada de sujeiras e corrosão soltas .....	28
Figura 11 - Aplicação do produto com pulverizador .....	29
Figura 12 - Aplicação do impermeabilizante .....	31
Figura 13 - Aplicação tinta epóxi anticorrosiva .....	33
Figura 14 - Retirada de concreto danificado .....	34
Figura 15 - Aplicação do produto a base de ácidos.....	35
Figura 16 - Utilização de impermeabilizantes.....	35
Figura 17 - Reposição do concreto.....	36
Figura 18 -Tabela geral de custos .....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1 Delimitação de Tema	12
1.1.1 Recuperação:	12
1.1.2 Prevenção:	12
1.2 Justificativa	12
<b>2. DESENVOLVIMENTO</b>	<b>13</b>
2.1 Etapas de identificação técnica das patologias e processos de recuperação estrutural.	13
2.1.1 Inspeção detalhada:	13
2.2 Diagnóstico:	18
2.3 O maior problema encontrado: recuperação da corrosão no aço.	18
2.3.1 Corrosão no aço:	19
2.3.1.1 Jateamento de areia:	20
2.3.1.2 Decapagem manual (escovação):	21
2.3.1.3 Decapagem química:	22
2.3.2 Comparativo entre as técnicas:	23
2.3.2.1 Comparativos entre as vantagens de cada técnica:	23
2.3.2.2 Comparativo entre as desvantagens de cada técnica:	23
2.4 Técnica escolhida: Decapagem Química	24
2.4.1 Escolha do produto ideal para a decapagem química no memorial do ET:	24
2.4.1.1 Gel AVESTA decapante/ passivante blue one	24
2.4.1.2 Gel Amazônia AMZ 2012 – decapante e apassivante	24
2.4.1.3 Quimox Gel	25
2.4.2 Comparativo entre os produtos pesquisados:	25
2.4.2.1 Gel AVESTA decapante/ passivante blue one	25
2.4.2.2 Gel Amazônia AMZ 2012	26
2.4.2.3 Quimox Gel	26
2.4.4 Etapas de aplicação da técnica escolhida: Decapagem química:	27
2.4.4.1 Retirada superficial de sujeiras e corrosão soltas.	27
2.4.4.2 Limpeza usando o Gel Amazônia.	28
2.4.4.3 Impermeabilização	29
2.4.4.4 Aplicação do produto escolhido: Pró elast	31
2.4.4.5 Tintas epóxi anticorrosivas	31
2.5 Corrosão no concreto armado:	33

2.5.1 Retirada do concreto danificado:.....	34
2.5.2 Limpeza das armaduras:.....	34
2.5.3 Utilização de impermeabilizante:.....	35
2.5.4 Reposição do concreto que foi retirado:.....	35
2.5.4.1 Escolha do concreto usinado: _____	36
2.5.5 Tintas epóxi anticorrosivas:.....	37
2.5.6 Tabela geral dos custos .....	38
2.6 Prevenção _____	38
2.6.1 Preparo .....	39
2.6.1.1. Limpeza superficial: _____	39
2.6.1.2. Ancoragem mecânica: _____	39
2.6.2 No concreto:.....	39
2.6.2.1 Pontos a ser observados: _____	39
2.6.2.2 Etapas de prevenção do concreto: _____	40
2.6.2.3 Processo de prevenção dos elementos de concreto no memorial do ET: _____	40
2.6.3 No aço .....	41
2.6.3.1 Processo de prevenção dos elementos de aço no memorial do et _____	41
<b>CONCLUSÃO _____</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>43</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Delimitação de Tema**

Qualquer estrutura deve ser projetada e executada, de forma que existam ações preventivas acerca de possíveis patologias, a qual exista a probabilidade de acontecer. Essas precauções estão exemplificadas nas normas técnicas que serão citadas ao longo desse trabalho.

Contudo, o Memorial do ET de Varginha, é uma estrutura, objeto desse estudo, que demonstra claramente a importância de cuidados, como por exemplo, garantir a devida limpeza das armaduras, impermeabilização da mesma e ainda recobrir com tinta epóxi anti-corrosiva. E a ausência de tais cuidados, comprometeu toda a estrutura, que hoje necessitará de um processo assertivo de recuperação.

Esse estudo visa demonstrar a etapa referente ao processo de recuperação e posteriormente de prevenção, evitando dessa forma a reincidência da corrosão estrutural.

#### **1.1.1 Recuperação:**

Trata-se da etapa em que efetivamente há a restauração do elemento tratado. No caso desse estudo refere-se à recuperação da estrutura metálica somado a estrutura de concreto armado, do memorial do ET do município de Varginha.

Compreendendo que embora o foco do estudo, esteja na tomada de medidas preventivas ligadas a anulação do processo de corrosão, ainda assim é necessário o enfoque nas medidas de reparação quanto à corrosão já existente. De forma que a corrosão presente no memorial, seja contida e eliminada, preservando a integridade dos demais elementos que não estão tomados pela patologia e contendo o quadro de corrosão nos elementos atingidos, de forma a recuperá-los.

#### **1.1.2 Prevenção**

Trata-se do processo de antecipação referente às consequências previstas no processo de corrosão, com intuito de prevenir seu resultado, corrigindo-o e redirecionando-o por segurança, através de tomadas de decisão que visem anular a probabilidade de ocorrência de corrosão na estrutura

### **1.2 Justificativa**

O memorial do ET é composto por uma área de estrutura metálica de 2680m<sup>2</sup> tomada pelo processo de corrosão e uma área de concreto armado de 40m<sup>2</sup>, no qual apresenta patologia ligada a corrosão estrutural e defeitos de execução que facilitam o acesso das armaduras com os intempéries, como é o exemplo de nichos de concreto e exposição de armaduras por ausência de cobertura adequado.

A tomada de medidas que contenha, bem como anule um processo de corrosão, permite que a estrutura embora corroída, possa ser recuperado. Uma vez que tais cuidados corretivos são direcionados a uma estrutura comprometida, é possível retomar as propriedades estruturais do objeto de estudo.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Projetar de maneira responsável e atenta as indicações contidas nas normas técnicas entre elas a NBR 6118:2014 e a NBR 12655/1996, é um dever que deve ser cumprido rigorosamente, para que se possa garantir, segurança, credibilidade, qualidade e economia de qualquer edificação.

Nesse contexto, desenrola o estudo acerca das medidas necessárias a recuperação e prevenção de futuras corrosões.

### **2.1 Etapas de identificação técnica das patologias e processos de recuperação estrutural.**

#### **2.1.1 Inspeção detalhada:**

É a etapa que é segue após a realização da inspeção preliminar, que tem como foco conhecer o problema geral da estrutura, no caso do memorial do ET, a inspeção preliminar aconteceu ao primeiro contato com a estrutura, através da análise visual, para uma pré detecção do problema.

A inspeção detalhada tem o propósito de aprofundar no problema detectado pela vistoria preliminar, de modo que seja possível investigar os tipos de corrosões e problemas de execução encontrados e dessa forma trata-los de forma direta.

Esse processo consiste na execução de tarefas que visam analisar, avaliar e averiguar a real patologia da estrutura.

Essas tarefas são compostas por:

- a) Análise técnica visual:

Através dessa análise, encontra um primeiro diagnóstico estrutural. Esse tipo de análise permite enumerar as anomalias encontradas, através da visita in loco, permitindo, assim, seguir de medidas de reparação.

No caso do memorial do et em estudo, foi possível identificar os tipos de corrosão existentes:

- Corrosão uniforme em toda estrutura metálica.
- Nichos de concreto
- Ausência de cobrimento adequado das armaduras.

b) Registro fotográfico:

Tem como objetivo registrar as patologias encontradas, de forma a facilitar o estudo acerca das medidas necessárias para a recuperação estrutural.

c) Estratégia de intervenção:

De posse da avaliação da estrutura, é possível traçar uma estratégia para intervenção da patologia.

Essa estratégia tem que ter como parâmetros:

- A facilidade de acesso para determinadas providências
- Definição da reparação total ou parcial da estrutura.
- Definição de métodos de prevenção de futura corrosão, referente as áreas recuperadas.

Considerando as etapas relacionadas à inspeção detalhada, foi realizada a visita in loco na estrutura, objeto de estudo acerca da corrosão. E consequências, das etapas desse tipo de inspeção, foram retratadas por registros fotográficos citados abaixo com as devidas observações.



**Figura 1** - Corrosão uniforme na estrutura metálica e concreto contaminado pela corrosão da estrutura metálica

**Fonte:** Arquivo Pessoal

A análise visual retrata a corrosão aparente da estrutura metálica. Esse tipo de corrosão refere-se à corrosão uniforme, causada pela exposição das armaduras à intempéries, bem como ausência de medidas preventivas acerca da corrosão, medidas essas, que serão exploradas no desenvolver desse estudo.



**Figura 2 - Ausência de cobrimento adequado**  
**Fonte: Arquivo Pessoal**

As vigas e pilares de concreto armado foram os elementos encontrados contaminados pelo processo de corrosão e com falhas executivas. No exemplo acima, verifica-se a ineficiência quanto ao atendimento da norma NBR 6118/2014, no que tange o cobrimento das armaduras, que para esses elementos, deve respeitar o cobrimento de 30mm em correspondência a classe ambiental II que refere-se a ambiente urbano.

**Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)**

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I		Fraca
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

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

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

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

**Figura 3 - Classe de agressividade ambiental**  
**Fonte: NBR 6118, p.17**

**Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10$  mm**

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

**Figura 4 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal**  
**Fonte: NBR 6118/2014, p 20.**



**Figura 5 - Ausência de adensamento e ferragem exposta**  
**Fonte: Arquivo Pessoal**

A norma de execução de concreto armado NBR 14931:2004 prevê que “O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos das fôrmas.”.

Garantindo dessa forma, que o concreto consiga respeitar seu papel de proteção das armaduras e ainda seu papel estrutural.

Com a análise visual, é possível identificar que o elemento explicito na figura 3, não contemplou da execução conforme rege a NBR 14931:2004, pois se vê claramente, os espaços vazios entre os elementos que compõem a estrutura.





**Figura 6** - Exposição de armadura e cobrimento inadequado  
**Fonte:** Arquivo Pessoal

A armadura conforme a NBR 6118/2014 deve estar protegida com o concreto, de forma a respeitar o cobrimento demonstrado nas condições expostas na norma, conforme anexo 01.



**Figura 7** - Exposição da armadura por ausência de cobrimento e adensamento adequado  
**Fonte:** Arquivo Pessoal

No registro fotográfico acima, é possível identificar corrosão na armadura do concreto, ocasionada pela exposição da armadura às intempéries.

A causa desse problema deve-se a deficiência na execução da estrutura. A falta do adensamento e do cobrimento adequado, permitiu que a armadura tivesse contato com o óxido presente nas águas pluviais, desencadeando o processo de corrosão.

## 2.2 Diagnóstico:

Segundo LAPA (2008), “O diagnóstico pressupõe o entendimento de um quadro geral de fenômenos e manifestações dinâmicas - as enfermidades - , implicando no conhecimento de seus sintomas, mecanismos, causas e origens.”

A análise estrutural permitiu encontrar a causa da corrosão, e dessa forma levantar estratégias para tratar as áreas afetadas e prevenir as áreas que serão construídas.

O que se percebe, é que a estrutura permanece desde o início da sua construção, em 2009, até o presente momento, em contato com os meios oxidantes, sem a devida proteção contra a corrosão. Esse contato facilitado, do aço com a água pluvial, favoreceu o processo corrosivo por toda estrutura, comprometendo-a quanto às condições previamente definidas em projeto, e posteriormente levando a se estabelecer medidas de recuperação dessas áreas afetadas e prover medidas de prevenção.

As considerações a serem corrigidas, encontradas nesse estudo foram:

- Estrutura metálica tomada pela corrosão uniforme.
- Nichos de concreto em alguns pontos do concreto armado, obtidos pela ausência de adensamento e cumprimento do cobrimento necessário.
- Ausência de cobrimento em determinados pontos do concreto armado.
- Exposição de armadura, encontrados em determinados pontos do concreto armado.

Essas ponderações serão objeto de estudos, acerca de estratégias que visem suprir a necessidade de recuperação e conseqüentemente priorizando a prevenção de futura corrosão.

## 2.3 O maior problema encontrado: recuperação da corrosão no aço.

O maior desafio encontrado para dimensionar a área a ser tratada, foi o acesso ao projeto estrutural, afim de que, fosse possível consultar as vistas necessárias para o levantamento da área corroída.

Embora o acesso ao projeto estrutural foi impossibilitado, esses dados então foram retirados do projeto de forma, que continha dados dos perfis metálicos utilizados no planetário, onde ocorreu a corrosão.

Quanto a área do concreto armado, a mesma foi medida in loco e desses dados, foi possível dimensionar a área a ser tratada, conforme exposto a seguir:

ELEMENTO	PERFIL	ILUSTRAÇÃO DO PERFIL	COMPRIMENTO (M)	AREA POR PERFIL (M <sup>2</sup> )	AREA TOTAL PERFIS (M <sup>2</sup> )
TERÇAS	PERFIL U ENRIJECIDO (150X60) ESPESSURA 2,25 MM		119,78	0,54	64
VIGA METALICA 1-2	PERFIL U ENRIJECIDO (200X50) ESPESSURA 2,65 MM		266,7	0,59	159
VIGA METALICA 1-2	PERFIL U ENRIJECIDO (192X40) ESPESSURA 2,25 MM		304,94	0,54	165
CONTRAVENTAMENTO	PERFIL U ENRIJECIDO (100X50) ESPESSURA 3,0 MM		171,84	0,39	68
VIGA METALICA 3-4	PERFIL U ENRIJECIDO (200X50) ESPESSURA 3,00MM		400,32	0,59	238
VIGA METALICA 3-4	PERFIL U ENRIJECIDO (192X50) ESPESSURA 2,65 MM		485	0,58	281
PORTICO	PERFIL U ENRIJECIDO (250X 50) ESPESSURA 3,175		156,22	0,69	108
PORTICO	PERFIL U ENRIJECIDO (240X50) ESPESSURA 3,175		195	4,99	974
CHAPAS PISO	(120x200) ESPESSURA 4,76 MM		606	1,03	624
<b>ÁREA TOTAL</b>					<b>2680</b>

**Figura 8** - Cálculo da área a ser recuperada

Fonte- Arquivo Pessoal

### 2.3.1 Corrosão no aço:

Segundo, BAUER (1994), “A corrosão é transformação não intencional de um metal, a partir de suas superfícies expostas, em compostos não aderentes, solúveis ou despersíveis no ambiente em que o metal se encontra”.

A corrosão no aço é o maior dos problemas a ser solucionado por dois motivos principais: pela grande dificuldade no acesso as informações de projeto estrutural, devido a repercussão do caso do memorial do et na mídia, sendo nomeado em algumas notícias como sendo o “memorial do desperdício” e pela escolha de algumas técnicas que possuem alguns limitadores.

Por esse motivo, esse tópico será mais amplamente explorado, a fim de se estudar os passos para a recuperação desse material, bem como o custo total com esse processo.

Para a recuperação de uma estrutura metálica, pode-se utilizar qualquer uma das três técnicas que seguem:

#### 2.3.1.1 Jateamento de areia:

O jateamento de areia produz a decapagem da superfície metálica removendo camadas corroídas, resultando numa superfície limpa e de textura rugosa, tornando-se esta superfície metálica ideal para receber os esquemas de pinturas e revestimentos anticorrosivos.

##### 2.3.1.1.1 Vantagens:

Remoção de elementos contaminantes, obtenção de acabamento superficial pré-determinado.

##### 2.3.1.1.2 Desvantagens:

O uso de areia passou a ser desaconselhado, por conta da extração desordenada ao longo do litoral, nos leitos e margens de rios, o que provocou grande degradação ambiental.

Além disso, o jateamento com areia foi também desaconselhado por conta do risco do operador em contrair silicose, doença pulmonar de caráter irreversível causada pelo contato através da inalação, por certo período de tempo, da poeira produzida na fragmentação da areia devido à presença da sílica livre em sua composição.

Em 2004, uma legislação federal estendeu a proibição do uso da areia seca nas operações de jateamento para todo o território nacional.

Segundo, autógrafos do projeto de lei nº 1670-E/1999, aprovado na câmara dos deputados em 04/04/2002.

“Art. 1º Fica proibido em todo o território nacional o uso de sistemas de jateamento de areia a seco para limpeza e reparo, bem como de outros processos produtivos que comprovadamente causem pneumoconiose, tendo em vista a degradação do ambiente e os riscos à saúde dos trabalhadores.

Art. 2º Os sistemas serão substituídos por outros que, observada a legislação aplicável, não causem poluição nem tragam risco à saúde.

Art. 3º O descumprimento do disposto nesta Lei acarreta a imposição das penalidades previstas na legislação ambiental, sanitária e trabalhista aplicável.”

#### 2.3.1.1.3 Aplicação:

Considerando, que esta fosse uma técnica plausível no quesito ambiental, seria necessário, isolar toda área em torno do memorial do et, para que fosse possível trabalhar o jateamento, sem prejudicar o meio ambiente ao redor do objeto desse estudo.

Isolando essa área, seriam necessários operadores treinados com o trabalho em altura, equipados de forma correta com todos os EPI's necessários, e ainda seguir com as etapas do jateamento propriamente dito, seguido de meios de impermeabilização e pintura.

#### 2.3.1.2 Decapagem manual (escovação):

É uma das alternativas utilizadas para limpar superfícies tomadas pelo processo de corrosão.

##### 2.3.1.2.1 Vantagem:

É uma técnica que pode ser utilizada peças avulsas, os métodos de remoção de corrosão ou camadas de óxidos ainda servem-se da escovação com ferramentas manuais.

Pode ser utilizada em peças de geometria diversas.

##### 2.3.1.2.2 Desvantagem:

Grande demora no processo executivo, uma vez que todo trabalho exige grande esforço físico por parte dos colaboradores que irão aplicar a técnica na estrutura.

Outra desvantagem a ser apontada, é o contato dos colaboradores da obra com a poeira, nesse caso muito fina, que mesmo com o uso de EPI's ainda assim, existe o risco do contato com finas poeiras contaminantes com sílicas e outros componentes.

Segundo a lei nacional nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998,

“Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

§ 2º Se o crime:

II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população.”

A prática da técnica de escovamento manual coloca o funcionário diretamente ligado às finas poeiras decorrentes da corrosão da estrutura, de forma facilitar a contaminação com os componentes contaminantes, uma vez que mesmo protegidos com os equipamentos de proteção individual, uma vez que essas poeiras são muito finas, ocorre a incidência de tal contaminação.

#### 2.3.1.2.2 Aplicação:

Considerando que essa técnica não ferisse as considerações dispostas, na lei 9605/1998, essa técnica deverá ser realizada com o escovamento manual na estrutura, afim de que seja retirado toda corrosão. Para tanto será necessário a utilização de escovas metálicas apropriadas para a finalidade.

Essa técnica demandaria operadores treinados para exercer trabalhos em altura e o uso devido dos EPI's necessários.

#### 2.3.1.3 Decapagem química:

A decapagem química emprega reagentes químicos com composições específicas para cada tipo ou família de produto que se deseja processar

##### 2.3.1.3.1 Vantagens:

- Alta facilidade em trababilidade com peças de qualquer geometria.
- Podem ser aplicados em regiões localizadas (na forma de pasta ou gel).
- Podem ser aplicados em campo (na forma de pasta ou gel).
- Não altera mecanicamente a superfície do material tratado.

##### 2.3.1.3.2 Desvantagens:

Exige um esforço de conscientização dos operadores em relação ao trabalho com ácidos, abrangendo aspectos de segurança, especialmente o uso adequado de EPI's para a finalidade da execução dessa técnica.

Quando se tratando de estrutura com elevado grau de corrosão, apresenta consumo excessivo de ácidos para remoção de óxidos pesados e grosseiros.

##### 2.3.1.3.3 Aplicação:

A aplicação ocorre com auxílio de escova, espátula ou através de pulverização. Aguardar o tempo de ação que dura em torno de 20 minutos e após o tempo de ação lavar com água a estrutura e secar posteriormente.

### 2.3.2 Comparativo entre as técnicas:

#### 2.3.2.1 Comparativos entre as vantagens de cada técnica:

<b>Técnica</b>	<b>Vantagens</b>
<b>Jateamento de areia</b>	Remoção de elementos contaminantes, obtenção de acabamento superficial pré-determinado.
<b>Decapagem manual (escovação)</b>	Pode ser utilizada peças avulsas, os métodos de remoção de corrosão ou camadas de óxidos ainda servem-se da escovação com ferramentas manuais. Pode ser utilizada em peças de geometria diversas.
<b>Decapagem química</b>	Alta facilidade em trababilidade com peças de qualquer geometria. Podem ser aplicados em regiões localizadas (na forma de pasta ou gel). Podem ser aplicados em campo (na forma de pasta ou gel). Não altera mecanicamente a superfície do material tratado.

#### 2.3.2.2 Comparativo entre as desvantagens de cada técnica:

<b>Técnica</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Jateamento de areia</b>	O uso de areia passou a ser desaconselhado, por conta da degradação ambiental.  Risco do operador em contrair silicose, doença pulmonar de caráter irreversível causada pelo contato através da inalação.  Em 2004, uma legislação federal estendeu a proibição do uso da areia seca nas operações de jateamento para todo o território nacional.
<b>Decapagem manual</b>	Grande demora no processo executivo, uma vez que todo trabalho exige grande esforço físico por parte dos colaboradores que irão aplicar a técnica na estrutura.  Essa técnica coloca o funcionário diretamente ligado às finas poeiras decorrentes da corrosão da estrutura, de forma facilitar a contaminação com os componentes contaminantes, uma vez que mesmo protegidos com os equipamentos de proteção individual, uma vez que essas poeiras são muito fina (sílica, partículas metálicas), ocorre a incidência de tal contaminação.
<b>Decapagem química</b>	Exige conscientização dos operadores e acompanhamento técnico assíduo em relação ao trabalho com ácidos, abrangendo aspectos de segurança, especialmente o uso adequado de EPI's para a finalidade da execução dessa técnica.  Quando se tratando de estrutura com elevado grau de corrosão, apresenta consumo excessivo de ácidos para remoção de óxidos pesados e grosseiros.

## **2.4 Técnica escolhida: Decapagem Química**

Considerando os comparativos entre as técnicas citadas, a técnica escolhida como reparação no caso do Memorial do et do município de Varginha, foi a decapagem química.

Baseando principalmente no fato, de que esse tipo de técnica pode principalmente ser aplicado em ambientes externos, fato esse que era o principal desafio a ser vencido, e esse tipo de técnica permitem que aplicação se de também em ambientes externos, visto que não existe a contaminação ambiental e mesmo dos colaboradores por tóxicas como acontece na técnica do jateamento, por exemplo, e nem contaminação por poeira também toxica, como acontece na decapagem manual.

A decapagem química, desde que, utilizando todos meios de EPI'S indicados pelo fabricante do produto a ser escolhido e considerando ainda atentar a forma correta de aplicação, é a técnica mais indicada, no caso do memorial do et.

### **2.4.1 Escolha do produto ideal para a decapagem química no memorial do ET.**

Partindo da decisão da técnica a ser utilizada, o próximo passo é a decisão do produto ideal para resolução do problema da corrosão na estrutura metálica do memorial do et.

Dentre os produtos pesquisados, destacaram os seguintes:

#### **2.4.1.1 Gel AVESTA decapante/ passivante blue one**

É um produto que promove a decapagem/passivação das superfícies de aços inoxidáveis e resistentes aos ácidos. Segundo o fornecedor, melhora a segurança, reduzindo os gases nitrosos gerados em até 80% sem afetar o processo e qualidade da decapagem. Propõe produzir melhores resultados estéticos oferecendo superfícies com menos descoloração do que com produtos clássicos. Ideal para processos localizados.

Rendimento : 10 a 13 m<sup>2</sup> por kg

Embalagem com 1250 gramas custa R\$ 53,50.

#### **2.4.1.2 Gel Amazônia AMZ 2012 – decapante e apassivante**

É um produto a base de ácidos inorgânicos que é aplicado na decapagem, apassivação e eliminação de contaminantes de unidades novas e na manutenção de unidades já em operação.

Rendimento: 50m<sup>2</sup> por kg.

Embalagem 1500 gramas custa R\$ 52,50



### 2.4.1.3 Quimox Gel

O produto gel Quimox promete ser econômico em função de sua consistência. Segundo o fornecedor não há desperdícios na aplicação do produto, pois não escorre e não requer a aplicação de várias camadas para a remoção da ferrugem.

Após a aplicação do produto, a ferrugem não volta rapidamente, o que permite maior tempo para aplicação da tinta de acabamento, além de ser um produto não inflamável que remove a ferrugem quimicamente, em vez da remoção por processo abrasivo que gera faíscas.

Rendimento: 12 a 15 m<sup>2</sup> por pote de 850 gramas

Embalagem 850 gramas custa R\$ 48,50

### 2.4.2 Comparativo entre os produtos pesquisados:

Como parâmetro base de comparativo, a primeira atitude tomada, foi converter os dados recebidos de cada produto, num parâmetro comum entre eles, que nesse caso foi escolhido o rendimento e preço por cada 1 kg (1000 gramas) de cada produto.

Dessa forma foram convertidos e resultou nos seguintes dados:

#### 2.4.2.1 Gel AVESTA decapante/ passivante blue one

O custo levantado para cada 1250 gramas foi de R\$ 53,50, desse dado é possível calcular que para cada 1000 gramas, o produto custam R\$ 42,80.

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 1250 \text{ gramas} \text{ ----- } \text{R\$}53,50 \\ 1000 \text{ gramas} \text{ ----- } x \\ \text{X} = \text{R\$} 42,80 \end{array}$$

Rendimento médio:

$$(10\text{m}^2 + 13\text{m}^2)/2 = 12\text{m}^2$$

O rendimento apontado pelo fornecedor é de 10 a 13 m<sup>2</sup> por kg de produto. Para chegar ao comparativo entre os três produtos, foi utilizado a média desse intervalo de rendimento, onde foi possível chegar no resultado de 12 m<sup>2</sup> de rendimento do produto da marca Avesta para cada quilo de produto.

#### 2.4.2.2 Gel Amazônia AMZ 2012

Os dados colhidos com o fornecedor, foi que uma embalagem de 1500 gramas, tem o custo de R\$ 52,50. E o rendimento para o produto por cada kg é de 50 m<sup>2</sup>.

A partir desses dados foi possível chegar no custo e no rendimento correspondente a 1000 gramas do produto. Foi apoiado na média do intervalo correspondente ao rendimento, onde foi possível chegar no resultado de 12 m<sup>2</sup> de rendimento do produto da marca Amazônia para cada quilo de produto, chegando ainda ao custo de R\$ 35,00 para cada kg.

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 1500 \text{ gramas} \text{ -----} \text{ R\$52,50} \\ 1000 \text{ gramas} \text{ -----} \text{ x} \\ \hline \text{X} = \text{R\$ 35,00} \end{array}$$

Rendimento médio:

$$50 \text{ m}^2$$

#### 2.4.2.3 Quimox Gel

O fornecedor do produto apontou que uma embalagem contendo 850 gramas do produto, custa R\$ 48,50 e tem o rendimento de 12 a 15 m<sup>2</sup> por cada 850 gramas.

Através desses números, foram realizados os cálculos para se chegar ao custo e rendimentos com correspondência a cada kg, chegando a 14 m<sup>2</sup> de rendimento do produto da marca Quimox para cada kg de produto e o custo de R\$ 57,00 por quilo.

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 850 \text{ gramas} \text{ -----} \text{ R\$48,50} \\ 1000 \text{ gramas} \text{ -----} \text{ x} \\ \hline \text{X} = \text{R\$ 57,05} \end{array}$$

Rendimento médio:

$$(12\text{m}^2 + 15\text{m}^2)/2 = 14\text{m}^2$$

Pela análise de rendimento, é possível compreender que no quesito rendimento, o produto da marca Amazônia é mais favorável em relação aos concorrentes rendendo 50 m<sup>2</sup> por kg de produto.

Pela análise do custo, o produto do fornecedor Amazônia, apresentou maior vantagem, quando comparado com seus concorrentes, representando uma economia de R\$ 22,05 por kg de produto, quando comparado ao produto da marca quimox e R\$ 7,80 por kg de produto, quando comparado ao produto da marca Avesta.

Conhecendo a área a ser recuperada, ou seja, 2680 m<sup>2</sup> de estrutura metálica tomada pelo processo de corrosão, é possível estimar e comparar o custo total de cada produto apresentado, para a finalidade da recuperação.

<b>Custo total</b>			
<b>PRODUTO</b>	<b>CUSTO POR KG DE PRODUTO</b>	<b>QUANTIDADE NECESSARIAS+ 5% PERDA (KG)</b>	<b>CUSTO TOTAL PARA 2680 m<sup>2</sup></b>
<b>Gel AVESTA</b>	R\$ 42,80	235	R\$ 10058,00
<b>Gel Amazônia</b>	R\$ 35,00	57	R\$ 1995,00
<b>QUIMOX GEL</b>	R\$ 57,00	201	R\$ 11467,05

Figura 9- Custo total

Sobre a análise dos fornecedores, é possível verificar, que o produto da marca Amazônia, apresentou maior economia devido ao rendimento maior em relação aos concorrentes.

Através da análise comparativa, o produto escolhido como decapante do memorial do ET, foi o gel Amazônia, que apresentou o preço mais competitivo e rendimento superior aos concorrentes.

#### **2.4.4 Etapas de aplicação da técnica escolhida: Decapagem química**

As estratégias de recuperação da corrosão do memorial do et, deve estar em concordância com as limitações ambientais.

Uma vez que o processo de jateamento para limpeza das incrustações decorrentes da corrosão, outra medida deve ser analisada, considerando como prioridades: preservar o meio, grau de dificuldade de execução e bem estar dos colaboradores envolvidos.

Embasada nessas condições, a estratégia escolhida, teve como finalidade a proposta das seguintes etapas:

##### **2.4.4.1 Retirada superficial de sujeiras e corrosão soltas.**

Consiste em passar uma escova para retirada desses materiais que possam estar na estrutura.



**Figura 10** - Retirada de sujeiras e corrosão soltas

Fonte: <http://www.metlica.com.br/images/stories/Id41110/recuperacao-telhas4.jpg>

#### 2.4.4.2 Limpeza usando o Gel Amazônia.

A grande vantagem nesse processo, é a dispensa da utilização do jateamento de areia, que agride o meio ambiente, uma vez que a aplicação dessa técnica se daria ao ambiente externo, e o escovamento manual, que embora não agrida o meio ambiente, é uma atividade que demandaria grande custo com mão de obra, uma vez, que é um trabalho demorado, necessitando de grande esforço por parte dos colaboradores, que teriam que aderir à escovação manual, demandando maiores quantidades de funcionários, devido ao esforço aplicado a escovação e a extensão da área a ser recuperada. Essa técnica dispensa ainda, a remoção prévia de toda a ferrugem para a aplicação de revestimentos de acabamento, minimizando o trabalho e o custo da remoção da ferrugem.

##### 2.4.4.2.1 Aplicação do produto:

A aplicação desse produto cria um meio de prevenção para que não exista ferrugem por debaixo da pintura de acabamento realizada, impedindo que esta ferrugem se alastre por debaixo da pintura.

As etapas de aplicação consistem em aplicar o produto com escova, espátula ou através de pulverização. Aguardar o tempo de ação que dura em torno de 20 minutos e após o tempo de ação lavar com água a estrutura e deixar secar posteriormente.



**Figura 11** - Aplicação do produto com pulverizador

Fonte: <http://player.mashpedia.com/player.php?q=4sbXQXOdIAg&lang=pt>

#### 2.4.4.3 Impermeabilização

Partindo da lógica que grande parte da estrutura se encontra em aço, verifica-se a necessidade de se excluir a menor hipótese de futuras contaminações, gerando corrosão.

Nesse sentido o uso da impermeabilização, vai recorrer da proteção de toda extensão metálica, protegendo assim, a estrutura com qualquer meio oxidante, em especial do contato direto com as águas pluviais.

##### 2.4.4.3.1 Escolha do impermeabilizante:

Através de pesquisa, foram levantadas três marcas fornecedoras do impermeabilizante, que melhor atenderam a finalidade do problema, impermeabilização do aço, dentre elas:

###### 2.4.4.3.1.1 O Pro-Elast:

Segundo o fabricante, é um impermeabilizante à base de borracha líquida vulcanizada a frio, com alto teor de sólidos e isento de solventes. Após sua cura forma uma manta monolítica emborrachada de excepcional impermeabilidade, elasticidade, resistência e estabilidade físico-química que adere aos mais variados substratos, aplicações na construção civil, área automotiva leve e pesada.

Preço: Balde com 18 kgs custa R\$ 316,90

Rendimento: 0,667 quilos/m<sup>2</sup>

a) Memória de cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 18 \text{ kgs} \text{ ----- } \text{R\$}316,90 \\ 1 \text{ kg} \text{-----} \text{ x} \\ \text{X} = \text{R\$ } 17,61 \end{array}$$

Rendimento médio:

$$\begin{array}{r} 1000\text{grs} \text{ -----} 1,5 \text{ m}^2 \\ \text{X} \text{ -----} 1,0 \text{ m}^2 \\ \text{X} = 667 \text{ grs} \end{array}$$

2.4.4.3.1.2 Quartzolit:

É um impermeabilizante de uso interno e externo recomendado para impermeabilizar ambientes evitando a umidade vinda do solo e o contato da estrutura com intempéries.

Pequenos reparos e reformas em geral.

Preço: Balde com 25 quilos custa R\$ 63,90

Rendimento: 42,5 kgs/m<sup>2</sup>

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 25 \text{ kgs} \text{ ----- } \text{R\$}63,90 \\ 1 \text{ kg} \text{-----} \text{ x} \\ \text{X} = \text{R\$ } 2,56 \end{array}$$

Rendimento médio:

$$\begin{array}{r} 17 \text{ kgs/m}^2/\text{cm} \\ \text{Fabricante recomenda (2,5cm)} = 42,5 \text{ kgs/m}^2 \end{array}$$

2.4.4.3.1.3 Imperteck:

Segundo o fornecedor é um produto líquido, pronto para o uso e aplicado como impermeabilizante em lajes, abóbadas, cúpulas, calhas e coberturas metálicas

Preço: Balde com 900 gramas custa R\$ 37,91

Rendimento: 1,2 kgs/m<sup>2</sup>

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 900 \text{ grs} \text{ ----- } \text{R\$}37,91 \\ 1000 \text{ grs} \text{ ----- } x \\ \text{X} = \text{R\$} 42,12 \end{array}$$

Rendimento: 1,2 quilos/m<sup>2</sup>

É possível verificar, que o produto Pró elast demonstra maior rendimento, sendo necessárias menores proporções do produto para atender uma mesma área, comparado aos concorrentes. Já o produto da marca Quartzolit apresentou maiores vantagens em relação aos concorrentes, representando um valor bem discrepante por kg de produto, frente aos seus concorrentes.

O produto Pró elast, apresentou em seu custo total para a área a ser recuperada, um custo bem diferenciado, comparado aos concorrentes. Essa diferença se deu por conta do rendimento do produto ser superior as outras marcas avaliadas.

#### 2.4.4.4 Aplicação do produto escolhido: Pró elast

O método de aplicação consiste em passar em toda estrutura preparada com os cuidados anteriormente citados e livre de qualquer umidade.

Aplica-se com pincel na superfície a ser tratada com pincel, duas demãos, aguardando sempre a secagem da demão anterior.

A cura total do produto leva em torno de 4 horas.

Quando aplicado em estruturas metálicas expostas, poderá ser usado apenas como base anticorrosiva para pintura de acabamento.



**Figura 12** - Aplicação do impermeabilizante

**Fonte:** <http://www.metallica.com.br/membranas-de-poliuretano-impermeabilizacao-de-2alta-tecnologia>

Respeitado os passos anteriores a tinta deve ser aplicada em toda superfície, com rolo ou trincha. Deve ser passada duas demãos, atentando a secagem da primeira demão para que a segunda ocorra.

#### 2.4.4.5.1 Tinta Ferrolack antiferrugem:

Segundo o fornecedor Ferrolack é um esmalte sintético possui ótimo poder antiferrugem. Indicado para uso interno e externo em superfícies de ferro, aço, madeira, alumínio, galvanizados e alvenaria.

Preço: 3,6 litros custa R\$ 90,90

Rendimento: 0,56 m<sup>2</sup>/litro (duas demãos)

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 3,6 \text{ litros} \text{ ----- R\$ } 90,90 \\ 1 \text{ litro} \text{ ----- } x \\ X = \text{R\$ } 25,25 \end{array}$$

#### 2.4.4.5.2 Esmalte coral antiferrugem:

Segundo o fornecedor o esmalte sintético anti-ferrugem Hammerite é um esmalte antioxidante que se aplica diretamente sobre ferro limpo ou enferrujado.

Previne e interrompe o processo de ferrugem. Seca em 1 hora. Forma uma película impermeável. Repele a água. Para superfícies exteriores e interiores.

Preço: 2,4 litros custa R\$ 105,90

Rendimento: 2,5 m<sup>2</sup>/litro (duas demãos)

a) Cálculo:

Custo:

$$\begin{array}{r} 2,4 \text{ litros} \text{ ----- R\$ } 105,90 \\ 1 \text{ litro} \text{ ----- } x \\ X = \text{R\$ } 44,125 \end{array}$$



#### 2.4.4.5.3 Esmalte Suvinil antiferrugem:

Conforme o fabricante é uma tinta esmalte epóxi que possui ótimo poder selante e de enchimento. Garante máxima durabilidade e eficácia de seus produtos.

Preço: 2,7 litros custa R\$ 159,90

Rendimento: 6,67 m<sup>2</sup>/litro (três demãos)

a) Cálculo:

$$\begin{array}{r} \text{Custo:} \\ 2,7 \text{ litros} \text{ ----- R\$ } 159,90 \\ 1 \text{ litro} \text{ ----- } x \\ X = \text{R\$ } 59,30 \end{array}$$

No quesito rendimento, o produto Suvinil, demonstrou ser mais vantajoso, cobrindo a mesma área que os concorrentes, necessitando para tanto menores proporções de seu produto.

Quando comparado a questão de preço por litro de produto, o Ferrolack apresentou o preço mais competitivo em relação as outras marcas analisadas.

O produto da marca Suvinil, apresentou no custo total o preço mais vantajoso, essa diferença se dá pelo rendimento que o produto oferece, ser superior aos concorrentes.

#### 2.4.4.5.3.2 Aplicação do produto escolhido: Esmalte Suvinil

Demãos: Duas ou três demãos com intervalo de 16 a 48 horas

Pistola: Pressão entre 2,2 e 2,8 kgf/cm<sup>2</sup> ou 30 a 35 lbs/pol<sup>2</sup>

Secagem: Ao toque 2 horas.

Manuseio 9 horas.

Final 7 dias.



**Figura 13** - Aplicação tinta epóxi anticorrosiva

**Fonte:** [http://www.marconti.com.br/anticorrosao/listaprod.asp?lista=categoria&id=14&cat\\_id=4&cat\\_nome=Revestimento](http://www.marconti.com.br/anticorrosao/listaprod.asp?lista=categoria&id=14&cat_id=4&cat_nome=Revestimento)

No concreto armado, a proposta de solução, se deu sem muitos limitantes, uma vez que todo o processo de recuperação está amparado pelas leis ambientais e do trabalho.

Nesse contexto, a recuperação se dará pelos processos que seguem:

### **2.5.1 Retirada do concreto danificado:**

As áreas do concreto armado, comprometidas pela corrosão, devem ser removidas, afim de que se possa anular o processo de corrosão na estrutura.

Segundo LAPA (2008), “São consideradas remoções superficiais externas apenas as que removem detritos, manchas, asperezas e eflorescências da superfície de um elemento estrutural, e não propriamente o concreto.”

Assim, conhecidas as áreas afetadas, parte-se pelo processo de retirada do concreto danificado.



**Figura 14** - Retirada de concreto danificado

**Fonte:** <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/84/artigo286279-1.aspx>

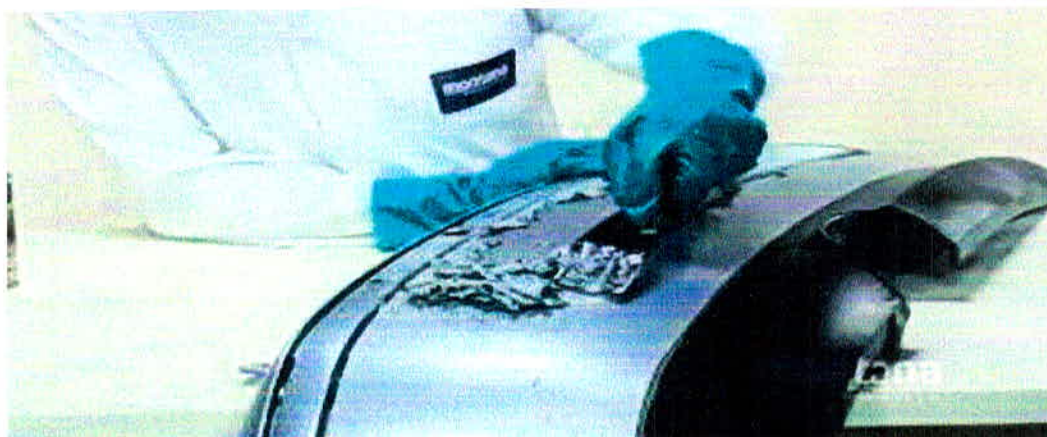
### **2.5.2 Limpeza das armaduras:**

Deve ser limpa toda armadura afetada pela corrosão, essa limpeza se dá pelo processo de jateamento, escovamento ou uso de ácidos. No memorial do et, a técnica escolhida foi a utilização de ácidos inorgânicos.

Anteriormente, já houve a decisão acerca da técnica de decapagem química.

Como no caso do memorial do et, foram insignificantes a quantidade de armaduras afetadas, no concreto armado.

Por esse motivo, o uso do decapante já está computado e tabulado no calculo apresentado para a estrutura metálica, visto que foi considerado o acréscimo de 5% referentes a eventuais perdas de produto e mesmo para as poucas armaduras que deverão ser tratadas no concreto armado.



**Figura 15** - Aplicação do produto a base de ácidos

**Fonte:** <http://www.vidcomix.cz/video/GNuWOGbXIGs/>

### 2.5.3 Utilização de impermeabilizante:

A NBR 9575:2010 dispõe que impermeabilização é “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”. Portanto é necessária a utilização do impermeabilizante para impedir a infiltração de líquidos, que no caso do memorial do ET advêm da água da chuva.

A impermeabilização deve ser feita em toda superfície que tenha contato com os líquidos e em locais que armazenem água.

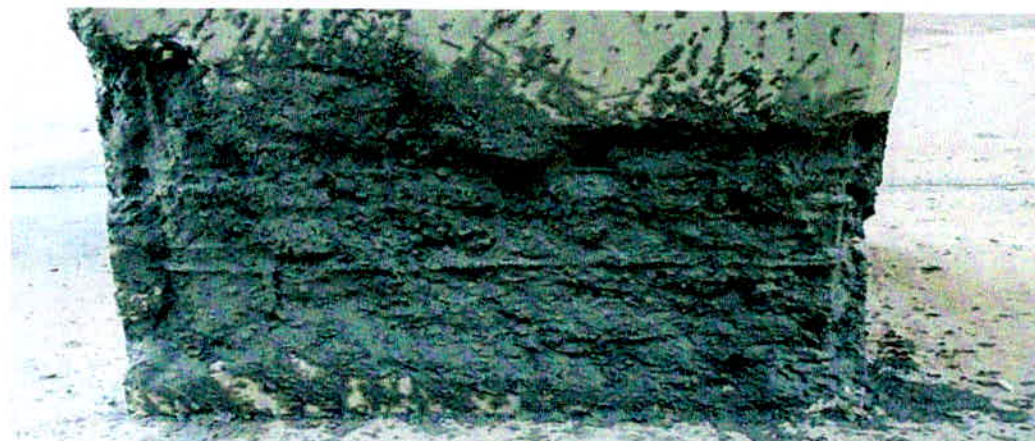
Para as armaduras de concreto armado, permanece a informação que já foi computado juntamente com o cálculo de impermeabilizante da estrutura metálica, considerando que houve acréscimo de 5% no cálculo, visto as perdas e mesmo essas poucas armaduras do concreto armado que deverão ser tratadas.



**Figura 16** - Utilização de impermeabilizantes

**Fonte:** <https://br.groups.yahoo.com/neo/groups/comunidadeTQS/conversations/topics/22885>

A área do concreto danificado que foi retirada deve ser repostada com concreto novo, respeitando o cobrimento das armaduras de concreto armado, necessário de 30 mm conforme exposto na NBR 6118/2014.



**Figura 17** - Reposição do concreto

**Fonte:** <http://www.nrnordeste.com.br/servico.php?id=5>

#### 2.5.4.1 Escolha do concreto usinado:

Considerando a área a ser tratada, obteve-se o volume de 6,77 m<sup>3</sup> de concreto necessários. Desse resultado, foram pesquisados três fornecedores, dentre eles:

a) Lafarge:

O fornecedor garante qualidade, onde o concreto passa por análise e aprovação do traço pelo departamento técnico, o produto é pesado em centrais informatizadas que registram a quantidade exata colocada em cada caminhão betoneira. O concreto já dosado é misturado durante cinco minutos para garantir sua completa homogeneização. Em seguida, é recolhida uma amostra para verificação da plasticidade. Somente após ter sua plasticidade atestada, o concreto é liberado para ser transportado.

Preço: R\$ 400,00/m<sup>3</sup> do concreto 25 mpa

b) Intermix:

Foi possível encontrar pouca informação acerca da empresa. Segundo o próprio fornecedor a Intermix comprou recentemente a empresa Betonwerk, e desde então estão em atividade.

Preço: 295,00/m<sup>3</sup> do concreto 25 mpa

c) Polimix:

Segundo o fornecedor, a empresa atua há mais de 38 anos, sendo hoje uma das maiores empresas prestadoras de serviços de concretagem do Brasil.

Preço: R\$ 295,00/m<sup>3</sup> do concreto 25 mpa

Pela análise, os fornecedores Intermix e Polimix se equipararam, quanto ao custo do produto por m<sup>3</sup> de concreto.

Quanto ao custo total para o volume de 6,77 m<sup>3</sup> necessários, na análise comparativa, os fornecedores Intermix e Polimix se equipararam, quando comparados o custo total.

### **2.5.5 Tintas epóxi anticorrosivas:**

A tinta epóxi tem a finalidade de acabamento da estrutura, sem deixar de levar em consideração a maior motivação, que é proteger a estrutura do contato com as águas pluviais, que favorecem a corrosão.

Segundo PANNONI, FABIO DOMINGOS (2007), "Tintas são suspensões homogêneas de partículas sólidas (pigmentos) dispersas em um líquido (conhecido como veículo), em presença de componentes em menores proporções, chamados de aditivos"

Embora já realizado estudos anteriores, devido a necessidade do uso da tinta também na estrutura metálica, ainda assim é possível ter um comparativo quanto a área do concreto a ser tratada 39,22 m<sup>2</sup>.

No quesito rendimento, o produto Suvinil, demonstrou ser mais vantajoso, cobrindo a mesma área que os concorrentes, necessitando para tanto menores proporções de seu produto.

Quando comparado a questão de preço por litro de produto, o Ferrolack apresentou o preço mais competitivo em relação as outras marcas analisadas.

Conforme análise de custo, o produto da marca Suvinil, apresentou no custo total o preço mais vantajoso, essa diferença se dá pelo rendimento que o produto oferece, ser superior aos concorrentes.

## 2.5.6 Tabela geral dos custos

COMPARATIVO GERAL DOS PRODUTOS ANALISADOS							
GEL DECAPANTE	PREÇO	IMPERMEABILIZANTE	PREÇO	TINTA EPÓXI	PREÇO	CONCRETO	PREÇO
GEL AMAZONIA	R\$ 1.995,00	PRO ELAST	R\$ 33.044,54	ESMALTE SUVINI	R\$ 25.350,85	POLIMIX	R\$ 295,00
GEL AVESTA	R\$ 10.058,00	IMPERTECH	R\$ 142.238,32	ESMALTE CORAL	R\$ 50.393,94	INTERMIX	R\$ 295,00
QUIMOX GEL	R\$ 11.467,05	QUARTZOLIT	R\$ 305.684,82	FERROLACK	R\$ 128.738,07	LAFARGE	R\$ 320,00
<b>TOTAL:</b>		<b>R\$</b>		<b>60.685,39</b>			

Figura 18 -Tabela geral de custos

## 2.6 Prevenção

A prevenção parte da necessidade de garantir que a estrutura permaneça com suas características quanto a resistência e aparência por todo tempo a qual foi projetada.

Para tanto, toma-se medidas que visam proteger a estrutura contra intempéries que tendem a degradar e incentivar a corrosão da estrutura.

Tanto no concreto, quanto no aço, é ideal que esse cuidado seja pensado ainda em projeto e algumas considerações devem ser prioritárias quanto a prevenção da corrosão:

- Umidade e sujeira retida: Deve-se evitar cavidade e frestas nos componentes do aço e do concreto, afim de que se facilite e exponha essa estrutura às intempéries que venham desencadear corrosão.
- Juntas soldadas: Quando possível, preferir as juntas parafusadas, a fim de se evitar a corrosão por pite nas proximidades do cordão de solda.
- Providenciar furos de drenagem para o escoamento da água, ou calhas coletoras de água pluvial, projetadas livre de obstrução.
- Contato com outros materiais: Procure evitar as conexões com dois metais diferentes, providenciando a isolação elétrica entre os componentes, para casos em que não a única alternativa seja usar dois metais juntos.
- Providencie o cobrimento adequado da armadura metálica, no caso das estruturas de concreto armado.
- O detalhamento do projeto deve contemplar que o processo possa ser aplicado de forma eficientemente:

## 2.6.1 Preparo

O preparo da estrutura tanto no concreto armado, quanto na estrutura metálica, é uma das etapas mais relevantes, no quesito prevenção de corrosão.

2.6.1.1. Limpeza superficial: Trata-se da remoção da superfície de materiais que possam impedir o contato direto da tinta com o aço, tais como gorduras, óleos, combustíveis, graxas, ferrugem, resíduos de tintas, etc.

2.6.1.2. Ancoragem mecânica: O aumento da rugosidade superficial proporciona um aumento da superfície de contato entre o metal e a tinta, contribuindo, desse modo, para o aumento da aderência. O perfil de rugosidade especificado está ligado à espessura da camada seca. A carepa de laminação é um contaminante muito especial, cujo efeito danoso é muitas vezes ignorado, razão pela qual trataremos desse assunto com algum detalhe.

## 2.6.2 No concreto:

A prevenção da corrosão no concreto pode ser compreendida, considerando tomadas de decisões que visem anular o processo de deterioração do material através de ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a tensões, ou ainda como sendo um processo natural resultante da inerente tendência dos metais se reverterem para sua forma mais estável.

A relação água/cimento é um dos pontos importantes a ser analisado. Segundo HELENE (1986) "a relação água/cimento de 0,8, 0,6 e 0,45, em média está na relação 4:2:1, independentemente da natureza da atmosfera a que estejam exposta." Entretanto, para se alcançar o objetivo da prevenção nas áreas de concreto armado no memorial do et, deve-se estar atento a determinados pontos:

### 2.6.2.1 Pontos a ser observados:

a) Deficiências de concretagem: Os elementos de concreto armado, devem ser concretados de forma uniforme, evitando dessa forma os nichos de concretos. Entretanto deve-se atentar ainda ao método de concretagem, que está intimamente relacionado, ao correto transporte, observando o tempo de endurecimento do concreto a partir do momento em que o mesmo é fabricado ou sai da fábrica; no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar, por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além da formação de ninhos de concretagem e de cavidades no concreto.

b) Uso correto dos materiais de construção: Deve-se utilizar o concreto a qual o projeto foi projetado, no caso do memorial do et, Fck 25; o aço também segue a regra, deve ser utilizadas as bitolas correspondente com o projeto estrutura; ser observados se entre os materiais definidos, não existem agregados reativos e observar ainda a dosagem adequada do concreto.

c) Cura: Um dos fatores mais importantes quanto ao concreto, uma vez que se o concreto já estiver seco, nenhuma medida de cura dará resultado, e tenha duração adequada, função da

observação de fatores tais como as características do meio ambiente, durante a cura e ao longo da vida da estrutura, e a própria composição do concreto.

d) Cobrimento: A NBR 6118/2014 ressalta que o cobrimento da armadura do concreto armado, deve estabelecer alguns parâmetros, para atender suas exigências, tendo como principal papel a proteção das armaduras.

Direcionado pela NBR 6118/2014, deve-se respeitar o cobrimento de 30 mm para os elementos estudados no memorial do et.

#### 2.6.2.2 Etapas de prevenção do concreto:

A etapa de prevenção dos elementos de concreto armado consiste na tomada de decisões que visem:

- a) Escolher materiais de qualidade que estejam alinhados com o objetivo e necessidade de projeto.
- b) Atentar a relação água cimento necessário, previamente definido, no caso do memorial do et, essa relação se dá pelo fator 0,60.
- c) Evitar freneticamente as possíveis fissuras.
- d) Executar o cobrimento no mínimo como prevê a NBR 6118/2014, 30 mm e acima do mínimo se assim for definido em projeto.
- e) Testar a permeabilidade do concreto, fazendo o ensaio de penetração de água no concreto: Para tanto deve-se seguir a NBR 10787/2011, entretanto o ideal é a contratação de um laboratório qualificado, para que se tenha resultados mais assertivos, quanto a esse ensaio.
- f) Atentar ao perfeito adensamento entre os materiais, a fim de se evitar possíveis aberturas e vazios entre si na concretagem.
- g) Extinguir a possibilidade dos elementos do concreto ser contaminados, com substancias que provoquem corrosão e substancias que venham comprometer a resistência e características do concreto, a que foi previamente calculado para suportar.
- h) Impermeabilização dos elementos de concreto armado, afim de que se isole qualquer indicio de contato com as águas pluviais.
- i) Pintura epóxi anticorrosiva, como acabamento e ao mesmo passo proteção contra intempéries, que desencadeie a corrosão.

#### 2.6.2.3 Processo de prevenção dos elementos de concreto no memorial do ET:

- a) As armaduras compostas do concreto armado deverão receber duas demãos de impermeabilizante, a fim de oferecer uma proteção extra, contra o contato com as intempéries, que ocasionem a corrosão.
- b) As vigas deverão obedecer ao cobrimento mínimo de 30 mm.
- c) Deve-se atentar ao devido adensamento entre o concreto e o aço, tornando-os isentos da ocorrência de ninhos de concretagem.



- d) Após a concretagem e considerando já o tempo de secagem, utilizar impermeabilizante em toda seção do concreto, essa etapa será composta de duas demãos de impermeabilizante.
- e) Estando seco e livre de impurezas, as vigas serão contempladas com duas demãos de tintas epóxi anticorrosiva. Deve se considerar nessa etapa, que para cada demão, a estrutura deve se encontrar seca, livre de umidade.

### 2.6.3 No aço

Como citado anteriormente, é o material mais propenso a corrosão e por esse motivo, os cuidados devem ser redobrados, quando se trabalha com esse material. Para prevenir gastos com remediações, recomenda-se a cautela durante a confecção dos projetos.

Algumas recomendações que devem ser atribuídas ainda em projeto para anular o processo corrosivo:

- a) Evitar recessos, rebarbas, gretas ou cavidades, afim de que se evite o acúmulo de água e conseqüentemente o fácil acesso das intempéries com o aço.
- b) Em locais onde a água pode ficar retida, prever furos de drenagem, facilitando o escoamento e dificultando o empossamento e conseqüentemente a corrosão.
- c) As canaletas devem ser projetadas, de modo a permitir o livre fluxo de ar, de forma a acelerar o processo de secagem, minimizando o acesso das águas pluviais com a estrutura.
- d) Isolar metais diferentes entre si. Deve-se evitar que o aço entre em contato com o cobre, bronze ou outro metal, como é comum de se observar em soldas, por exemplo.
- e) Em soldas longas, manter a continuidade do filete, evitando-se cavidades;
- f) Projetar a estrutura de forma a evitar locais de acesso dificultado para possíveis manutenções.

#### 2.6.3.1 Processo de prevenção dos elementos de aço no memorial do et

- a) A execução deve ser realizada respeitando as bitolas dimensionadas em projeto.
- b) As barras de aço devem ser estocadas livres de intempéries que possam desencadear o processo de corrosão.
- c) As bitolas devem estar livres de contaminações.
- d) Instalar canaletas coletoras de água pluvial.
- e) Deve-se passar duas demãos de impermeabilizantes nas armaduras.
- g) Após seca, aplicar duas demãos de tintas epóxi, considerando, que para a aplicação da segunda demão, deve se considerar a secagem da primeira. Essa camada extra de cobertura entre o metal e a atmosfera ajuda a prevenir a corrosão.

Seguidas as etapas citadas, é possível assegurar a devida prevenção contra corrosão e conseqüentemente, garantir a plena resistência a qual a estrutura foi projetada.

## CONCLUSÃO

O caso do memorial do ET, objeto do estudo a ser analisado, demonstra claramente a importância da prevenção ligada a corrosão estrutural é o passo definitivo quanto ao atendimento das normas vigentes, tal como a NBR 6118/2014 e NBR 14931/2004 e ainda garantindo a isenção quanto aos gastos elevados, ligados ao custo de recuperação estrutural.

Além da questão ligada à economia decorrente de gastos desnecessários com a recuperação que pode ser evitada tomando as medidas necessárias, priorizar a prevenção é garantir dentre outros aspectos importantes, detalhes como: A segurança, garantindo que a estrutura não seja tomada por movimentações, deformações, fissuras e dessa forma permaneça dentro da segurança projetada.

A adequação, de forma que as características funcionais e estéticas correspondam as atuais exigências dos usuários e o conforto, valorizando que os elementos de proteção e acabamento do edifício e instalações, em pleno funcionamento.

Sobre a prevenção, é possível concluir ainda, que desempenha papel fundamental, uma vez que sua maior prioridade, é que a estrutura permaneça com suas características de resistência e durabilidade, intactas pelo tempo em que foi dimensionada para atender a tal parâmetro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931/2004: Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2014: projeto de estruturas de concreto: procedimento

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575/2010 Impermeabilização - Seleção e projeto

BAUER L.A.F. Materiais de construção, Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1994, 5ª edição v.2

HELENE, PAULO R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Editora Pini – Instituto de pesquisas Tecnológicas IPT, 1986. 47p.

<http://bobberbahia.blogspot.com.br/2011/12/jato-de-areia.html> acesso em 26/09/2014

<https://br.groups.yahoo.com/neo/groups/comunidadeTQS/conversations/topics/22885> acesso em 19/09/2014

<http://player.mashpedia.com/player.php?q=4sbXQXOdIAG&lang=pt> acesso em 15/09/2014 às 14h58min

<http://www.amazoniaquimica.com.br/produtos/aco-inox.html> acesso em 28/10/2014

[http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=3BF8015B71A31067A7C092F26361ABE2.node2?codteor=824491&filename=Avulso+-PL+1670/1999](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=3BF8015B71A31067A7C092F26361ABE2.node2?codteor=824491&filename=Avulso+-PL+1670/1999) acesso em 26/09/2014

[http://www.marcanti.com.br/anticorrosao/listaprod.asp?lista=categoria&id=14&cat\\_id=4&cat\\_nome=Revestimento](http://www.marcanti.com.br/anticorrosao/listaprod.asp?lista=categoria&id=14&cat_id=4&cat_nome=Revestimento) acesso em 19/09/2014

<http://www.mecanochemie.com.br/produtos/decapantes/gel-decapante-pasta/gel-decapantepassivante-avesta-blue-one-130/> acesso em 28/10/2014

<http://www.metlica.com.br/images/stories/Id4110/recuperacao-telhas4.jpg> acesso em 15/09/2014 às 14h32min

<http://www.metlica.com.br/membranas-de-poliuretano-impermeabilizacao-de-alta-tecnologia> acesso em 15/09/2014 às 15h20min

<http://www.quimatic.com.br/produtos/anticorrosivos/quimox/> acesso em 12/09/2014 às 14h24min

<http://www.quimatic.com.br/produtos/tratamentos-de-superficies/pcf/> acesso em 15/09/2014 às 14h06min

<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/84/artigo286279-1.aspx> acesso em 19/09/2014

<http://www.tintasanticorrosivas.com.br/pdf-tintas-de-acabamento-epoxi/BT-005%20Calacoat%20195%20D.pdf> acesso em 12/09/2014 as 16h37min

<http://www.videomix.cz/video/GNuWOGbXIGs/> acesso em 19/09/2014

<http://www.zirtec.com.br/areia/leis.htm> acesso em 26/09/2014

LAPA, JOSE SILVA, Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto, 2008, 48p.

PANNONI, FABIO DOMINGOS, Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão, 2007, 61p.