



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

VITOR GOMES MELO BARRA

**ESTUDO E ANÁLISE CORROSIVA NOS EQUIPAMENTOS DE UMA ACADEMIA
AO AR LIVRE NA CIDADE DE SEVERIANO MELO - RN**

PAU DOS FERROS - RN

2021

VITOR GOMES MELO BARRA

**ESTUDO E ANÁLISE CORROSIVA NOS EQUIPAMENTOS DE UMA ACADEMIA
AO AR LIVRE NA CIDADE DE SEVERIANO MELO - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josy Eliziane Torres Ramos

PAU DOS FERROS - RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B268e Barra, Vitor Gomes Melo .
ESTUDO E ANÁLISE CORROSIVA NOS EQUIPAMENTOS DE
UMA ACADEMIA AO AR LIVRE NA CIDADE DE SEVERIANO
MELO - RN / Vitor Gomes Melo Barra. - 2021.
62 f. : il.

Orientadora: Josy Eliziane Torres Ramos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Corrosão. 2. Academia ao ar livre. 3.
Revestimento orgânico. 4. Tratamento do processo
corrosivo. I. Torres Ramos, Josy Eliziane ,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VITOR GOMES MELO BARRA

**ESTUDO E ANÁLISE CORROSIVA NOS EQUIPAMENTOS DE UMA ACADEMIA
AO AR LIVRE NA CIDADE DE SEVERIANO MELO - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 26 /05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

JOSY ELIZIANE
TORRES

RAMOS:65863917334

Assinado de forma digital por

JOSY ELIZIANE TORRES

RAMOS:65863917334

Dados: 2021.06.05 11:31:30 -03'00'

Prof.^a Dr.^a Josy Eliziane Torres Ramos (UFERSA)
Presidente

SANDERLIR SILVA

DIAS:83276688387

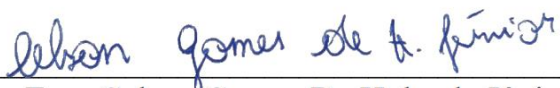
Assinado de forma digital por

SANDERLIR SILVA

DIAS:83276688387

Dados: 2021.06.05 12:33:54 -03'00'

Prof.^a Dr.^a Sanderlir Silva Dias (UFERSA)
Membro Examinador



Eng. Celson Gomes De Holanda Júnior

*A minhas avós Alda de Paiva Melo e Francisca
Olindina de Oliveira (in memorian), que me
ensinaram valores importantes para toda a
vida.*

*A minha família, em especial aos meus pais
Raimundo Deuzimar e Maria das Graças, por
fazer o possível e impossível para que eu
chegasse até aqui. Aos meus irmãos Antonio
Neto e Maria do Socorro. A vitória também é
deles.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a força e a paciência para que eu pudesse concluir essa jornada acadêmica e por ter colocado em meu caminho pessoas que sempre pude contar e que me apoiaram.

À Nossa Senhora, que sempre me cobre com teu manto sagrado.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Josy Eliziane Torres Ramos, por se dispor a me guiar nessa jornada, ter disponibilizado o seu tempo para contribuir com esse trabalho, por toda paciência. A você, a minha total admiração.

A minha família, que sonharam com esse momento junto comigo mesmo que de longe.

Aos meus pais, Raimundo Deuzimar e Maria das Graças por ter me dado a vida, cuidado e educação da melhor forma desde o início até aqui. Em especial, a minha mãe por todas as orações e incentivo para que eu nunca desistisse. Sou grato a vocês.

Aos meus avôs, Antônio Gomes e Francisco Apolinario, que sempre me incentivaram.

A minha tia, Maria de Jesus, pelo incentivo, apoio e estímulo para enfrentar as barreiras da vida.

Aos meus irmãos, Antônio Neto e Maria do Socorro, por sempre estarem ao meu lado, pelo apoio e incentivo durante o meu trajeto acadêmico e por sempre torcerem por minha vitória.

Aos meus colegas de caminhada e de vida Analine Ferreira, Heloisa Andrade e Wanessa Antunes, por todos os momentos que passamos juntos, por tornar os dias difíceis suportáveis, por serem o meu abrigo sempre que precisei e a tantos outros que fizeram parte desta jornada.

A minha prima, Ysabele Barra, por sempre acreditar em mim, e ser um anjo em minha vida.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) campus Pau dos Ferros e a todos que fazem parte dessa grande família (professores, técnicos, terceirizados entre outros), que contribuíram de alguma forma ao longo dessa jornada.

Respiro e persigo uma luz de outras vidas
E ainda que as janelas se fechem, meu pai
É certo que amanhece.

(Hilda Hilst)

RESUMO

A corrosão é um processo de deterioração dos materiais metálicos. Tal deterioração é causada pela interação entre o material e o meio corrosivo e gera grandes problemas, tanto estruturais quanto financeiros. Diante disso, este trabalho objetivou identificar e avaliar os processos corrosivos presentes nos equipamentos da academia ao ar livre instalada na praça da terceira idade Raimunda Sergina Delmiro, no centro do município de Severiano Melo. Após várias visitas e avaliações sobre a praça, constatou-se que existiam corrosão, e quais são os tipos de corrosão presentes, investigando as causas que as provocaram e as formas de prevenção e proteção para os equipamentos. Foram comprovadas diversas formas de corrosão, como corrosão uniforme, por esfoliação, em torno de cordão de solda e por placas, tendo como principal, a corrosão por aeração diferencial, causadas por conta das intempéries. Por fim, sugeriu-se algumas formas de proteção para os equipamentos analisados, como o uso de revestimento orgânico, aplicação de base polimérica e inibidores e, para os aparelhos que se encontravam em um processo avançado de corrosão, como os bancos e aparelho de remada, é sugerida a substituição desses equipamentos.

Palavras-chave: Corrosão. Academia ao ar livre. Revestimento orgânico. Tratamento do processo corrosivo.

ABSTRACT

Corrosion is a deterioration process of metallic materials. Such deterioration is caused by the interaction between the material and the corrosive environment and it generates as well structural as financial problems. This way, this work aims to identify and evaluate the corrosive processes on the open air academy equipment installed at the square for the elderly people, Raimunda Sergina Delmiro, in the Centro neighborhood, city of Severiano Melo – RN. After a lot of visits and evaluations about the square, it was realized that there was corrosion, and the types of corrosion presents, searching for the causes that have provoked and the forms of prevention and protection to the equipment. It was proved various forms of corrosion, such as uniform corrosion, by exfoliation, around the weld bead and by plaques, having as main type the corrosion by differential aeration, caused by the bad weather. Finally, it was suggested some forms of protection of the equipment analyzed, such as the use of organic coating, application of polymer base and inhibitors and, for the machines that were in an advanced process of corrosion, for instance the seats and the rowing machines, we suggest the substitution of these.

Keywords: Corrosion. Outdoor Gym. Organic coating. Treatment of the corrosive process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Concreto desgastado devido a corrosão química	22
Figura 2: Corrosão Eletrolítica	23
Figura 3: Pilha de corrosão eletroquímica com dois eletrodos diferentes.	24
Figura 4: Principais formas de corrosão metálica.	26
Figura 5: Corrosão Uniforme	26
Figura 6: Corrosão por placas	27
Figura 7: Corrosão Alveolar	27
Figura 8: Corrosão por pite em tubo de aço inoxidável	28
Figura 9: Corrosão Intergranular	28
Figura 10: Corrosão Intragranular	29
Figura 11: Corrosão Filiforme	29
Figura 12: Corrosão por esfoliação	30
Figura 13: Corrosão grafítica	30
Figura 14: Corrosão por dezincificação	31
Figura 15: Chapa de aço carbono com empolamento por hidrogênio	31
Figura 16: Corrosão em torno de cordão de solda em aço inoxidável.	32
Figura 17: representação do avanço da carbonatação do concreto.	35
Figura 18: Formas de ocorrência de íons-cloreto na estrutura do concreto.	36
Figura 19: Ilustração da proteção contra a corrosão por efeito barreira.	37
Figura 20: Alguns exemplos de inibidores de corrosão.	38
Figura 21: Princípio de funcionamento da proteção catódica (a) por anodo de sacrifício (b) e por corrente impressa.	39
Figura 22: Esquema de sistema de proteção anódica de um tanque de armazenamento de ácido sulfúrico.	39
Figura 23: Triângulo de corrosão.	41
Figura 24: Correlação entre o pH e a taxa de corrosão do ferro	43
Figura 25: Mapa de localização da área de estudo (a) Localização da cidade de Severiano Melo, no estado do Rio Grande do Norte; (b) Localização da praça na cidade e (c) A praça Raimunda Sergina Delmiro.	45
Figura 26: Praça Raimunda Sergina Delmiro.	45
Figura 27: Fluxograma da pesquisa	46

Figura 28: Aparelho completo a) Multiexercitador Seis Funções; b) Assento da Extensora e c) Assento do Puxador	48
Figura 29: Representação da pilha de aeração diferencial	48
Figura 30: Aparelho completo a) Simulador de Caminhada Duplo, b)Tubo c)Chapa de apoio de pé, d)Bastão para apoio das mãos.	50
Figura 31: Esqui Duplo (a)Esqui Duplo Completo; (b)Esqui duplo lado esquerdo; (c) Base do equipamento; (d)Esqui duplo lado direito	52
Figura 32: Pressão de Pernas Duplo (a) Aparelho completo; (b)Tubos; (c)Base do Aparelho; (d)Assento lado esquerdo.	53
Figura 33: Rotação Diagonal Dupla (a) Aparelho completo; b)Tubo e c) Tubo Redondo	54
Figura 34: Aparelho de remada (a) Aparelho completo; (b) Base do aparelho; (c) Região de apoio	55
Figura 35: Banco (a) Banco da praça; (b) Lateral direita do banco; (c) Lateral esquerda do banco	56
Figura 36: Banco da praça (a) Vista de cima do banco; (b) Assento com perdas de material; (c) Lateral direita do banco	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Corrosão	25
Tabela 2 – Resumo dos resultados	57

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Et al	Colaboradores
ISO	Organização Internacional de Normalização
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NBR	Norma Técnica
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
RN	Rio Grande do Norte
TPC	Taxa de Penetração a Corrosão
UR	Umidade Relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

C_3A	Aluminato tricálcico
$C_3A.CaCl_2.10H_2O$	Cloroaluminato de cálcio ou sal de Friedel
$Ca(OH)_2$	Hidróxido de cálcio
$CaCl_2$	Cloreto de Cálcio
$CaCO_3$	Calcita
Cl^-	Cloreto
CO_2	Dióxido de carbono
e^-	Elétron
Fe	Ferro
$Fe(OH)_2$	Hidróxido de Ferro II
$Fe(OH)_3$	Hidróxido de Ferro III
$Fe_2O_3.H_2O$	Ferrugem
Fe_3O_4	Óxido de Ferro
$FeCl_3$	Cloreto de Ferro
H_2	Hidrogênio
H_2O	Água
H_2SO_3	Ácido Sulfuroso
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
NO	Óxido de Nitrogênio
O_2	Oxigênio
SO_2	Dióxido de enxofre

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	33
Equação 2	33
Equação 3	33
Equação 4	33
Equação 5	33
Equação 6	33
Equação 7	34
Equação 8	35
Equação 9	35
Equação 10	42
Equação 11	42
Equação 12	49
Equação 13	49
Equação 14	51
Equação 15.....	51
Equação 16.....	51
Equação 17.....	51

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3.1 CORROSÃO.....	21
3.2 MECANISMOS CORROSIVOS.....	22
3.2.1 Corrosão Química.....	22
3.2.2 Corrosão Eletrolítica.....	23
3.2.3 Corrosão Eletroquímica.....	23
3.3 OS TIPOS DE CORROSÃO.....	24
3.3.1 Corrosão uniforme.....	26
3.3.2 Corrosão por placas.....	27
3.3.3 Corrosão alveolar.....	27
3.3.4 Corrosão puntiforme ou por pites.....	28
3.3.5 Corrosão intergranular.....	28
3.3.6 Corrosão intragranular.....	29
3.3.7 Corrosão filiforme.....	29
3.3.8 Corrosão por esfoliação.....	30
3.3.9 Corrosão gráfitica.....	30
3.3.10 Corrosão por dezincificação.....	31
3.3.11 Corrosão por empolamento de hidrogênio.....	31
3.3.12 Corrosão em torno de solda.....	32
3.4 PROBLEMAS ECONÔMICOS ENVOLVENDO A CORROSÃO.....	32
3.5 AS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO.....	33
3.6 CORROSÃO EM ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO.....	34
3.7 FORMAS DE PROTEÇÃO.....	36
3.7.1 Proteção por efeito barreira.....	36
3.7.2 Inibidores.....	37
3.7.3 Proteção Catódica.....	38
3.7.4 Proteção Anódica.....	39
3.7.5 Tintas.....	40
3.7.6 Modificação do meio.....	40
3.8 TRIÂNGULO DA CORROSÃO.....	41

3. 9 FATORES QUE INFLUENCIAM NA CORROSÃO.....	42
3.9.1 Meio corrosivo.....	42
3.9.2 pH.....	42
3.9.3 Umidade relativa.....	43
3.9.4 Poluente.....	43
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1 Procedimentos Metodológicos.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 Multiexercitador Seis Funções.....	47
5.2 Simulador de Caminhada Duplo.....	49
5.3 Esqui Duplo.....	51
5.4 Pressão de Pernas Duplo.....	52
5.5 Rotação Diagonal Dupla.....	53
5.6 Remada.....	54
5.7 Bancos da praça.....	55
6. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio, o homem luta contra um problema sério envolvendo materiais metálicos, como é o caso da corrosão. Um problema que ainda assola inúmeras obras e é bastante pertinente nos dias atuais, sendo assim, a corrosão é definida como sendo, segundo Gentil (2011, p. 55):

um processo químico ou eletroquímico, em geral um processo espontâneo, que frequentemente transforma os materiais metálicos de maneira que as suas resistências e desempenhos acabam não atendendo os fins a que se destinam. Por essa razão, esse fenômeno ocorre em muitos tipos de materiais, porém é mais comum quando associado aos metais e suas ligas. Há um tempo a corrosão vem gerando preocupações pois essas manifestações indesejadas vêm causando prejuízos, com isso o estudo de suas causas e soluções se tornaram essenciais.

A corrosão, de um modo simples, pode ser classificada como um processo de deterioração de um material metálico, a partir da superfície, na qual o material se encontra inserido. De acordo com Pagotto (2013, p. 23) “alguns autores julgam que as modificações que acontecem nas propriedades físicas ou químicas de materiais como a borracha e a madeira configurem corrosão, porém os materiais que estão dentro dessa área de estudo são os metais e suas ligas”.

Um equipamento tem a obrigação de oferecer segurança e condições de utilização para a finalidade para qual foi construída, mas todo equipamento possui sua vida útil e a falta de manutenção pode acarretar diversos prejuízos a um ou alguns aspectos essenciais, gerando perda para os usufruidores.

Há pouco tempo ficou evidenciado que os equipamentos metálicos da Academia da Saúde, situado na Praça da terceira idade Raimunda Sergina Delmiro, no centro da Cidade de Severiano Melo/RN, vêm exibindo um processo progressivo de corrosão em suas estruturas metálicas, e em parte, como simulador de caminhada, aparelho de rotação vertical, aparelho de remada, banco de metal, dentre outros equipamentos.

Devido a ação do tempo, do meio, animais e atitudes inapropriadas da população que ali frequenta e utiliza os equipamentos, a deterioração dos aparelhos da praça vai cada vez mais se maximizando. A corrosão dos aparelhos metálicos é também um dos tipos de deterioração destas estruturas, causando alterações prejudiciais, e resultando em perda de resistência mecânica e mudança estética do aparelho chegando, muitas vezes, a sua completa inutilização.

Segundo Pinho (2011), a vida útil das estruturas envolve uma análise abrangente de todas as etapas do processo construtivo, e os engenheiros hoje, que já pensam normalmente no ciclo de vida das estruturas, estão cada vez mais conscientes da necessidade de manutenção e,

por isso, programam-se para fazer o monitoramento e a manutenção preventiva e corretiva das estruturas.

De acordo com Vicente (2013), os materiais com uma maior propensão a sofrer com o processo corrosivo, de modo a reduzir as suas propriedades mecânicas, são os metais. Diante do que foi exposto, a pesquisa desenvolvida neste trabalho surgiu como uma necessidade de conseguir determinar formas de prevenção e/ou proteção a serem utilizadas pelos gestores do município, com o propósito de diminuir gastos com a troca e reparação destes equipamentos.

A importância da realização deste trabalho ocorreu devido a caracterização das manifestações patológicas em alguns equipamentos presentes na Academia da Saúde, no município de Severiano Melo - RN, nas quais puderam ser diagnosticadas por meio de análises do grau de deterioração e, desse modo, constatar se o equipamento é seguro para atender a população ou até mesmo se faz necessário realizar alguma intervenção.

Portanto, o problema maior não é que o material se estrague, mas o tempo que ele leva para se desgastar e com qual velocidade esse desgaste ocorre. O melhor caso é quando a deterioração ocorre com velocidade controlada, de modo que conserve assim a vida útil da estrutura, sem gastos elevados de reparação. Em um certo momento, caso ocorra da velocidade de deterioração ser maior do que a projetada, será necessária que haja uma interferência para que o aparelho possa cumprir a vida útil que lhe foi estimada. Detectando as falhas e defeitos das estruturas metálicas logo no início, obtém-se um custo de reparação menor. Por essa razão o monitoramento de inspeções preventivas auxilia bastante a vida útil dos equipamentos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

I. Identificar e avaliar os processos corrosivos presentes nos equipamentos da Academia da Saúde no bairro Centro no município de Severiano Melo – RN.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Analisar os tipos de corrosão existentes nas estruturas dos equipamentos da academia, através de registros fotográficos;
- II. Identificar os fatores que acarretaram o processo corrosivo nos equipamentos;
- III. Construir o triângulo de corrosão, evidenciando cada parâmetro (material, meio e condições operacionais);
- IV. Apresentar os métodos e os meios de prevenção e/ou proteção e tratamento adequado dos processos de corrosão em estruturas metálicas.
- V. Verificar quais aparelhos ainda podem ser reparados pelos gestores ou se os mesmos deverão ser substituídos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CORROSÃO

A Corrosão é um fenômeno de destruição de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, que pode estar associada ou não a esforços mecânicos (GENTIL, 2011). Segundo Tolentino (2015), a corrosão ocorre de forma espontânea através de um processo de deterioração. Nos metais e aços, em geral, o processo se dá em razão de ações químicas e eletroquímicas dos mesmos com o ambiente em que se encontram.

Os materiais afetados pela deterioração têm suas características funcionais, como: resistências, resiliência, durabilidade, confiabilidade, entre outras, altamente comprometidas, prejudicando diretamente sua utilização e seu desempenho. A corrosão dos metais e suas ligas pode ser encontrada em diversas situações, como: na rede elétrica e cabos de comunicação, tanques de detenção de fluídos, meios de transporte, todos os tipos de aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos, construções, píeres, tubulações, gasodutos, oleodutos, próteses mecânicas etc. (TOLENTINO, 2015)

A deterioração causada pela corrosão pode resultar em modificações prejudiciais aos materiais, tornando-os impossibilitados ao uso a que foram destinados. Os processos corrosivos podem ser susceptíveis a diversos tipos de materiais, como metais, ligas metálicas, cerâmicos, plásticos, dentre outros (OSTROSKI, 2019).

No Espírito Santo, a piscina do edifício Parador, em Vila Velha, no ano de 2021, desabou em cima da garagem. O Chefe do Departamento de Prevenção da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Espírito Santo, major Fábio Maurício Rodrigues Pereira, explicou que o motivo do desabamento foi uma corrosão na estrutura de amarramento que sustenta a piscina (IstoÉ, 2021).

Existem três grandes grupos que, dependendo do meio onde os materiais estão inseridos, abrange quase todos os casos do fenômeno de corrosão, pois em cada meio haverá uma reação diferente para cada material exposto, são eles: a corrosão química, corrosão eletrolítica e a corrosão eletroquímica.

De acordo com Polito (2006), é possível classificar a corrosão de acordo com a sua forma (morfologia), e também pela sua natureza. Com relação a natureza do processo, a corrosão pode ser química ou eletroquímica. Pela sua morfologia, a corrosão pode ser uniforme, por pites, por placas, alveolar, intergranular, intragranular, filiforme, esfoliação, corrosão gráfitica, dezincificação, em torno do cordão de solda e empolamento por hidrogênio.

3.2 MECANISMOS CORROSIVOS

Os mecanismos corrosivos em materiais metálicos podem ser químicos, eletroquímicos e eletrolíticos, variando-se apenas o material utilizado, o meio corrosivo e as condições operacionais as quais o material são submetidas. Sendo utilizada para designar processos onde as perdas possuem a possibilidade de ocorrer totalmente, parcialmente e superficialmente, por ataques químicos, eletrólitos ou eletroquímicos, a corrosão pode ser categorizada em três tipos: química, eletroquímica e eletrolítica (GENTIL, 2011). Assim, fica evidenciado a relevância de estabelecer e entender diante dos fatos expostos os mecanismos pelas quais a corrosão age. De acordo com, Merçon et al. (2004) afirma que a corrosão é um processo resultante do tipo de ação do meio corrosivo sobre um determinado material, provocando sua deterioração.

3.2.1 Corrosão Química

A corrosão química decorre do ataque de um agente químico diretamente em uma superfície. Neste caso, como não há transferência de elétrons, o ataque não acontece em decorrência de uma corrente elétrica, e sim pela ação de um agente químico diretamente sobre o material. Este processo baseia-se na reação química entre o material e o meio corrosivo ao qual foi exposto, formando um produto de corrosão sobre a superfície do material como resultado final (FRAUCHES-SANTOS *et al.*, 2014).

Haja vista do processo de corrosão química, pode-se citar a destruição do concreto percebidos em pontes e viadutos, em virtude da ação de poluentes como o CO₂ sobre seus componentes causando a exposição da estrutura interna de vergalhões de aço. (Figura 1).

Figura 1: Concreto desgastado devido a corrosão química

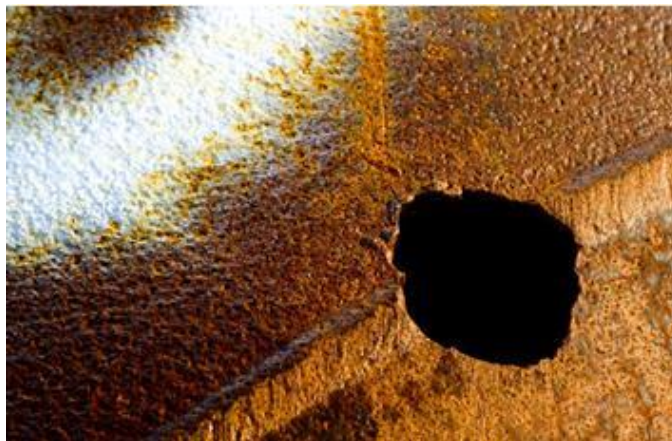


Fonte: Tribuna do Norte (2013)

3.2.2 Corrosão Eletrolítica

A corrosão eletrolítica é um tipo de corrosão atinge com frequência estruturas metálicas enterradas ou submersas, como tubulações de petróleo, cabos telefônicos, tanques de postos de gasolina etc... e resulta da deficiência de aterramento e de isolamento de alguma parte da estrutura (EMÍDIO, 2018). Como Merçon *et al.* (2004) afirma, normalmente apresenta-se furos isolados nas instalações, onde a corrente foge para o solo (Figura 2). Atestando, esse argumento, Sacramento (2018) menciona que, por ser um processo eletroquímico ocorrendo por meio de uma aplicação externa de corrente elétrica, a corrosão eletrolítica é um processo não espontâneo.

Figura 2: Corrosão Eletrolítica

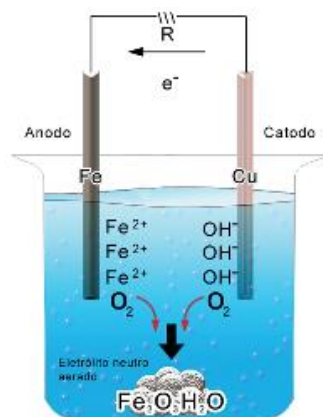


Fonte: Merçon, et al (2004).

3.2.3 Corrosão Eletroquímica

Merçon *et al.* (2004) afirma que “por se tratar de um processo espontâneo, a corrosão eletroquímica ocorre com mais frequência na natureza e obrigatoriamente na presença de água, diversas vezes em temperatura ambiente e com formação de uma pilha de corrosão”.

Figura 3: Pilha de corrosão eletroquímica com dois eletrodos diferentes.



Fonte: Merçon, et al (2004).

Na Figura 3 a pilha eletroquímica possui os eletrodos, o ânodo e o cátodo diferentes e, Serra (2014), afirma “é uma das várias pilhas eletroquímicas, há a célula de concentração na qual os eletrodos são iguais, mas a concentração do eletrólito é diferente para cada um.”. A Figura 3 apresenta uma esquematização de uma pilha de corrosão eletroquímica, onde na região anódica de ferro ocorre o desgaste, o fluido eletrólito não é detalhado, sendo um meio qualquer, como ar ou até mesmo a água. Assim, quando o metal entra em contato com eletrólito há a formação de uma pilha de condução, já que o eletrólito, envolve ao mesmo tempo áreas anódicas e áreas catódicas do elemento metálico (FLORIDO; FREIRE, 2016). Ainda para Florido e Freire (2016) “visto que o Ferro na presença da umidade oxida facilmente, a ferrugem é um exemplo de corrosão eletroquímica”.

3.3 OS TIPOS DE CORROSÃO

Considerando as diversas formas de corrosão, podemos classificá-las de acordo com sua forma de ataque, aparência, ou mecanismo de corrosão, onde se destacam as seguintes formas ocorrentes em metais: (GENTIL, 2011).

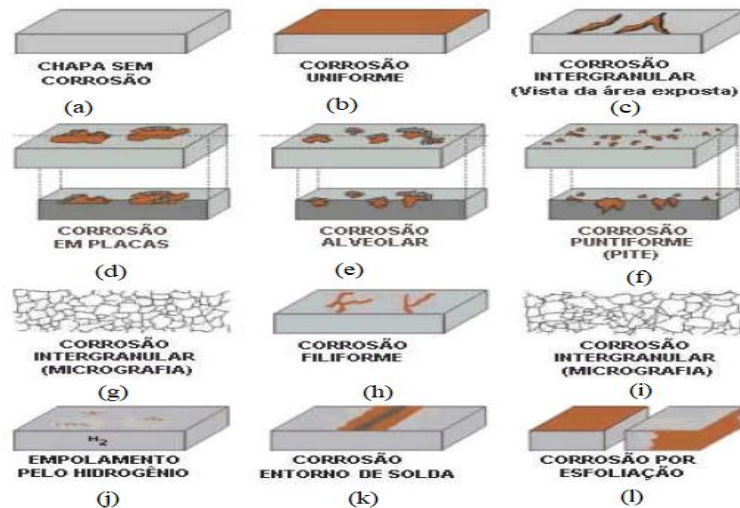
Tabela 1: Tipos de corrosão.

TIPOS DE CORROSÃO	DEFINIÇÕES
Corrosão alveolar;	Sulcos ou escavações
Corrosão em forma de placas;	Regiões de superfícies metálicas
Corrosão em torno do cordão de solda;	Aços Inoxidáveis
Corrosão filiforme;	Filamentos finos
Corrosão grafítica;	Ferros fundidos cinzentos
Corrosão intergranular;	Entre os grãos da rede cristalina
Corrosão intragranular ou transcristalina;	Nos grãos da rede cristalina
Corrosão por dezincificação;	Ataques seletivos aos latões com teor de zinco maior que 15%
Corrosão por empolamento;	Parte do hidrogênio atômico gerado na superfície
Corrosão por esfoliação;	Paralela a área metálica
Corrosão puntiforme ou por pites;	Pontos isolados
Corrosão uniforme.	Em toda superfície metálica

Fonte: Autor (2021)

A corrosão se manifesta de diferentes formas, elas são expressas considerando as diferentes causas e mecanismos, conforme a Figura 4. Sendo assim, pode ser caracterizado por sua morfologia (alveolar, em placas, intergranular, puntiforme, uniforme etc.), causas (em torno de solda). Gentil (2011) aponta que um aliado muito importante para prevenir o fenômeno corrosivo é conhecer a sua morfologia. Gentil (2011) ainda aponta as principais formas de corrosão, de acordo com a Figura 4 a seguir.

Figura 4: Principais formas de corrosão metálica.



Fonte: Gentil (2011)

É de fundamental importância o conhecimento acerca dos processos corrosivos para a prevenção problemas que futuramente possam acontecer. Sendo assim, apesar das várias tentativas de identificação, é importante conhecer as suas formas de manifestação (PANNONI, 2015). “Uma forma de impedir ou minimizar o processo de corrosão é a aplicação de revestimentos protetores sobre as superfícies metálicas formando uma barreira entre o metal e o meio corrosivo” (MERÇON et al., 2004).

3.3.1 Corrosão uniforme

A corrosão uniforme, como o nome sugere, acontece em toda a extensão do material, ou seja, o óxido do produto da corrosão está distribuído uniformemente pela superfície do metal, é um dos tipos mais encontrados no nosso cotidiano. Com relação ao desgaste, esse tipo é um dos mais alarmantes, pelo fato da diminuição de espessura que pode ocasionar falhas nos materiais e equipamentos (Figura 5).

Figura 5: Corrosão Uniforme



Fonte: Gentil (1996)

3.3.2 Corrosão por placas

Diferente da anterior, a corrosão por placas ocorre apenas na superfície metálica e não em toda a extensão do material. Nesse tipo de corrosão acontece o desprendimento das camadas de óxido do metal no formato de placas (Figura 6).

Figura 6: Corrosão por placas



Fonte: Gentil (1996)

3.3.3 Corrosão alveolar

Para Ponte (2003) afirma que “a corrosão alveolar se manifesta na superfície, exibindo um fundo com formato arredondado e com uma profundidade menor que o seu diâmetro, formando sulcos ou escavações parecidos a alvéolos”. A figura 7 retrata esta forma de deterioração que ocorre de forma localizada.

Figura 7: Corrosão Alveolar



Fonte: Blog Engenheiro de Materiais (2017)

3.3.4 Corrosão puntiforme ou por pites

Para o autor Gentil (1996) é uma corrosão localizada caracteriza-se por uma perfuração no material metálico, apesar disso, na corrosão puntiforme a profundidade do orifício ele se torna maior do que o seu diâmetro, onde na maioria dos casos, a corrosão pode ser encontrada em aços inoxidáveis (Figura 8).

Figura 8: Corrosão por pite em tubo de aço inoxidável

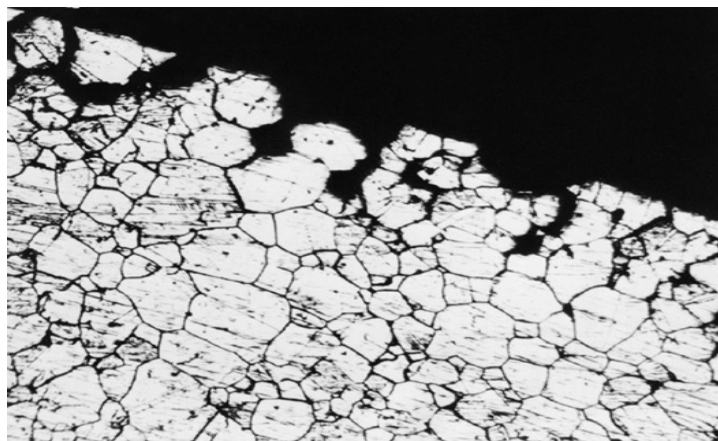


Fonte: Blog de Engenharia Química (2017)

3.3.5 Corrosão intergranular

Essa corrosão acontece entre os grãos da rede cristalina do material, onde por meio dos contornos dos grãos da rede ocasionando danos ao material, perdendo as propriedades mecânicas, possibilitando a ruptura do equipamento, segundo o que menciona Gentil (1996), todo grão possui um limite definido, que, a partir de uma perspectiva química, difere do metal dentro do centro do grão (Figura 9).

Figura 9: Corrosão Intergranular

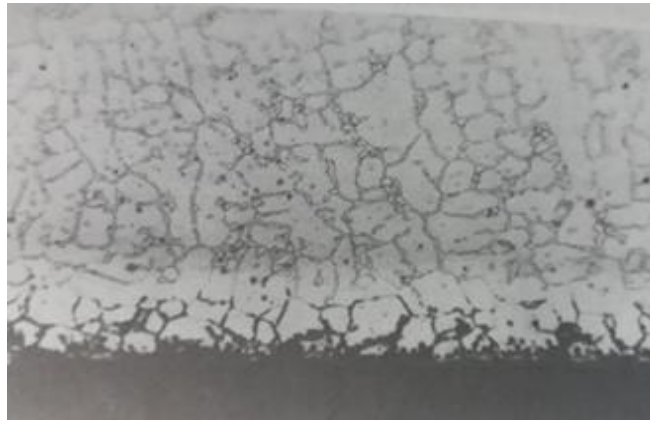


Fonte: Gentil (1996)

3.3.6 Corrosão intragranular

Diferente da corrosão intergranular, Oliveira (2012) afirma que “a corrosão intragranular ocorre nos cristais da rede cristalina, e quando há uma perda das propriedades mecânicas, o material fica susceptível a esforços mecânicos, podendo haver a ruptura do mesmo a qualquer momento”. A corrosão intragranular ocorre nos próprios grãos da rede cristalina (Figura 10), diferente da corrosão intergranular que acontece entre os grãos da rede cristalina.

Figura 10: Corrosão Intragranular



Fonte: Gentil (2011)

3.3.7 Corrosão filiforme

Gentil (2011) afirma o seguinte:

“age em toda a superfície, manifestando-se de forma generalizada em toda a área corroída na forma de filamentos finos, onde não são profundos, espalhados em diferentes direções que não se excedem, admitindo que o produto da corrosão, em estado coloidal, apresenta carga positiva, por essa razão acontece a repulsão”.

Figura 11: Corrosão Filiforme



Fonte: Reithmaier; Sterkenburg. (2014).

3.3.8 Corrosão por esfoliação

É um tipo de corrosão conhecida por espalhar-se de forma paralela pela região metálica apresentando camadas com laminação simultânea, Oliveira (2012) afirma que é comum apresentar camadas com laminação simultânea à região metálica, cujo produtos da corrosão procurar formar uma espécie de inchaço ou fissura na área metálica manifestando as camadas, antes interna, ao ataque. O levantamento ou inchaço é a evidência visível de esfoliação (Figura 12).

Figura 12: Corrosão por esfoliação

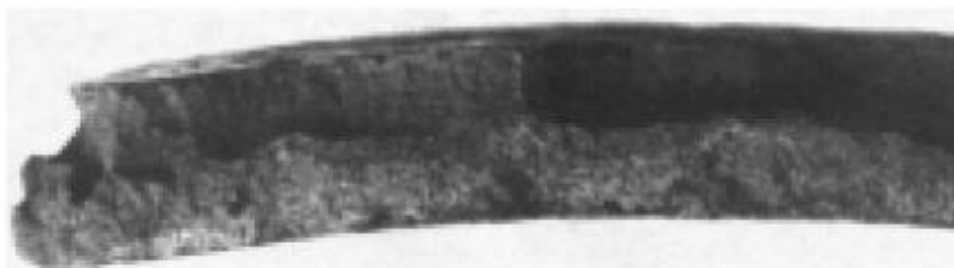


Fonte: Reithmaier; Sterkenburg. (2014).

3.3.9 Corrosão grafítica

Essa corrosão é processada no ferro fundido cinzento, no qual em temperatura ambiente o ferro oxida, sobrando apenas o grafite. Verifica-se uma mancha escura no local de fácil remoção (Figura 13).

Figura 13: Corrosão grafítica



Fonte: Blog de Engenharia Química (2017)

3.3.10 Corrosão por dezincificação

É um tipo de corrosão que ocorre nas ligas metálicas de zinco e cobre, no qual é possível observar o aparecimento de regiões com coloração avermelhada dos latões logo após a corrosão (Figura 14). Ocorre a oxidação do zinco restando somente o cobre.

Figura 14: Corrosão por dezincificação



Fonte: Blog de Engenharia Química (2017)

3.3.11 Corrosão por empolamento de hidrogênio

Sendo Gentil (1996), esse tipo de corrosão ocorre quando o hidrogênio atômico atinge o material metálico, pelo fato de possuir um volume atômico muito pequeno, a propagação nas áreas com descontinuidade acontece facilmente, como vazios, transformando-se em hidrogênio molecular, dando origem a bolhas por conta da pressão exercida nas moléculas do metal (Figura 15).

Figura 15: Chapa de aço carbono com empolamento por hidrogênio



Fonte: Blog de Engenharia Química (2017)

3.3.12 Corrosão em torno de solda

A corrosão em torno dos cordões de solda ocorre especificamente em aços inoxidáveis não estabilizados ou com teores maiores que 0.03% de carbono, de forma intergranular (Pereira, 2013) (Figura 16).

Figura 16: Corrosão em torno de cordão de solda em aço inoxidável.



Fonte: Blog de Engenharia Química (2017)

3.4 PROBLEMAS ECONÔMICOS ENVOLVENDO A CORROSÃO

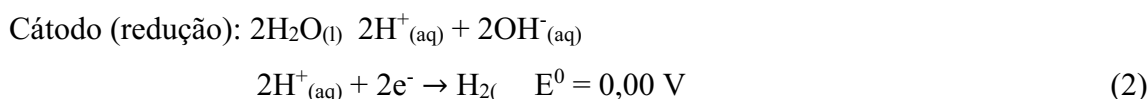
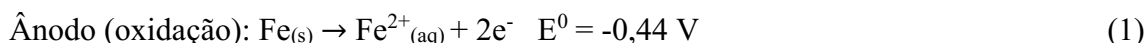
O escritor Finamore (2016) afirma que os engenheiros e técnicos possuem um desafio diário em encontrar soluções, técnicas, econômicas e ambientais possíveis para redução dos processos corrosivos. Segundo a revista In The Mine (2019), um estudo da empresa Nexa Resources mostra que cerca de 30% da produção mundial de ferro e aço é perdida com a corrosão. E que os custos correspondem de 1 a 5% do PIB dos países. Em 2019, por exemplo, o Brasil teve um gasto equivalente a 4% do PIB (R \$290 bilhões) com manutenção da corrosão. Economicamente, essas perdas podem ser tanto diretas como indiretas. Sendo perdas diretas quando os custos associados à inibição da corrosão, a manutenção ou a substituição da peça. E as perdas indiretas são aquelas que trazem mais prejuízos, mas geralmente não se pode quantificar, segundo Gentil (2011).

Dentre os diversos materiais metálicos que podem sofrer corrosão em meio aquoso, o aço carbono é o mais usado na indústria de maneira geral e, cerca de 20% do aço produzido destina-se à reposição de partes de equipamentos, peças ou instalações corroídas. As indústrias

de petróleo e petroquímicas são as que mais sofrem ataque de agentes corrosivos que causam prejuízos em toda a cadeia produtiva, desde sua extração até o refino (SANTOS, 2016).

3.5 AS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO

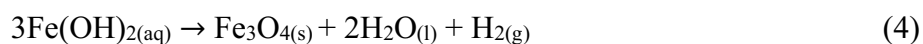
Merçon, Guimarães e Mainier (2004) explicam esse fenômeno através da reação da oxidação do ferro, descrita pelas seguintes reações:



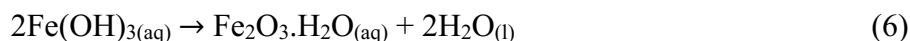
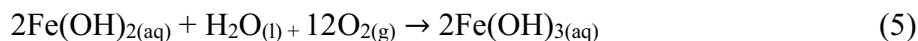
Nesta fase, há a migração dos íons de Fe^{2+} em direção ao cátodo, e ao mesmo tempo os ânions OH^- migram para o ânodo. Deste modo, nesse processo de migração, acontece a formação de hidróxido ferrosos, como é mostrado na reação 3.



Pode-se observar na reação 4 que o composto de hidróxido ferroso é oxidado, na presença de um meio com baixo teor de oxigênio:



Obtem-se as seguintes reações 5 e 6, a medida que o teor de oxigênio é aumentado:



Ainda de acordo com Merçon, Guimarães e Mainier (2004), o processo da corrosão gera o produto final, a ferrugem, é formada pelos compostos Fe_3O_4 , que é um composto de coloração preta, e $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ de coloração castanho-avermelhada.

3.6 CORROSÃO EM ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO

Os espaços públicos são importantes para os cidadãos, proporcionam um local de encontro, um ambiente de acesso livre que contribui para o bem-estar e existência de novas experiências (DIXON, 2014). A academia da saúde é um espaço público com o objetivo de colaborar com a promoção da saúde a partir de práticas corporais, atividades físicas e lazer dando em modos de vida saudáveis.

De acordo com Merçon, Guimarães e Manier (2003), os equipamentos e monumentos presentes nestas, por possuírem tais características, estão expostos aos efeitos das intempéries, ocasionando, em muitos casos, a degradação dos materiais. A principal fonte de deterioração dos elementos recreativos e arquitetônicos está relacionada com a corrosão advinda do meio em que estes se encontram.

O concreto armado é um dos materiais compósitos mais antigos; suas excelentes propriedades mecânicas reúnem a elevada resistência à compressão do concreto com a forte resistência à tração do aço. O cobrimento constitui não somente uma barreira física que separa o aço do meio externo, mas também fornece um meio alcalino no qual o aço está protegido contra a corrosão (FREIRE, 2005).

Para Meira (2017) aponta que as formas mais comuns em estruturas de concreto armado são a corrosão generalizada irregular que está associada a carbonatação do concreto e a corrosão puntiforme ou por pites que no caso está relacionada a ação dos íons cloreto. Ainda segundo Meira (2017), com relação às estruturas protendidas ocorre o que intitulamos de corrosão sob tensão, no qual está relacionado com as ações eletroquímicas e mecânicas.

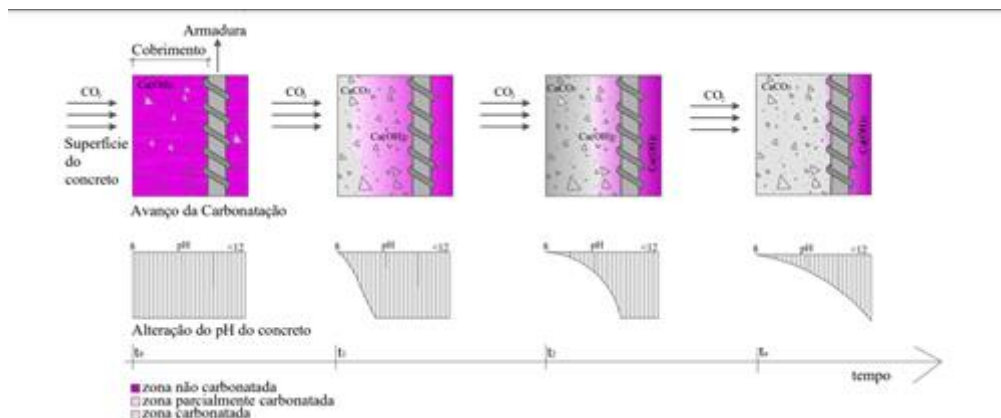
Neste processo, oriundo a ação de agentes químicos, como por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂) que penetram no concreto, através dos poros e capilares e reagem com a umidade do sólido, tendo como resultado a alteração do pH que provoca a destruição da camada protetora do concreto (SILVA; MONTEIRO, (2016). A reação desencadeada no processo de carbonatação é exibida na seguinte equação:



Na Figura 17, pode-se observar que a carbonatação têm início na parte externa em direção a parte mais interna do concreto, modificando a alcalinidade e a região porosa do

concreto. É possível apontar três zonas diferentes no avanço da frente de carbonatação: a primeira carbonatada; uma segunda parcialmente carbonatada; e uma não carbonatada, com pH próximo de 8,3, 10 e >12,5, na devida ordem (POSSAN, 2010).

Figura 17: representação do avanço da carbonatação do concreto.



Fonte: Possan, 2010.

Ribeiro (2010) afirma que é comum a incorporação de elementos agressivos durante o preparo do concreto, muitas vezes por desconhecimento técnico. O mais comum dentre os agentes agressivos é o cloreto (íon Cl⁻), podendo ser adicionado involuntariamente a partir de aditivos aceleradores de pega, agregados e água contaminadas ou tratamentos de limpeza.

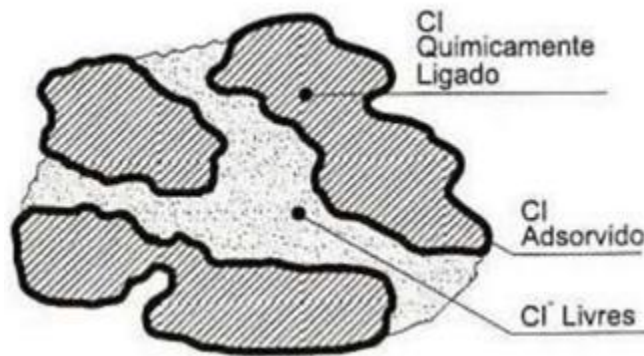
Conforme Ribeiro e Cunha (2014a), os ânions Cl⁻ podem destruir a película passivadora proporcionada pelo meio alcalino e acelerar permanentemente a corrosão, sem consumir-se, conforme reações 8 e 9 abaixo.



Essas reações permanecem ocorrendo sem consumir o ânion cloreto, portanto pequenas quantidades de Cl⁻ podem ser responsáveis por grandes processos corrosivos (Ribeiro; Cunha, 2014).

A Figura 18 apresenta, segundo Cascudo (1997), as três formas de ocorrência de Cl⁻ no concreto: adsorvido na superfície dos poros e sob a forma de íons-livres, quimicamente ligado ao aluminato tricálcico (C₃A) e formando cloro aluminato de cálcio ou sal de Friedel (C₃A.CaCl₂.10H₂O).

Figura 18: Formas de ocorrência de íons-cloreto na estrutura do concreto.



Fonte: Cascudo (1997).

Segundo Cabral (2000) afirma que no caso da corrosão localizada que pode ser denominada também pite, os íons cloreto promovem a quebra do filme passivo e ativam a superfície do aço, formando o ânodo sendo o cátodo a superfície passivada. O alto índice da concentração de cloretos propicia o aumento da destruição do metal. No início da corrosão das armaduras, os íons aceleram o processo, aumentando a taxa de corrosão.

3.7 FORMAS DE PROTEÇÃO

Por acontecer de diversas formas, a corrosão é um processo constante, contudo, atualmente há diferentes maneiras de prevenção e proteção. Fleury (2010) afirma que existem várias opções de tecnologias disponíveis para a proteção contra a corrosão e o uso destas dependem do tipo, forma e sobretudo do meio ou ambiente corrosivo, e em todo o caso devem levar em consideração os aspectos técnicos e econômicos.

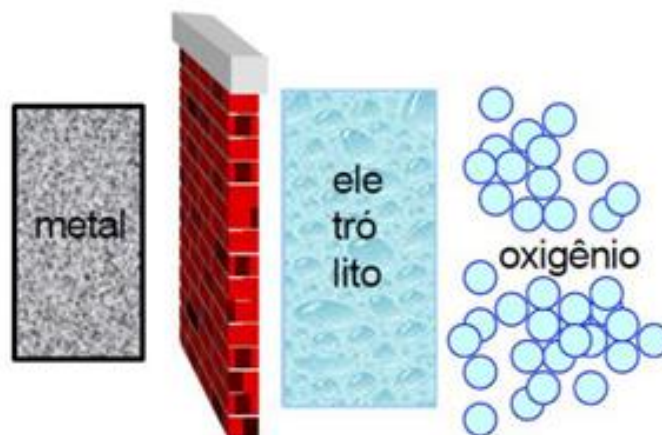
Segundo Luz (2018) afirma que na análise de um processo corrosivo tem que considerar sempre os três fatores dependentes do material metálico, da forma de utilização e do meio corrosivo. Ainda de acordo com Luz (2018), para que ocorra a corrosão eletroquímica tem-se a obrigação de três fatores: o metal, o eletrólito e o oxigênio, e para prevenir tal acontecimento, basta eliminar um dos três fatores.

3.7.1 Proteção por efeito barreira

No método da Figura 19, se forma uma barreira, isolando o metal do eletrólito, do oxigênio ou dos dois, ocorrendo o impedimento da corrosão eletroquímica, se o processo for

executado de forma perfeita (LUZ, 2018).

Figura 19: Ilustração da proteção contra a corrosão por efeito barreira.



Fonte: Blog Engenheiro de Materiais (2017)

Para a realização de um revestimento protetor, é necessária a limpeza dos materiais. As limpezas mais comuns são: A limpeza manual, executada com ferramentas manuais como escovas, lixas, raspadores, etc e a limpeza mecânica, executada com ferramentas mecanizadas, como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas, etc (PANNONI, 2011).

3.7.2 Inibidores

Os inibidores de corrosão são substâncias que em proporções adequadas no meio corrosivo reduz ou elimina a corrosão, esses elementos têm sido um dos melhores métodos para prevenir a corrosão (GENTIL, 2011).

Segundo Gentil (2011), na utilização dos inibidores é necessário levar em consideração noções de quatro conceitos importantes: motivo da corrosão do sistema, com finalidade de reconhecer os problemas a fim de solucionar com os inibidores; o próximo é o custo do uso dos inibidores; e por fim é necessário conhecer as propriedades e métodos dos inibidores, com o propósito de ter uma adequação dos inibidores.

Ainda segundo Gentil (2011), há diversas classificações de inibidores, quanto a composição e quanto ao comportamento. No que se refere à composição os inibidores podem ser orgânicos e inorgânicos. No que diz respeito ao comportamento podem ser oxidantes, não-

oxidantes, anódicos, catódicos e de adsorção. Conforme a Figura 20 mostra é possível identificar alguns inibidores contra corrosão.

Figura 20: Alguns exemplos de inibidores de corrosão.



Fonte: Autor (2021)

Para inibir ou retardar o processo corrosivo e aumentar a proteção contra a corrosão nas superfícies metálicas pode-se utilizar os inibidores de corrosão, onde é formado uma película protetora na superfície do metal protegendo-o assim contra os ataques corrosivos. Existem diversos tipos de inibidores de corrosão, conforme mostra a Figura 20.

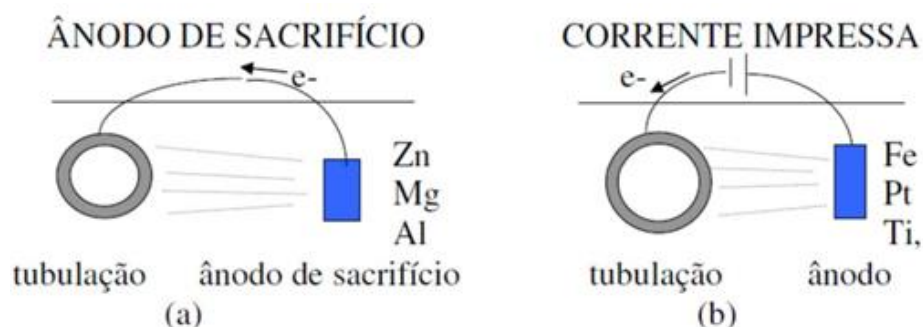
3.7.3 Proteção Catódica

De acordo com Callister (2008) a proteção catódica é um dos meios mais eficazes para a prevenção da corrosão, e é possível ser utilizada para prevenir quase todas as diversas tipos de corrosão, em alguns casos, impossibilita por inteiro a corrosão.

O funcionamento envolve, basicamente, fazer com que o material consiga eliminar por completo as regiões anódicas do material, induzindo a estrutura a assumir comportamento catódico. Têm-se dois métodos de proteção catódica, por ânodo de sacrifício e por corrente impressa.

No processo por ânodo de sacrifício há a geração de corrente devido às reações entre o metal que se deseja proteger e o metal de sacrifício, assim o metal de sacrifício irá se deteriorar enquanto, o outro continuará inerte. Já na proteção catódica por meio de uma corrente impressa, é gerado uma corrente elétrica pela força eletromotriz, assim fornecendo a energia necessária para a proteção da estrutura (GENTIL, 2011), como vemos na Figura 21.

Figura 21: Princípio de funcionamento da proteção catódica (a) por anodo de sacrifício (b) e por corrente impressa.



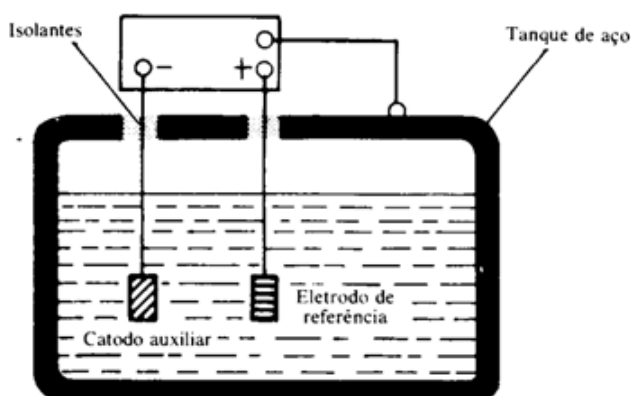
Fonte: Maggi (2016)

Essa técnica está sendo bastante utilizada no Brasil em instalações metálicas enterradas, submersas e em contato com eletrólito (GENTIL, 2011).

3.7.4 Proteção Anódica

A proteção anódica é caracterizada pela formação de uma película protetora nos materiais metálicos, por meio da aplicação de uma corrente anódica externa. A adição dessa corrente faz com que haja uma polarização anódica, ou seja, faz com que haja a passivação do material metálico (GENTIL, 1996). A Figura 22 exibe o esquema do sistema de proteção anódica, que não é muito utilizado em nosso país, pois dentre os motivos, é devido o Brasil ter uma força elétrica inconstante, causando assim, a falta de energia constantemente.

Figura 22: Esquema de sistema de proteção anódica de um tanque de armazenamento de ácido sulfúrico.



Fonte: Gentil (1996)

3.7.5 Tintas

Conforme Oliveira (2012) a tinta é o método mais comum e utilizado no combate à corrosão pelo preço não ser elevado e a facilidade de aplicação. É um revestimento não metálico de natureza orgânica. A tinta quando aplicada sobre a superfície de um material passa por um método de secagem se tornando um filme sólido de espessura bem fina, em que é esperado: impermeabilidade, aderência e flexibilidade. (FRAUCHES-SANTOS, et al. 2013)

Segundo a definição da norma NBR 15156, que menciona sobre pinturas industriais, a tinta é um produto líquido, pastoso ou em pó, com propriedades de formar película após secagem ou cura, composto por uma mistura formada de resinas, pigmentos, solventes, cargas e aditivos.

De acordo com Oliveira (2012) o conjunto de operações que são executadas para a aplicação de um revestimento à base de tintas, envolvendo desde o preparo e o condicionamento da superfície até o aplicamento de tinta propriamente dito, no acabamento final. Vários métodos têm sido propostos para a limpeza da superfície; eles são muito bem descritos na Norma ISO 8501-1 (PANNONI, 2011).

Segundo Gentil (2003) é importante que seja feita a limpeza da superfície, ou seja, a remoção de todo o material como, graxas, óleos, poeira, fuligem, umidade, restos de tinta e entre outras, antes da aplicação da tinta. As limpezas mais comuns são: A limpeza manual, executada com ferramentas manuais como escovas, lixas, raspadores, etc e a limpeza mecânica, executada com ferramentas mecanizadas, como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas, etc (PANNONI, 2011).

Ainda segundo Gentil (2011) deve-se seguir a ordem de aplicação das tintas, a tinta primer deve ser aplicada primeiramente, aplicada diretamente no substrato, apresenta em sua composição pigmentos anticorrosivos. Em seguida é feita a pintura com a tinta intermediária, costumam utilizar essas tintas para aumentar a espessura do revestimento, tendo como objetivo melhorar as características de proteção por barreira do mesmo. Essa tinta é criada com alto teor de sólido para que possa apresentar altas espessuras por demão. Por fim, conforme Magnan (2011) e a terceira, a tinta de acabamento, que ficará em contato com o meio corrosivo, por isso sua maior função é proporcionar resistências contra o ataque corrosivo e deve-se levar em consideração a função estética em vários tipos de casos.

3.7.6 Modificação do meio

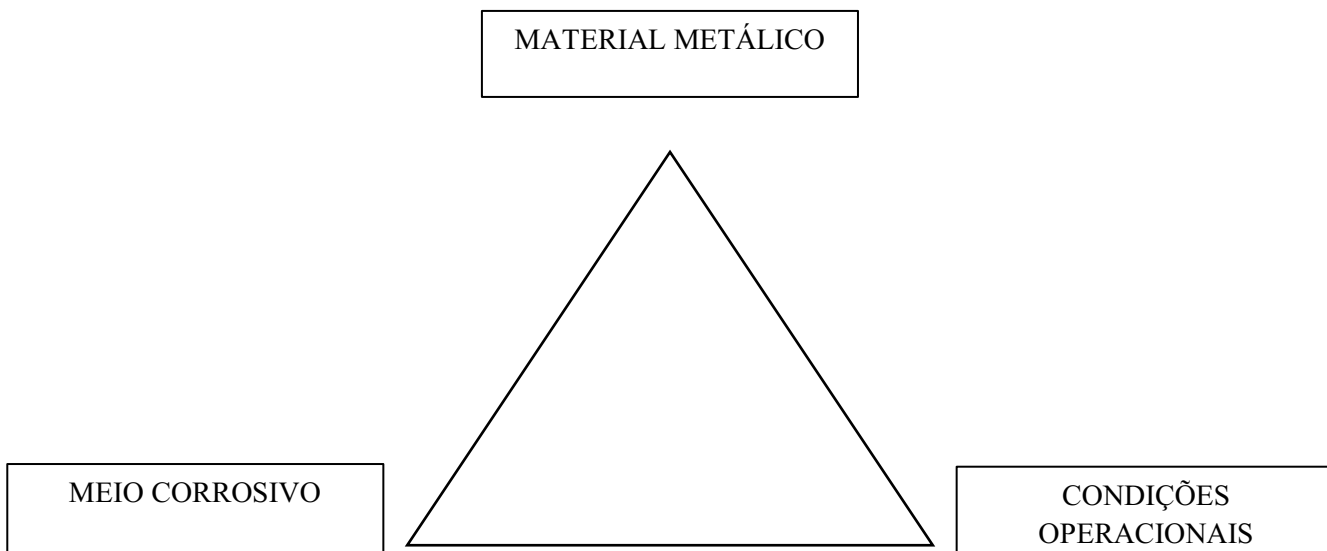
Florido e Freire (2016) afirma que o fenômeno corrosivo pode ser evitado por meio da manipulação do pH e da desaeração, tendo em vista que o pH controlado favorece a passivação dos metais enquanto a diminuição do oxigênio do meio provoca a polarização catódica, fazendo com que diminua a intensidade do fenômeno corrosivo. De acordo com Mainier (2006):

A desaeração consiste na retirada de oxigênio do meio, sendo este um agente despolarizante, com a sua retirada favorece-se a polarização catódica com a consequente diminuição da intensidade do processo corrosivo. Os processos de retirada de oxigênio podem ser químicos ou mecânicos. O processo químico é realizado pelos agentes sequestradores de oxigênio, enquanto que a retirada através do processo mecânico é feita com a desaeração por arraste do oxigênio por outro gás, comumente vapor de água, ou em câmara de vácuo onde a decompressão propicia a saída de gases.

3.8 TRIÂNGULO DA CORROSÃO

O triângulo de corrosão corresponde, basicamente, pelo desempenho junto do meio corrosivo, material e condições operacionais nos quais tais materiais encontram-se expostos, como é evidenciado na Figura 23. Com base nesses três parâmetros, faz-se possível o diagnóstico e tratamento a fim de diminuir ou até mesmo extinguir possíveis deteriorações do equipamento, bem como a seleção do material mais apropriado para se utilizar.

Figura 23: Triângulo de corrosão.



Fonte: Autor (2021)

Segundo Gentil (2011), a existência do triângulo de corrosão é justificada devido a existência de três elementos fundamentais, sendo eles o material metálico, o meio corrosivo e

as condições operacionais. Ainda segundo Gentil (2011) devem ser consideradas dentre essas variáveis:

- Material metálico – composição química, presença de impurezas, processo de obtenção, tratamentos térmicos e mecânicos, estados da superfície, forma, união de materiais (solda, rebites, etc), contato com outros metais;
- Meio corrosivo – composição química, concentração, impurezas, pH, temperatura, teor de oxigênio, pressão, sólidos suspensos;
- Condições operacionais – solicitações mecânicas, movimento relativo entre material metálico e meio, condições de imersão no meio (total ou parcial), meios de proteção contra a corrosão, operação contínua ou intermitente.

3. 9 FATORES QUE INFLUENCIAM NA CORROSÃO

3.9.1 Meio corrosivo

A corrosão está diretamente ligada ao meio em que se encontra o material, pois a mesma depende essencialmente das condições do meio eletrólito (OLIVEIRA, 2012).

3.9.2 pH

Segundo Maia *et al.* (2015) afirma que quanto mais ácido o ambiente, maior a velocidade de oxidação das estruturas metálicas. É possível, por exemplo, representar as reações de oxirredução para a corrosão do Ferro, da maneira das reações (10) e (11):

Redução de O_2 por ação dos íons hidrogênio:

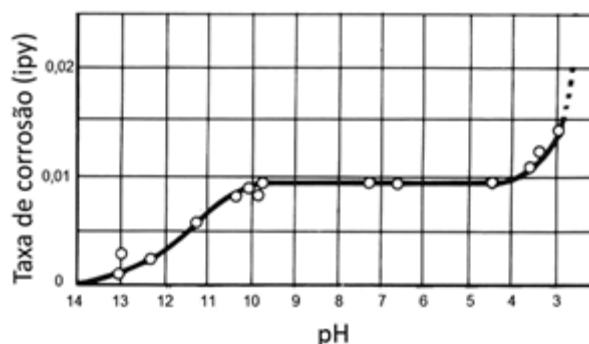


Oxidação dos íons metálicos:



Podemos verificar na Figura 24 o efeito da acidez na velocidade de corrosão do ferro, em água aerada e em temperatura ambiente.

Figura 24: Correlação entre o pH e a taxa de corrosão do ferro



Fonte: Gentil (2011)

Segundo Maia *et al.* (2015), quando existem pHs com valores abaixo de 4, percebe-se uma interferência gradativamente positiva (aumento da corrosão). E quando apresenta os valores de pHs são maiores que 10, esse aumento mais acentuado da alcalinidade do meio diminui, pelo fato do ferro se tornar passivo na presença de álcalis e oxigênio dissolvido.

3.9.3 Umidade relativa

Segundo Arruda (2009), a influência da umidade no processo corrosivo da atmosfera é acentuada, visto que sabe-se o ferro em atmosfera com umidade relativa – UR baixa de fato não sofre corrosão.

De acordo com Helene (1986), pode-se classificar o ar como:

- Seco: $UR < 30\%$;
- Normal: $50\% < UR < 60\%$;
- Úmido: $80\% < UR < 90\%$;
- Saturado: $UR = 100\%$.

A corrosão é ainda mais acelerada se, juntamente com a umidade relativa do ar, existir a presença de substâncias poluentes (GENTIL, 2011).

3.9.4 Poluente

De acordo com Arruda (2009), sob a forma de poeiras, as partículas sólidas tornam a atmosfera mais corrosiva, por conta da deposição de material não metálico como a sílica, ainda que não atacando diretamente o material metálico, gera condições de aeração diferencial, condicionando na corrosão localizada embaixo do depósito.

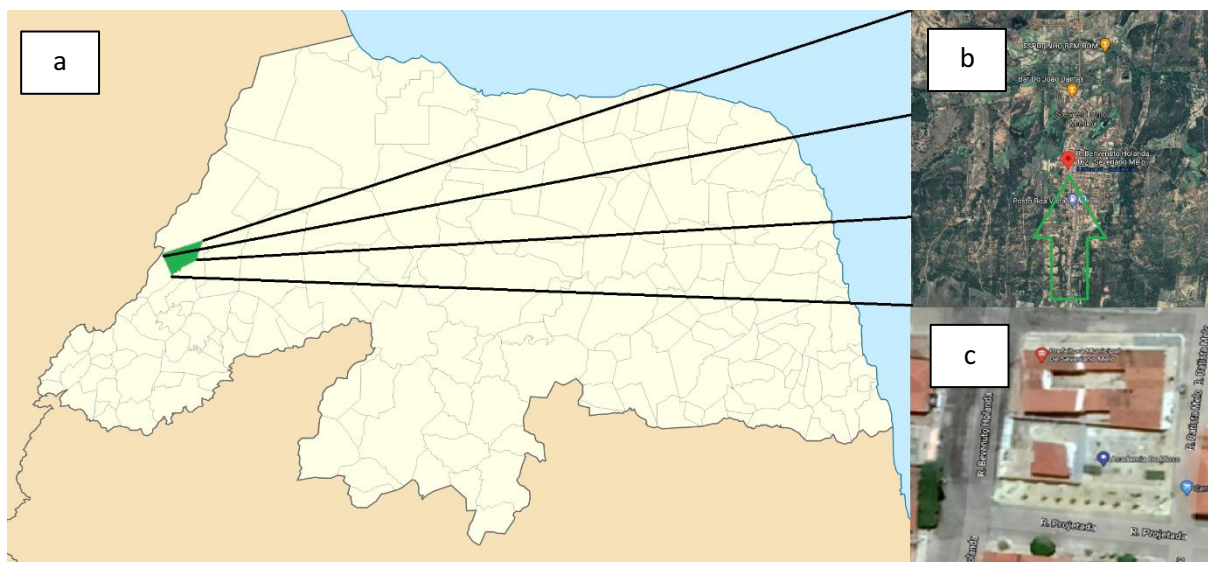
Os poluentes mais evidenciados ou os mais importantes são o dióxido de enxofre (SO_2), os vários óxidos de nitrogênio (NO_x), os cloretos e as poeiras que se depositam sobre a superfície metálica (PANNONI, 2007).

Do ponto de vista da corrosão, os cloretos (presentes especialmente nas regiões marinhas) e o SO_2 (proveniente da combustão de combustíveis fósseis, como o carvão, e de atividade vulcânica) são as espécies mais importantes. O SO_2 é o responsável pelas chuvas ácidas, porque forma, reagindo com a água, ácido sulfuroso (H_2SO_3) ou ainda, em contato com a água e o oxigênio (na presença de catalisadores como os íons ferrosos), ácido sulfúrico (H_2SO_4) (PANNONI, 2007, p. 21).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Academia da Saúde, localizada na Praça da Terceira idade Raimunda Sergina Delmiro no bairro Centro (Figura 25), no município de Severiano Melo/RN, nomeada e inaugurada em 2011, pelo projeto de lei N°4.320/64, destinado a “Implantação de Academias ao Ar Livre no Município de Severiano Melo - RN” (Figura 26).

Figura 25: Mapa de localização da área de estudo (a) Localização da cidade de Severiano Melo, no estado do Rio Grande do Norte; (b) Localização da praça na cidade e (c) A praça Raimunda Sergina Delmiro.



Fonte: Autor (2021).

Figura 26: Praça Raimundo Sergina Delmiro



Fonte: Autor (2021)

4.1 Procedimentos Metodológicos

Para a presente pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica em periódicos, artigos, teses, dissertações e livros, sobre os conceitos e tipos de corrosão, assim como um estudo para se obter um maior entendimento e identificação do material metálico a ser trabalhado. Foi realizado um estudo acerca da corrosão nos equipamentos da academia de saúde localizada no município de Severiano Melo – RN.

Para a coleta de dados foram realizadas observações diretas em que “o pesquisador sai a campo e observa diretamente o consumidor utilizando o produto” (ROZENFELD, 2006); registros fotográficos para documentar e identificar os possíveis agentes causadores e foram feitas visitas *in situ*.

Inicialmente, buscou-se fazer um paralelo entre a revisão bibliográfica em conjunto com o estudo de caso. O mesmo foi realizado na academia de saúde localizada no município de Severiano Melo – RN, durante alguns meses de acompanhamento da problemática da corrosão.

Para ter conhecimento dos casos de corrosão presente nas estruturas, foram realizadas visitas *in situ* e registros fotográficos dos equipamentos para documentar e identificar os possíveis agentes causadores.

Em seguida, a Figura 27 apresenta um fluxograma com os procedimentos metodológicos para melhor entendimento das etapas.

Figura 27: Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Autor (2021)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas visitas técnicas com o intuito de registrar as manifestações nos equipamentos. No método da investigação dos componentes que constituem a Academia da Saúde no bairro Centro, constatou-se que a maior parte são aparelhos metálicos, tendo ênfase a academia ao ar livre. Oliveira (2012, p. 16) afirma que a corrosão é uma forma de degradação do metal. É um método que avança por entre o material até sua perda total. Nessa fase de compreensão, o primeiro passo é encontrar e indagar os tipos e formas de corrosão, desde o aspecto microscópico até sua mostra a olho nu.

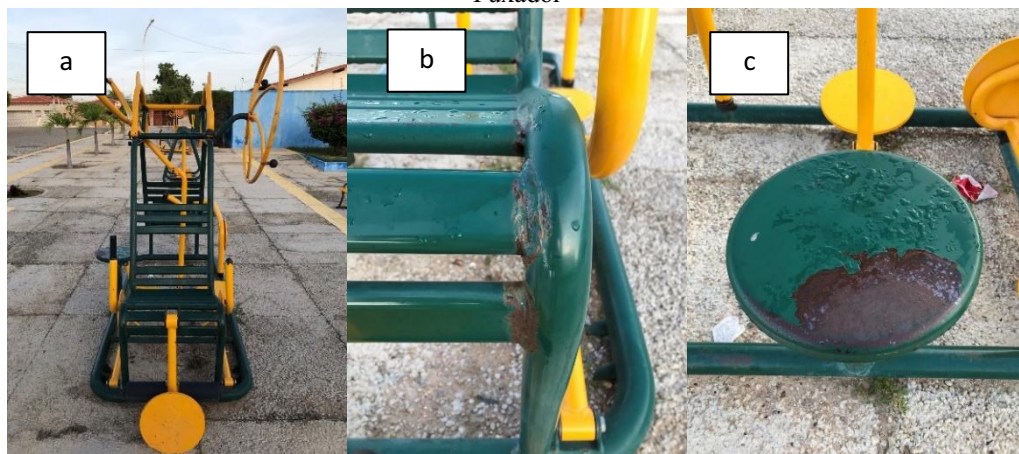
5.1 Multiexercitador Seis Funções

O aparelho teve como objetivo melhorar a resistência muscular e fortalecer os membros superiores, inferiores e tronco. Alongar e relaxar os ombros. Com diversas funções como: 1)Flexor de pernas; 2)Extensor de pernas; 3)Supino reto sentado; 4)Desenvolvimento superior; 5) Rotação vertical individual e 6)Puxada alta. A sua estrutura principal é fixada ao chão com tubos redondos, cadeira acento e encosto de tubo oblongo para maior conforto do usuário (Figura 28 (a)).

O multiexercitador seis funções apresentam, no mínimo, dois tipos de corrosão: corrosão uniforme, observa-se o óxido formado por toda a região do aparelho, e também corrosão em torno de cordão de solda, visto que devido a temperatura empregada no processo de soldagem compromete a estrutura do material, muitas vezes acarretando em mudanças na composição do metal ou fragilizando algumas regiões e favorecendo o ataque corrosivo. O aparelho está sujeito a condições atmosféricas, tendo como o meio corrosivo o ar. Serra (2014) afirma que o mecanismo da corrosão neste caso é eletroquímico.

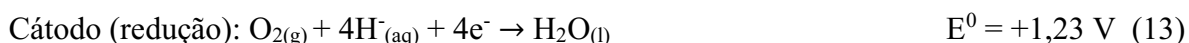
Neste caso, deve-se levar em consideração também os fatores climáticos como a temperatura e a incidência do sol. A presença de umidade no ambiente é evidenciada de acordo com a Figura 28 (c), pela presença de gotas de água na superfície, decorrente das chuvas na região. Devido a mudança climática (chuva e sol), acabou formando uma pilha por aeração diferencial tendo, portanto, a corrosão por aeração diferencial. ABRACO (2007) afirma que a pilha é formada por concentrações diferentes de oxigênio, como é representada na Figura 28.

Figura 28: Aparelho completo a) Multiexercitador Seis Funções; b) Assento da Extensora e c) Assento do Puxador



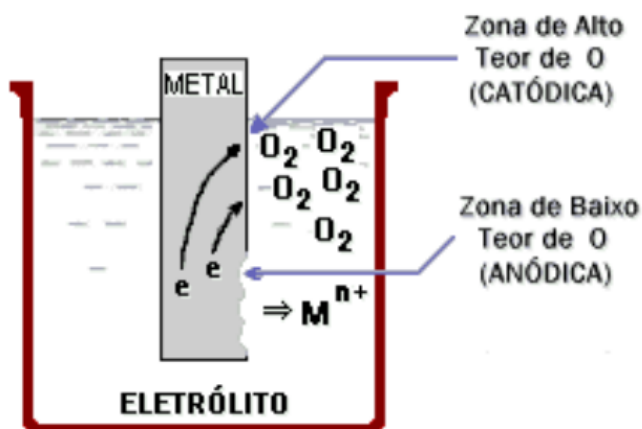
Fonte: Autor (2021)

De acordo com Gentil (1996) as reações que ocorrem na corrosão por aeração diferencial são:



Diante disso, os processos corrosivos caracterizam-se como espontâneos ($\Delta E > 0$), acontecendo naturalmente porque a diferença de energia é positiva.

Figura 29: Representação da pilha de aeração diferencial



Fonte: ABRACO (2007)

No multiexercitador seis funções foi constatado que o equipamento não foi atingido a ponto de comprometer o seu uso, tendo em vista que a base que sustenta o equipamento não está tão comprometida. Deve ser seguido os quatro passos que foram apresentados no item

3.7.5.

- Limpeza;
- Aplicação de tinta de fundo ou primer;
- Aplicação da pintura intermediária;
- Pintura de Acabamento.

Tal procedimento minimizaria a velocidade de corrosão para este caso observado.

5.2 Simulador de Caminhada Duplo

A Figura 30 apresenta um simulador de caminhada duplo, aparelho utilizado para melhorar a capacidade cardiorrespiratória e cardiovascular, equilíbrio e a resistência muscular dos membros inferiores, fabricado com tubos e chapas para fixação do equipamento e uma chapa para apoio de pé. É perceptível no aparelho a presença da corrosão uniforme em partes de sua superfície metálica. É sabido que o meio é o principal fator para a ocorrência do processo corrosivo. Diante disso, nota-se que os aparelhos estão expostos diretamente às condições atmosféricas, sol, precipitações pluviométricas e como há interação do oxigênio com o metal, o processo caracteriza-se como corrosão eletroquímica.

Além disso ficou evidenciado que o bastão onde colocam-se as mãos corroído devido o suor, que segundo Gnecco (2003) o suor é um líquido produzido pelas glândulas sudoríparas, com pH entre 4,5 e 7,5 eliminado através dos poros da pele. Contém água, gorduras, ácidos e sais. O toque das mãos em superfícies a serem pintadas produz manchas que causam bolhas nas tintas e aceleram a corrosão (GNECCO, 2003).

De acordo com as reações (8) e (9), o suor é extremamente responsável pelo processo corrosivo no bastão pelo fato de ser uma reação espontânea basta pequenas quantidades de Cl^- para acarretar grandes processos corrosivos como é evidenciado na Figura 30 (d).

Figura 30: Aparelho completo a) Simulador de Caminhada Duplo, b)Tubo c)Chapa de apoio de pé, d)Bastão para apoio das mãos.

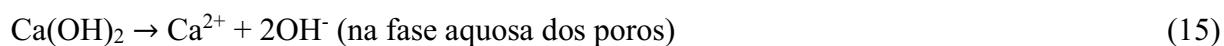


Fonte: Autor (2021)

E como pôde ser observado na Figura 30 (a) a base do equipamento que está em contato com o cimento está bastante corroída, isso acontece devido vários fatores: detritos, sujeira, água empossada e até mesmo por tensão aplicada. Neste caso, percebe-se que ocorre a primeira etapa do processo de carbonatação, segundo a representação da Equação (14).



O gás carbônico atmosférico dissolve-se na água contida nos poros do concreto e desencadeia a reação com os elementos alcalinos presentes (Equações 15,16 e 17).





Como no caso anterior, nessa situação uma forma de proteção é o revestimento orgânico que deve seguir as quatro etapas explicadas anteriormente. Em vista disso, a tinta impedirá a penetração do Oxigênio, impedindo assim a oxidação do Ferro. Na parte da base e do bastão de apoio para as mãos, além do revestimento orgânico, uma outra forma de proteção é inserir componentes poliméricos.

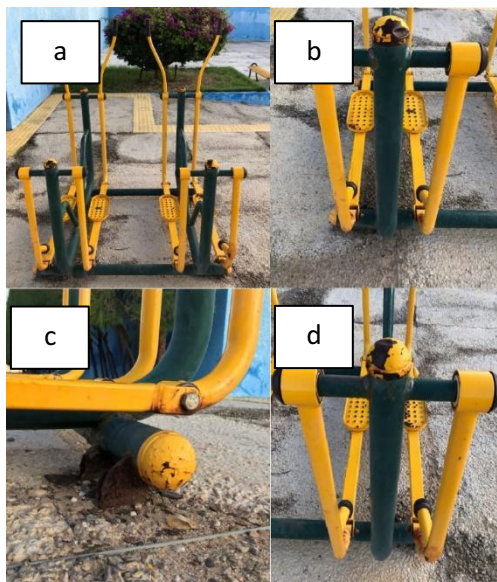
5.3 Esqui Duplo

O aparelho de Esqui Duplo representado na Figura 31, utilizado para melhorar a capacidade cardiorrespiratória e cardiovascular, equilíbrio e coordenação motora, fabricado com tubos, chapa para ponto de fixação do equipamento, barra chata e pinos, apresenta corrosão uniforme em partes de sua superfície, em torno de cordão de solda e por placas, que é caracterizada pelo desprendimento de pequenas placas ao longo do metal como é mostrado na Figura 31 (c).

Com relação ao aparelho de Esqui Duplo, as condições operacionais deste caso são oriundos dos esforços mecânicos (proveniente do uso contínuo desses aparelhos nas atividades físicas), a exposição à chuva, ventos e diferença de temperatura. E como no caso anterior, a base do equipamento que está em contato com o cimento está bastante corroída, isso acontece por causa de vários fatores: detritos, sujeira, água empossada e até mesmo por tensão aplicada.

Na Figura 31 (c) o Ferro em contato com o cimento novamente provoca o processo de carbonatação, decorrente das reações (15), (16) e (17).

Figura 31: Esqui Duplo (a)Esqui Duplo Completo; (b)Esqui duplo lado esquerdo; (c) Base do equipamento; (d)Esqui duplo lado direito



Fonte: Autor (2021)

Mediante isto, existe a necessidade da troca da base que sustenta o aparelho devido ao seu estado, sendo assim é necessária a substituição da peça. Com relação ao aparelho em si, deve ser efetuado o passo a passo para realizar o revestimento do material por meio de uma tinta que tenha em sua formulação material mais reativo. Além disso, pôde-se inserir bases poliméricas para evitar o contato entre o metal e o cimento.

5.4 Pressão de Pernas Duplo

O aparelho de Pressão de Pernas Duplos (Figura 32), utilizado para aumentar a resistência muscular e fortalecer os membros inferiores, fabricado com tubos, chapas para reforço de estrutura do equipamento e banco e encosto, apresenta processo corrosivo no equipamento de no estado inicial como mostra a Figura 32 (a). Nota-se a corrosão uniforme na base e nos parafusos para fixação da peça e em algumas partes do equipamento. O mecanismo corrosivo neste e na maioria dos casos é eletroquímico, pois a corrosão acontece por meio de reações redox, troca de elétrons, o Ferro reage com o Oxigênio atmosférico, gerando o Óxido de Ferro.

Na Figura 32 (b) é decorrente dos esforços mecânicos causados pela prática da atividade física, acontecendo o rompimento da camada protetora desencadeando o processo corrosivo no metal.

Na Figura 32 (c) nota-se o processo corrosivo na base do equipamento em contato com o cimento evidenciando novamente o processo de carbonatação de acordo com as reações (15),(16) e (17). Na Figura 32 (d) o processo corrosivo ocorre devido os usuários utilizarem as laterais do assento como apoio ao realizar as atividades físicas, sendo assim a presença do suor nas mãos dos usuários faz com que ocorra o processo de corrosão, como é evidenciado nas reações (8) e (9).

Figura 32: Pressão de Pernas Duplo (a) Aparelho completo; (b)Tubos; (c)Base do Aparelho; (d)Assento lado esquerdo.



Fonte: Autor (2021)

Para o equipamento de Pressão de Pernas Duplo é possível utilizar o processo de revestimento orgânico utilizado anteriormente. Desta forma, a penetração do Oxigênio será impedida.

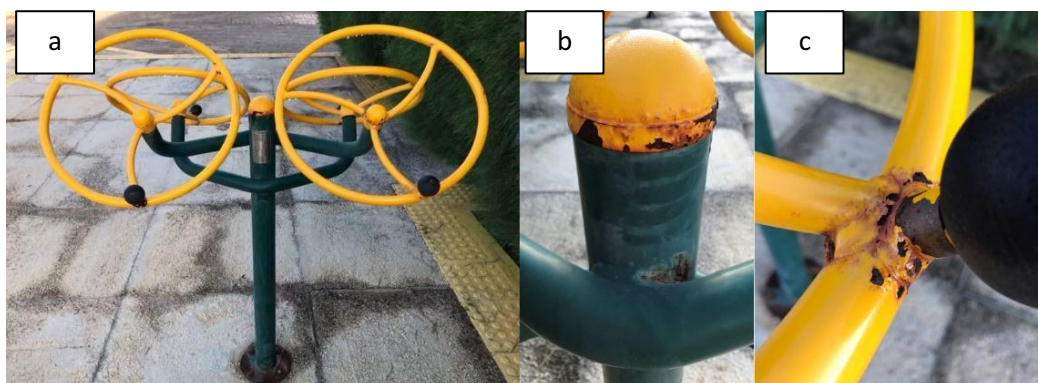
5.5 Rotação Diagonal Dupla

No equipamento de Rotação Diagonal Dupla, utilizado para melhorar a flexibilidade e mobilidade da articulação dos ombros, fabricado com tubos, chapas para reforço de estrutura e pinos, como é exposto na Figura 33, constata-se corrosão em torno de cordão de solda e por empolamento de hidrogênio, que segundo Gentil (2011) o hidrogênio atômico penetra no material metálico difundindo-se rapidamente, se transformando em hidrogênio molecular, H_2 , fornecendo pressão provocando assim a formação de bolhas.

Nesta situação, a exposição do aparelho de rotação diagonal dupla às ações intempéries acarreta no aumento da velocidade da corrosão. Na Figura 33 (a) verifica-se que ocorre a

carbonatação, segundo a representação das reações (15), (16) e (17). A Figura 33 (b) apresenta dois tipos de corrosão, sendo eles a corrosão por empolamento de hidrogênio, que é devido a penetração do hidrogênio atômico no material metálico e a corrosão em torno de cordão de solda, ocasionada pelas altas temperaturas no processo de soldagem, dando origem a um processo natural destruidor em contato com o meio. E na Figura 33 (c) demonstra corrosão em torno do cordão de solda, devido às diferentes concentrações de íons de ferro (Fe).

Figura 33: Rotação Diagonal Dupla (a) Aparelho completo; b) Tubo e c) Tubo Redondo



Fonte: Autor (2021)

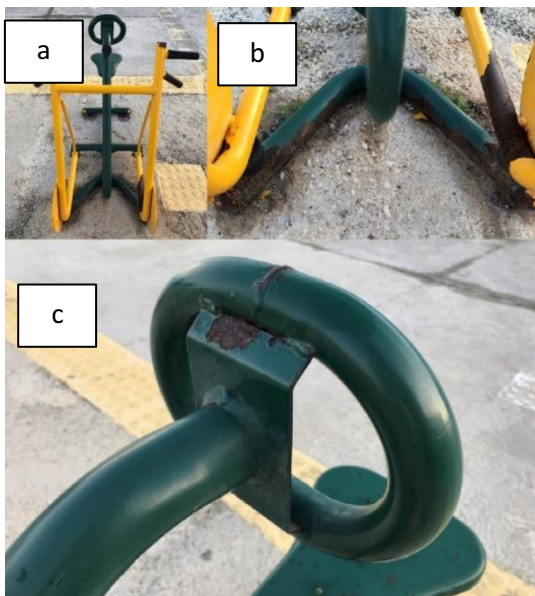
Para o aparelho de rotação diagonal dupla, a primeira providência é utilizar um revestimento de tinta anticorrosiva, onde deve-se seguir os passos descritos no item 3.7.5. Recomenda-se a aplicação de base polimérica.

5.6 Remada

Na Figura 34, o aparelho de Remada, utilizada para aumentar a resistência muscular das costas, fabricado com tubos, barra chata e chapas, apresenta a corrosão uniforme, que tem como característica a perda homogênea de espessura em toda a superfície do material. Desse modo, a exposição do equipamento de ferro às condições atmosféricas como chuva, sol e o contato direto com o solo colaborou são fatores adequados à corrosão.

No caso da corrosão na base de sustentação do equipamento ocorreu devido às impurezas depositadas que absorvem e retêm a água (folhas, tecidos, papel etc.) promovendo a formação da pilha de aeração diferencial (Equações 12 e 13) que são causadas pela diferença no nível de oxigenação do eletrólito, causando grandes estragos.

Figura 34: Aparelho de remada (a) Aparelho completo; (b) Base do aparelho; (c) Região de apoio



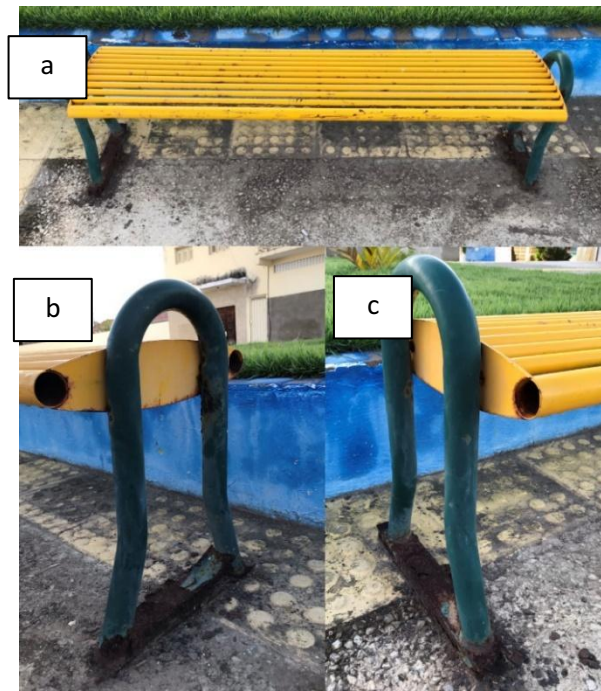
Fonte: Autor (2021)

Neste caso com relação ao equipamento deve ser feito o processo de revestimento orgânico, seguindo todas as etapas. E com relação a base do equipamento, a corrosão se encontra em um processo bastante avançado, sendo necessário a substituição completa do aparelho.

5.7 Bancos da praça

As Figura 35 e Figura 36 apresentam bancos, fabricados com tubos, chapas e metalão, onde as pessoas que praticam atividade física utilizam para descansar após a realização das atividades. É possível identificar a degradação do material metálico através da corrosão. Percebe-se que há corrosão uniforme e corrosão por esfoliação na base de sustentação dos bancos. Na Figura 36 pode-se observar que o ataque corrosivo foi tão intenso que houve perda do material que compõe o banco.

Figura 35: Banco (a) Banco da praça; (b) Lateral direita do banco; (c) Lateral esquerda do banco

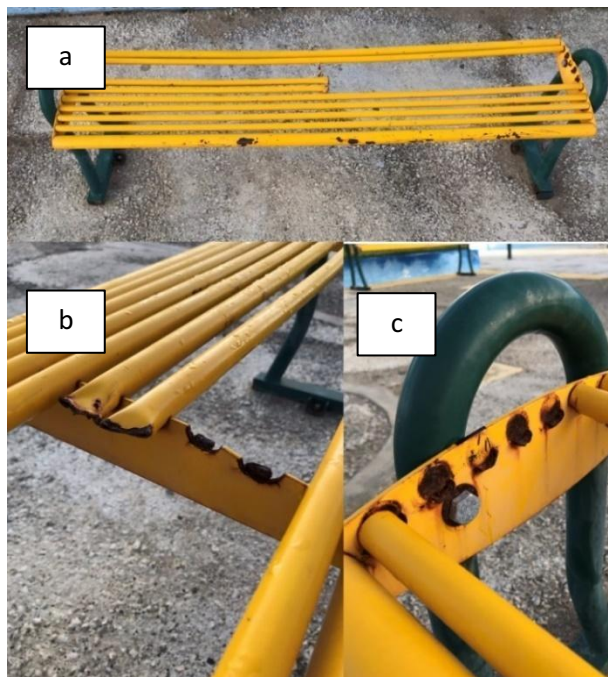


Autor: 2021

Este fato pode ser explicado, pela exposição dos bancos com o ambiente atmosférico, ocorrendo trocas entre o metal (Ferro) e meio, de acordo com as reações (10) e (11). Além disso, há a exposição a intempéries (chuva, sol, diferença de temperatura etc.), ocasionando uma susceptibilidade do metal a ruptura.

Comparando os bancos das Figura 35 e Figura 36 nota-se que a corrosão na base e laterais do banco da Figura 35 está em um processo tão avançado de corrosão, tal processo foi causado pela exposição dos materiais metálicos à ação de intempéries climáticas e pelo acúmulo de água naquela área da praça, comprometendo o seu uso. No caso do banco da Figura 36, apresenta-se o banco com partes completamente deterioradas, com perda do material, decorrente do mau uso, de uma maior tensão solicitada por conta do peso e da exposição ao sol e chuva.

Figura 36: Banco da praça (a) Vista de cima do banco; (b) Assento com perdas de material; (c) Lateral direita do banco



Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, recomenda-se que os bancos sejam substituídos por bancos galvanizados, pois não exercem mais suas devidas funções adequadamente. Levando em conta que para todos os casos deve-se realizar manutenções periódicas com o intuito de preservar e proteger o material.

A partir do conhecimento do triângulo de corrosão, foi possível propor as soluções discutidas em todos os materiais analisado, utilizando materiais mais resistente e reforçados com superfícies protetoras e anticorrosiva, e manutenção periódica, renovando periodicamente a pintura dos equipamentos.

Com o intuito de resumir o material mais encontrado, tipos de corrosão e a solução para o problema encontrado, anexou-se a Tabela 2.

Tabela 2: Resumo dos resultados

MATERIAL METÁLICO	TIPO DE CORROSÃO	SOLUÇÃO
Estruturas Metálicas	Uniforme; em torno de cordão de solda; alveolar; esfoliação; por placas; por aeração diferencial;	Pintura; Inibidores; Revestimento Orgânico.

Fonte: Autor (2021)

6. CONCLUSÃO

A partir do presente trabalho foi possível constatar que a praça Raimunda Sergina Delmiro no município de Severiano Melo apresenta inúmeros casos de corrosão, como uniforme, em torno de cordão de solda, por esfoliação, por aeração diferencial e por placas nos aparelhos da academia da saúde, onde foram detectados, investigado a sua origem, feita a classificação quanto a sua caracterização e uma listagem de técnicas aplicáveis para proteção e tratamento.

Pôde-se constatar que os desgastes em toda a academia ao ar livre foram causados, por fenômenos intempéries, como a chuva, os raios do sol, detritos, umidade, mudança de temperatura e a presença dos sais no suor das mãos.

Diversos equipamentos da praça apresentam-se em estado de deterioração completo ou parcial, como evidenciado no capítulo 5, devido ao processo corrosivo. Com esse estudo foi possível conhecer o meio, o metal e as condições operacionais que levaram à corrosão. A partir do conhecimento desses três parâmetros, construiu-se o triângulo de corrosão e, feito um levantamento de métodos de proteção e tratamento destes equipamentos, conseguiu-se sugerir algumas técnicas de reparo ou substituição do material.

Para trabalhos futuros e, conseqüente aperfeiçoamento deste estudo, sugere-se a realização da caracterização da perda de massa do material através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise qualitativa e quantitativa dos metais, a fim de quantificar a perda do material, no caso de perda uniforme, é sugerido realizar o cálculo da taxa de penetração de corrosão (TPC), para obtenção de dados da perda de massa. Ainda fica como sugestão para novos estudos ensaios sobre as propriedades do solo, a topografia da área e testes para avaliar a carbonatação do concreto em contato com o material metálico.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR **Primeira edição Válida a partir de Pintura industrial Terminologia Industrial paint Terminology** Palavra-chave: Descriptor: Pintura. Painting. ICS Número de referência 8 páginas ABNT 200

ARAVANTIS, A. L. “**Análise Comparativa da Eficiência da Polianilina na Tinta para Proteção Contra Corrosão e Uso Industrial**”. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ARRUDA, E. A. de F. **Estudo comparativo do processo corrosivo do aço patinável e do aço carbono comum**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

CALLISTER JR., W.D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**. 2.ed. Goiânia: PINI e UFG, 1997. 237 p.

DIXON. C. “**A Importância dos Espaços Públicos: Uma Introdução**”, 2014. Disponível em < <http://rioonwatch.org.br/?p=10766> >, Acessado em 19/04/2021.

EMIDIO, G. **INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MARINHA SOBRE CHAPAS DE AÇO REVESTIDAS**. 2018. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Balneário Camboriú, 2018.

FERNANDES, V. K. **As formas de corrosão**. Engenheiro de Materiais, Santa Catarina, 26 de abril de 2017. Disponível em: <https://engenheirodemateriais.com.br/2017/04/26/as-formas-de-corrosao/> Acesso em: 14/02/2021

FINAMORE, D. J. **Avaliação da corrosão uniforme e puntiforme em meio aquoso aerado utilizando a técnica de cupons de perda de massa** / Dilhermando José Finamore. – Campos dos Goytacazes, 2016. xxi, 120 f. : il. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados. Campos dos Goytacazes, 2016

FLEURY, L. **Ações para proteção contra corrosão**. 2010. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/src/uploads/2015/11/Revista-corrosao-e-protecao-32.pdf>.

FLORIDO, W. L.; FREIRE, A. S. **Controle da corrosão nos dutos da indústria do petróleo**. Dissertação (curso superior de tecnologia em manutenção industrial) - Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2016.

FOGAÇA, J. R. V. “**Tipos de Corrosão**”; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>.

FRAUCHES-SANTOS, C. et al. A corrosão e os agentes anticorrosivos. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p.293-309, abr. 2014.

FRAUCHES-SANTOS, C. et al. The Corrosion and the Anticorrosion Agents. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.310-322, 2014A.

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do Desempenho de Inibidores de Corrosão em Armaduras de Concreto**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciências dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2011.

GNECCO, C. **Tratamento de superfície e pintura** / Celso Gnecco, Roberto Mariano, Fernando Fernandes. -- Rio de Janeiro: IBS/SBCA, 2003. 94 p.; 29cm. -- (Série Manual de Construção em Aço) Acesso em: 14/05/2021.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. 1. edição. São Paulo-SP, 1993. 231 p. Tese. Universidade de São Paulo.

IPQ – INSTITUTO PORTUGUES DE QUALIDADE. ISO 8501-1: **Graus de oxidação e de preparação de substratos de aço não pintados e de substratos de aço depois de totalmente decapados de revestimentos anteriores**. PORTUGAL: ABNT, 2011

ITM, São Paulo: Nexa Resources Promove Batalha Da Galvanização. **IN THE MINE**, [s.i.], 21 de set. 2020. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/nexa-resources-promove-batalha-da-galvanizacao/> Acessado em: 23/04/2021

LUCENA, R. Reparos prometidos pelo Dnit/RN não saem do papel. **Tribuna do Norte**, [s.i.], 04 jan. 2013. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/reparos-prometidos-pelo-dnit-rn-nao-saem-do-papel/240412>. Acessado em: 23/04/2021

LUZ, E. G. da. **MONITORAMENTO DA CORROSÃO NO AÇO CARBONO SAE 1020, AÇO GALVANIZADO, ALUMÍNIO E COBRE, CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS SERRANAS E LITORÂNEAS DE SANTA CATARINA**. Orientador: Aline Vieira de Souza. 2018. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 10/12/2018.

MAGNAN, M. de C. **“Pintura na Proteção Anticorrosiva”**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2011.

MAIA, D. J.; SCATIGNO, A. C.; SEGRE, N.; STELLA, M. B. **Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro**. Química nova: São Paulo, Vol. 37, Nº 1, p. 71-75, fevereiro de 2015.

MANUAL WEQ – **Treinamento, Desenvolvimento Tecnológico T-12**. Pinturas Industriais Líquidas.

MERCON, F.; GUIMARÃES, P.I.C.; MAINER, F.B. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Química Nova na Escola, n. 19, p. 11-14, 2004.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. **Corrosão: Um exemplo usual de**

fenômeno químico. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 19, n. 1, p.11-14, maio 2019.

MEIRA, G. R. **Corrosão de Armaduras em estruturas de concreto: fundamentos, diagnóstico e prevenção.** João Pessoa: Ifpb, 2017.

OLIVEIRA, A. R. **Corrosão e tratamento de superfície.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Belém, 2012.

OSTROSKI, V. C. **Avaliação da velocidade de corrosão nos equipamentos portuários.** REVISTA. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.848-880, 4 abr. 2019.

PANNONI, F. D. **Coletânea do uso do aço:** Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. Perfis Aço Minas. 4ª Ed. 2007.

PAGOTTO, J. F. **Métodos de proteção contra a corrosão de ligas metálicas.** 2013. Tese (Doutorado em Físico-Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. doi:10.11606/T.75.2013.tde-24022014-111216. Acesso em: 14/02/2021.

PEREIRA, A. P. **Resistência a corrosão de aços austeníticos utilizados em meio a glicerina ácida em uma planta de produção de biodiesel.** 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2013.

PINHO, F. O. Quando construir em aço? 2011.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado:** causas, mecanismos, prevenção e recuperação. 2006. Dissertação (Especialização em Avaliação e perícia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano** / Edna Possan – 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2010. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/arquivos-tecnicos/20.brasil.pt-BR.force.axd>>. Acessado em 01/02/2021.

REITHMAIER, L.; STERKENBURG, R. **Standard Aircraft Handbook for Mechanics and Technicians.** 7th Edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2014.

RIBEIRO, D. V. **Influência da adição da lama vermelha nas propriedades e na corrosibilidade do concreto armado** / Daniel Vêras Ribeiro. – São Carlos : UFSCar, 2010. 222 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2010.

RIBEIRO, D. V.; CUNHA, M. P. T. **Deterioração das estruturas de concreto armado,** In: RIBEIRO, D. V. Corrosão em estruturas de concreto armado. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014a. p. 37-50.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACRAMENTO, T. M. S.; **AÇÃO CORROSIVA DO EXTRATO DE AMOSTRAS DE AREIAS SOBRE VIGAS DE AÇO EMPREGADAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2018.

SANTOS, R. D. M., **“Investigação Da Corrosão Do Aço Carbono AISI 1020 Em Soluções De NaCl Utilizando Microscopia Óptica In Situ”.** São Carlos - SP: 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-graduação em Química

SERRA, E. T. **Corrosão e proteção dos materiais no solo.** 1ª Ed. rev. – Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

SILVA, R., & MONTEIRO, E. (2016). **Avaliação Do Desempenho De Impregnante Inibidor De Corrosão Aplicado Em Estruturas De Concreto Armado Sob A Ação De Íons Cloreto.** Revista De Engenharia E Pesquisa Aplicada, 2(1). <https://doi.org/10.25286/rep.v2i1.391>

TOLENTINO, N. M. **Processos Químicos Industriais:** Matérias-primas, técnicas de produção e métodos de controle de corrosão. São Paulo: Érica, 2015.