



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

RAYMUNDO GABRYEL SOARES RODRIGUES

**ANÁLISE DO PROCESSO CORROSIVO E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM
ESTRUTURA METÁLICA EM ACADEMIA AO AR LIVRE EM PAU DO FERROS
- RN**

**PAU DOS FERROS – RN
2022**

RAYMUNDO GABRYEL SOARES RODRIGUES

**ANÁLISE DO PROCESSO CORROSIVO E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM
ESTRUTURA METÁLICA EM ACADEMIA AO AR LIVRE EM PAU DO FERROS -
RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias

**PAU DOS FERROS – RN
2022**

© 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.

R696a Rodrigues, Raymundo Gabryel Soares .
Análise do processo corrosivo e suas
consequências em estrutura metálica em academia
ao ar livre em Pau dos Ferros/RN / Raymundo
Gabryel Soares Rodrigues. - 2022.
37 f. : il.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. corrosão eletroquímica. 2. equipamento de
academia. 3. aparelho de musculação. 4. patologia
em engenharia. I. Dias , Sanderlir Silva, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a). Biblioteca Campus Pau dos Ferros Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva CRB: 1115

**ANÁLISE DO PROCESSO CORROSIVO E SUAS CONSEQUÊNCIAS EM
ESTRUTURA METÁLICA EM ACADEMIA AO AR LIVRE EM PAU DO
FERROS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado à Universidade Federal Rural do
Semiárido – UFERSA, como requisito para
conclusão do Curso de Bacharelado
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, no
ano de 2022.

APROVADO EM: 25/11/2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias (Orientadora)

Dra. Arnayra Sonayra de Brito Silva Carreiro (1º Examinador)

Me. Marcelo Nascimento de Moraes Oliveira (2º Examinador)

AGRADECIMENTOS

Não há uma maneira de começar essa parte se não for agradecendo aos meus pais e meu irmão, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram. Quero agradecer a minha mãe, Francisca Vieira Soares Rodrigues e ao meu Pai, Damião Rodrigues de Abrantes que lutam diariamente, sacrificando muito da vida deles para poder me dar apoio nos estudos, sou profundamente grato a eles. E ao meu irmão Danilo Soares Rodrigues.

Por conseguinte, agradecer a professora Sanderlir Dias que aceitou ser minha orientadora e me guiou na escrita deste trabalho, será uma pessoa que levarei em pensamento em todos meus dias que lembrar de estudos.

Por fim agradecer a Deus por me dar saúde para lutar pelo que quero todos os dias e agradecer aos meus amigos Pedro, Erinaldo, Elson, Fernando, Guilherme, Vicente, Lucas Moreno, Lucas Henrique, Pablo, Tiago e Henrique Godim e Ana Júlia por estarem comigo nessa jornada e sempre estarem presentes quando precisei ou precisar. A UFERSA me deu amigos que levarei para o resto da vida.

RESUMO

A corrosão é uma das patologias mais comuns que os materiais metálicos podem sofrer, existindo mais de uma forma dessa ocorrer, isso variando de acordo com o meio ambiente e as condições que o material está exposto, de forma que o material dará evidências sobre os danos causados a este, para então se identificar qual tipo de corrosão estará afetando este. Está sendo identificada, há medidas que podem ser tomadas para combater este processo e é possível se prevenir desta patologia antes mesmo de ela se manifestar, seguindo passos técnicos que são indicados para a prevenção do processo corrosivo. O trabalho segue uma metodologia que consiste em pesquisas bibliográficas e a análise do local estudado, procurando com os conhecimentos obtidos sobre o processo corrosivo estabelecer medidas para a solução do problema. O local de estudo são as academias públicas da cidade de Pau dos Ferros – RN, principalmente a do Bairro São Geraldo, pois esta é a que apresenta maior dano por conta do processo corrosivo. Foi observado mais de um tipo de corrosão nos aparelhos, corrosão uniforme e por frestas, onde o principal fator para o surgimento destas foi pelo ambiente ao qual os aparelhos estão expostos, devido à exposição ao sol e as chuvas, tornando os aparelhos mais suscetíveis ao processo corrosivo. Nota-se claramente que esta é a menos utilizada das academias públicas devido as condições que seus aparelhos se encontram. Desta forma o trabalho sugere uma solução que possibilite a restauração de aparelhos e a preservação de novos instalados. O trabalho sugeriu também que a melhor solução em alguns casos é a troca dos aparelhos e processos que podem ser realizados para evitar a ocorrência do processo de corrosão.

Palavras-chave: Corrosão eletroquímica. Equipamento de academia. Aparelho de musculação. Patologia em engenharia.

ABSTRACT

Corrosion is one of the most common pathologies that metallic materials can suffer, and there is more than one way for this to occur, this varying according to the environment and the conditions to which the material is exposed, so that the material will give evidence of the damage. Caused to this one, in order to then then identify which type of corrosion will be affecting this one. It is being identified, there are measures that can be taken to combat this process and it is possible to prevent this pathology even before it manifests itself, following technical steps that are indicated for the prevention of the corrosive process. The work follows a methodology that consists of bibliographical research and the analysis of the studied place, seeking with the knowledge obtained about the corrosive process to establish measures for the solution of the problem. The place of study are the public gyms in the city of Pau dos Ferros – RN, mainly in Bairro São Geraldo, as this is the one that presents the greatest damage due to the corrosive process. Another type of corrosion was observed in the devices, uniform corrosion and crevices, where the main factor for the appearance of these was due to the environment to which the devices are exposed, due to exposure to the sun and rain, making the devices more susceptible to the process corrosive. It is clearly noted that this is the least used of the public gyms due to the conditions that their equipment is in. In this way, the work suggests a solution that allows the restoration of the devices and the prevention of new installations. The work also suggested that the best solution in some cases is to change the devices and process that can be performed to prevent the occurrence of the corrosion process.

.

Keywords: Corrosion electrochemistry. Gym equipment. Weight machine. Pathology in engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem esquemática de corrosão uniforme.....	13
Figura 2: Corrosão em placas em chapa de aço-carbono de costado de tanque.....	13
Figura 3: Corrosão alveolar generalizada em tubo de aço-carbono.....	14
Figura 4: Corrosão por pite em tubo de aço inoxidável.....	14
Figura 5: Corrosão intergranular ou intercristalina.....	14
Figura 6: Corrosão transgranular, em aço inoxidável submetido a ação de cloreto e temperatura.....	15
Figura 7: Corrosão filiforme ocorrendo em parede metálica.....	15
Figura 8: Caracterização de corrosão por esfoliação.....	16
Figura 9: Caracterização de corrosão gráfitica.....	16
Figura 10: Caracterização de corrosão dezincificada.....	17
Figura 11: Caracterização de corrosão por empoamento pelo hidrogênio.....	17
Figura 12: Caracterização de corrosão em torno do cordão de solda.....	18
Figura 13: Influência da Umidade no processo corrosivo.....	19
Figura 14: Alguns parâmetros e a taxa de corrosão no solo.....	20
Figura 15: Esquematização do processo catódico.....	25
Figura 16: Esquematização do processo anódico.....	25
Figura 17: Imagem da academia ao ar livre, Bairro São Geral, Pau dos Ferros – RN.....	27
Figura 18: Fluxograma da realização do trabalho.....	27
Figura 19: Representação de corrosão por frestas.....	29
Figura 20: Representação de corrosão em aparelho de academia ao ar livre	29
Figura 21: Representação de corrosão no simulador de cavalgada	30
Figura 22: Representação de corrosão na Barra Alta Giratória.....	30
Figura 23: Representação de corrosão nas Barras Paralelas.....	31
Figura 24: Representação de corrosão em Cadeira Flexora.....	32
Figura 25: Representação de corrosão no Giro Diagonal.....	32
Figura 26: Representação de corrosão no Esqui.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	10
1.1	Objetivos Gerais.....	10
1.2	Objetivos Específicos.....	10
3	REVISÃO TEÓRICA.....	11
3.1	Corrosão em estruturas de ferro.....	11
3.2	Meios corrosivos.....	18
3.3	Tratamento da corrosão.....	21
3.4	Prevenção.....	21
4	METODOLOGIA.....	26
4.1	Apresentação do estudo de caso.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1	Ambiente de pesquisa.....	28
5.2	Tipos de corrosão encontrado.....	28
5.2	Falhas na execução.....	33
5.3	Falta de manutenção.....	34
5.4	Consequências das patologias encontradas.....	34
5.5	Soluções sugeridas.....	35
6	CONCLUSÃO.....	36
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O processo corrosivo, conhecido como corrosão, será presenciado por todos em algum momento de suas vidas, isso podendo ocorrer desde pequenos objetos do dia-a-dia, como um armário, até estruturas gigantescas de uso populacional, como pontes. Para a população esse processo é conhecido como ferrugem e se entende pouco como este ocorre e os motivos para o surgimento da devida patologia, mas para a área acadêmica e científica, objeto de grande estudo.

A deterioração de um material através de um processo por ação eletroquímica ou química do meio ambiente ao qual o material estar exposto é o que se define por corrosão. Há diferentes tipos de corrosão, como está se manifesta no material e alguns fatores que influenciam no surgimento da corrosão GENTIL (2017).

Em estruturas de Ferro as manifestações patológicas da corrosão podem ocorrer das seguintes formas: flambagem local ou generalizada, corrosão local ou generalizada, fratura ou propagação de faturas e deformações excessivas PAIVA E BERTINELLI (2016).

Estes estudos sobre o processo corrosivo vêm trazendo grandes avanços para o combate a essa patologia, hoje possuindo diversas metodologias sobre esse tema. Essas metodologias ajudam muitos a combater este processo, até a população mais comum, que geralmente têm por costume descartar ou trocar os materiais que começam a apresentar esse fenômeno.

Devido a grande preocupação com a saúde que se tem nos dias de hoje e o grande aumento de pessoas que buscam alguma atividade física, a restauração da academia ao ar livre, de uso gratuito pela população é de fundamental importância, pois aqueles que não têm condições financeiras, terá esta opção para a prática de atividades físicas. Por isso o objetivo do trabalho é entender como funciona o processo corrosivo, observar ele nos aparelhos da academia e propor possíveis soluções a serem tomadas contra esta patologia.

Além de que o trabalho apresenta sobre uma academia ao ar livre da cidade de Pau do Ferros – RN, a que localiza-se no Bairro São Geral, havendo outras, o trabalho poderá ser usado com um parâmetro para o estudo do processo corrosivo nas outras academias presentes na cidade, pois possuem as mesmas características da estudada.

A partir do estudo bibliográfico do tema, a visita ao local estudado e observações feitas, este trabalho apresentará o que é esse fenômeno, se debruçará nas metodologias de combate a este fenômeno, para encontrar as mais eficazes para o problema apresentado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Tem-se como objetivo identificar quais tipos de corrosão estão expostas na estrutura da Academia ao ar livre do Bairro São Geraldo na cidade de Pau dos Ferros-RN e como estas tem afetado a vida útil dos aparelhos.

2.2 Específicos

- Identificar o fenômeno de corrosão na estrutura estudada e as patologias criadas por este;
- Analisar as possíveis causas desse fenômeno nas estruturas metálicas presentes no local.
- Prever os prejuízos que a corrosão poderá causar na estrutura;
- Propor soluções para combater e/ou minimizar o processo corrosivo no local escolhido.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Corrosão em estruturas de ferro

A deterioração de um material, como a degradação de estruturas metálicas foco do presente estudo, por ação eletroquímica ou química no meio é o que se define por corrosão, segundo Gentil (2017). Os metais têm como características o processo espontâneo desse fenômeno, causando danos químicos e na estrutura destes, mas geralmente esse processo ocorre principalmente por falta de medidas protetoras na criação ou instalação do material.

Mas não é em qualquer ambiente que essa patologia irá ocorrer, este é fator determinante na aparição deste fenômeno, sendo que de acordo com o ambiente pode ocorrer diversas formas dessa patologia.

Gentil (2017) afirma que o processo de corrosão eletroquímica ocorre pela troca de elétrons, processo este conhecido por oxirredução. Os metais têm potenciais de oxidação maiores que o oxigênio, assim perde elétrons para o oxigênio. Tal processo é acelerado pela presença de água. O ferro apresenta cinco principais formas de manifestações patológicas segundo Paiva e Bertinelli (2016). Sendo elas:

- Flambagem local ou Global: Causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não consideradas no projeto e nos cálculos.
- Corrosão Localizada: Causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos.
- Corrosão Generalizada: Causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão.
- Fratura e propagação de faturas: Falhas estas iniciadas por concentrações de tensões, devido a detalhes de projetos inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensões não previstas.
- Deformações excessivas: Causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original.

3.1.1 Tipos de corrosão

Os processos de corrosão são considerados reações químicas heterogêneas ou reações eletroquímicas que se passam geralmente na superfície de separação entre o metal e o meio corrosivo afirma Gentil (2017). Esse processo ocorrerá sobre diferentes formas. É de fundamental importância no estudo do processo corrosivo o conhecimento dos tipos de corrosão.

Considerando-se a aparência, a forma de ataque e as diferentes causas da corrosão, elas podem ser apresentadas da seguinte maneira GENTIL (2017):

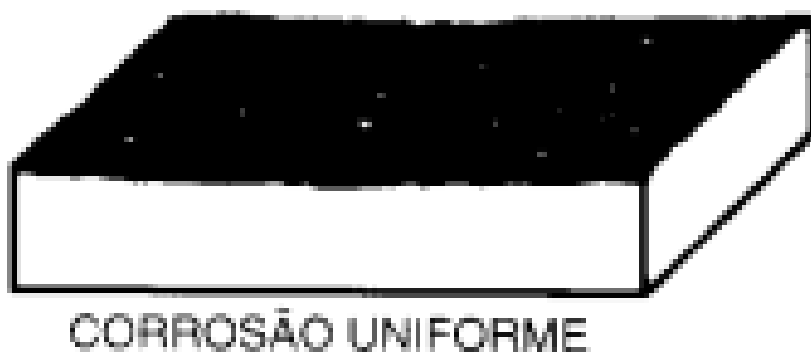
- Sua morfologia: uniforme; por placas; alveolar; puntiforme ou por pite; intergranular; intragranular; filiforme; por esfoliação; gráfitica; dezincificação; em torno de cordão de solda e empolamento pelo hidrogênio.
- Suas causas e mecanismos: por aeração diferencial; eletrolítica ou por correntes de fuga; galvânica; associadas a solicitações mecânicas; em torno do cordão de solda; seletiva; empolamento ou fragilização pelo hidrogênio.
- Seus fatores mecânicos: sob tensão; sob fadiga; sob atrito; associada a erosão.
- Pelo meio corrosivo ao qual está inserido: atmosférica; pelo solo; induzida por microrganismos; pela água do mar; por sais fundidos, etc.
- A localização do ataque: por pite; uniforme; intergranular; transgranular, etc.

A caracterização segundo a morfologia auxilia bastante no esclarecimento do mecanismo e na aplicação de medidas adequadas de proteção, afirma (GENTIL, 2017).

3.1.1.1 Corrosão Uniforme

Neste tipo ocorre-se uma perda de espessura do material pois se processa em toda extensão da superfície. Conhecida por alguns por **corrosão generalizada**. Entretanto, este termo se mostra inadequado, pois a corrosão por pite ou alveolar também ocorrem de forma generalizada GENTIL (2017). Na Figura 1 pode ser visualizada uma representação esquemática deste tipo de morfologia.

Figura 1: Imagem esquemática de corrosão uniforme

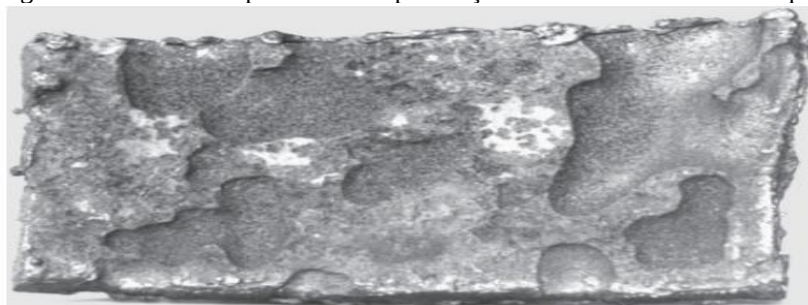


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.2 Por placas

Este tipo é caracterizado por a corrosão se localizar em determinadas partes do material não em toda sua extensão, assim formando placas com escavações GENTIL (2017). Na Figura 2 pode ser visualizada uma representação esquemática deste tipo de morfologia.

Figura 2: Corrosão em placas em chapa de aço-carbono de costado de tanque.

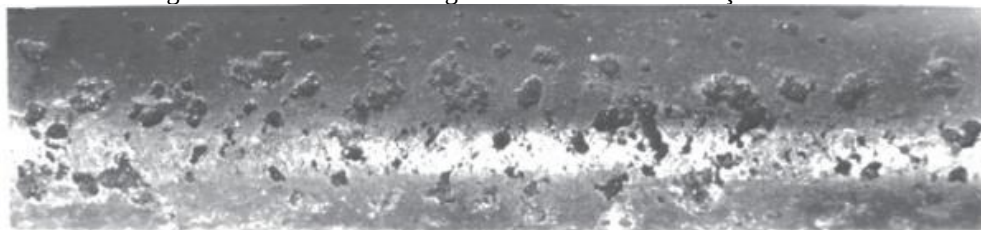


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.3 Alveolar

A corrosão produz sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos (daí o nome da forma), onde apresenta-se fundo arredondado e profundidade geralmente menor que seu diâmetro GENTIL (2017). Na Figura 3 pode ser visualizada uma representação esquemática deste tipo de morfologia.

Figura 3: Corrosão alveolar generalizada em tubo de aço-carbono.

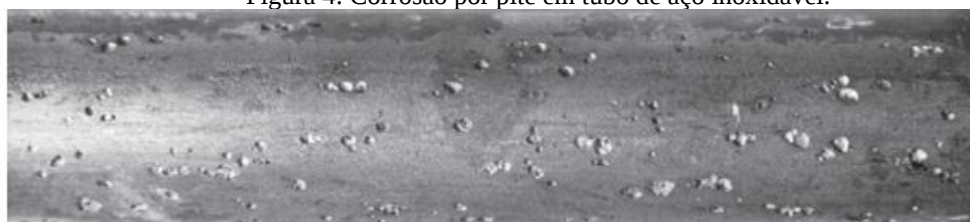


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.4 Puntiforme ou por pite

Processando-se em pontos na superfície do material, produzindo o que se conhece por **pites**, que basicamente são cavidades que apresentam o fundo em forma angulosa e profundidade maior que seu diâmetro GENTIL (2017). Na Figura 4 pode ser visualizada uma representação esquemática deste tipo de morfologia.

Figura 4: Corrosão por pite em tubo de aço inoxidável.

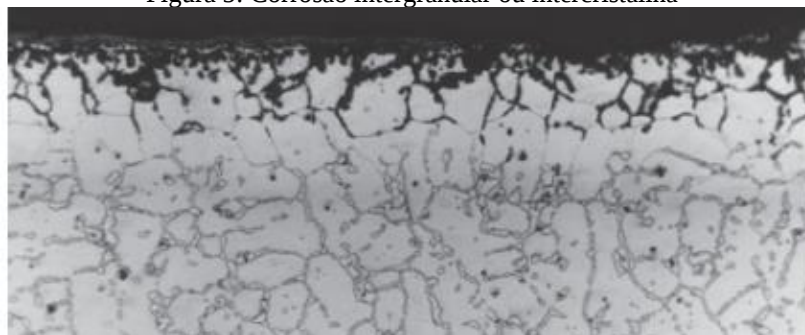


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.5 Intergranular

Essa forma de corrosão (Figura 5) ocorre entre os grãos da rede cristalina do material metálico, esse perde suas propriedades e pode chegar a fraturar quando sofrer esforços mecânicos GENTIL (2017).

Figura 5: Corrosão intergranular ou intercristalina

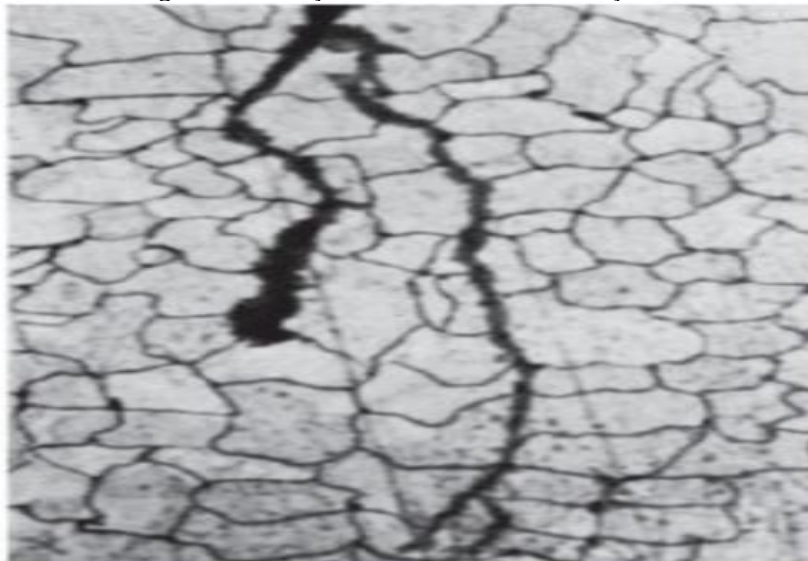


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.6 Transgranular

Também processando-se nos grãos da rede cristalina do material metálico (Figura 6), o faz perder suas propriedades mecânicas, tornando-o frágil e capaz de fraturar à menor solicitação mecânica GENTIL (2017).

Figura 6: Corrosão transgranular, em aço inoxidável submetido a ação de cloreto e temperatura.

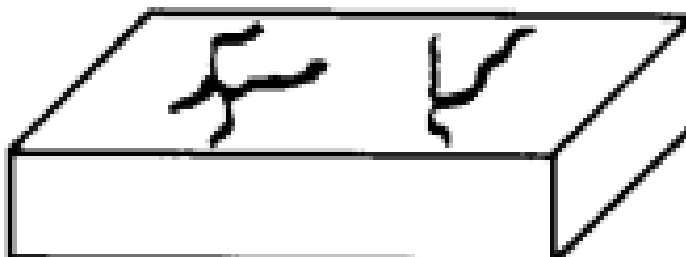


Fonte: GENTIL (2017)

3.1.1.7 Filiforme

Esta morfologia representada pela Figura 7 se processa em forma de finos filamentos, não de forma profunda, eles se propagam em diferentes direções e que não se ultrapassa, pois o produto da corrosão em forma coloidal apresenta carga positiva, dessa forma causando a repulsão. Este tipo ocorre nas superfícies metálicas revestidas com tinta e tem-se observado que essa forma é encontrada quando a umidade do ar está superior a 85% GENTIL (2017).

Figura 7: Corrosão filiforme ocorrendo em parede metálica



Fonte: GENTIL (2007)

3.1.1.8 Esfoliação

Ocorre geralmente em chapas ou componentes extrudados que tiveram seus grãos alongados e achatados, assim criando condições para segregações sejam transformadas devido ao trabalho mecânico GENTIL (2017). A Figura 8 mostra uma representação esquemática da corrosão por esfoliação.

Figura 8: Caracterização de corrosão por esfoliação



Fonte: GENTIL (2007)

3.1.1.9 Corrosão Grafítica

Ocorre no ferro fundido cinzento em temperatura ambiente e o ferro metálico é convertido em produtos de corrosão, assim restando a grafite intacta (Figura 9). A área afetada fica com aparência escura GENTIL (2017).

Figura 9: Caracterização de corrosão grafítica



Fonte: GENTIL (2007)

3.1.1.10 Dezincificação

Ocorre o aparecimento de regiões avermelhadas, ocorre geralmente em ligas de cobre-zinco (latões), essa forma avermelhada costuma contrastar com o amarelo da liga. Ocorre principalmente uma corrosão no zinco, restando o cobre, o que faz a corrosão apresentar forma

avermelhada por ser uma característica do cobre GENTIL (2017) e pode ser visualizada na Figura 10.

Figura 10: Caracterização de corrosão dezincificada



Fonte: GENTIL (2007)

3.1.1.11 Empolamento pelo Hidrogênio

O hidrogênio atômico penetra no material metálico e, como tem pequeno volume atômico, difunde-se rapidamente e, em regiões com descontinuidades, como inclusões e vazios, ele se transforma em hidrogênio molecular, H_2 , exercendo pressão e originando a formação de bolhas, daí o nome de empolamento (Figura 11), afirma (Gentil, 2017).

Figura 11: Caracterização de corrosão por empolamento pelo hidrogênio

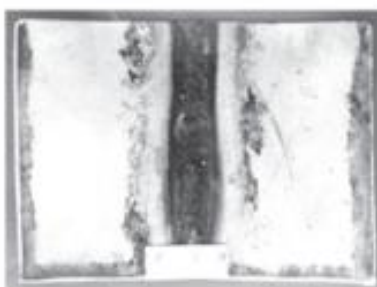


Fonte: GENTIL (2007)

3.1.1.12 Em torno do cordão de solda

Ocorrendo com mais frequências em aços inoxidáveis não estabilizados ou com teores de carbono maiores que 0,03%, a corrosão se processa de forma intergranular. Entre as causas mais frequentes pode-se citar: relação entre áreas catódicas e anódica, aeração diferencial, variação de pH GENTIL (2017). Na Figura 12 têm-se uma representação deste tipo de morfologia.

Figura 12: Caracterização de corrosão em torno do cordão de solda



Fonte: GENTIL (2007)

3.2 Meios Corrosivos

Gentil (2017) deixa claro que no estudo do processo corrosivo deve-se considerar todas as variáveis que podem afetar esse processo, tais como: o material metálico, do meio corrosivo e as condições operacionais. Entendendo essas variáveis e como elas afetam o processo poderá determinar-se o melhor material para ser utilizado.

Ainda Gentil (2017) elucida que para que a corrosão aconteça, o material deve estar presente em um meio suficientemente agressivo, podemos destacar esses fatores ambientais como: atmosfera, o solo, água, salinidade, microrganismos, entre outros. Como no estudo deste trabalho estamos tratando de um tipo de metal, tem-se que para o processo corrosivo ocorrer nesse material é necessário a presença do oxigênio, assim os fatores ambientais para esse caso são indispensáveis. Para entender melhor como cada meio afeta o processo, falaremos de cada um em particular.

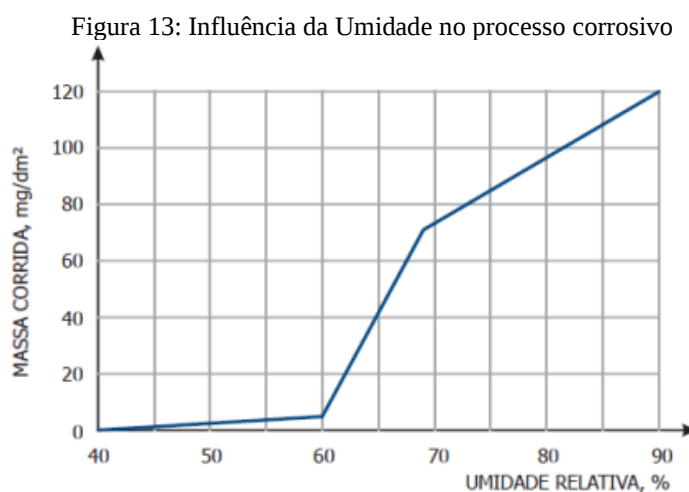
3.2.1 Atmosfera

Gentil (2017) destaca fatores que são levados em conta no meio atmosférico para o processo corrosivo, são eles: temperatura, umidade relativa, intensidade e direção dos ventos, substâncias poluentes e a umidade.

Na mesma linha de Gentil, temos Sacchi e Souza (2016) que também elucidaram alguns fatores ambientais que se tem que levar em conta no processo corrosivo, eles destacam os meios expostos a elevadas temperaturas, a presença de chuvas e poluições.

Seguindo essa linha final dos poluentes, pode-se pegar o estudo de outro autor, Pannoni (2011) destaca alguns poluentes presentes na atmosfera como dióxido de enxofre (SO_2), os cloretos, as poeiras e fuligens e os óxidos de nitrogênio (NO e NO_2). Olhando para o processo corrosivo em si, os cloretos e o dióxido de enxofre (esse sendo responsável pela chuva ácida) são os poluentes mais agressivos para esse processo.

Destacando outro fator atmosférico de suma importância no processo corrosivo, temos a umidade. Gentil (2017) afirma que nas atmosferas em que há a presença de grandes quantidades de umidade, há uma aceleração do processo corrosivo, ele destacando que uma atmosfera que apresente umidade acima de 70% o processo corrosivo acontecerá de forma rápida. Para reforçar esse argumento segue a Figura 13 que apresenta a influência da umidade no processo corrosivo.

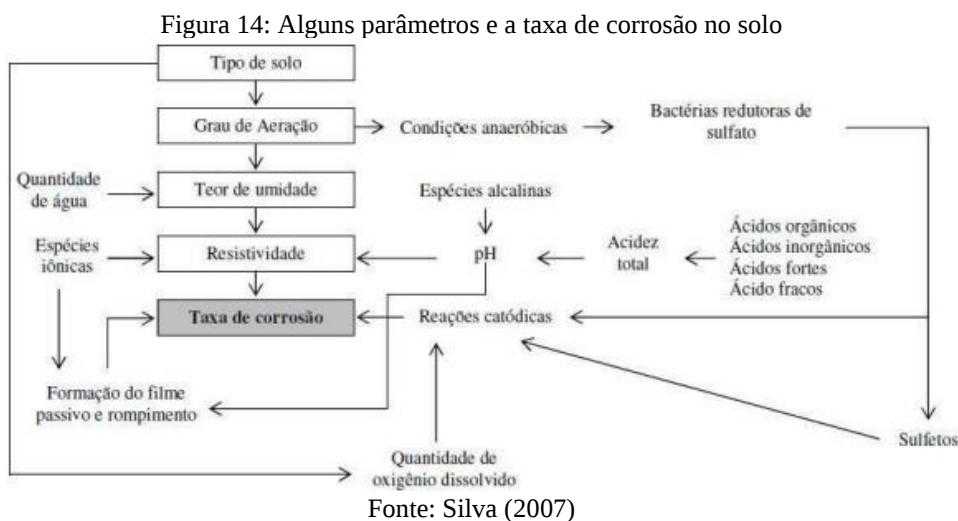


Fonte: Pannoni (2011)

3.2.2 O Solo

Levando-se em conta a grande quantidade de metais enterrados nesse meio, ele torna-se de suma importância no estudo do processo corrosivo. Esse processo não é muito afetado

pela composição ou estrutura do material metálico presente no solo, mas sim pela natureza do solo, afirma Gentil (2017). Segue a Figura 14 que mostra alguns parâmetros:



Um fator de suma importância no processo corrosivo quando se trata de solos, é a resistividade elétrica desses, uma relação bastante conhecido no estudo do processo corrosivo é que quanto mais baixo valor da resistividade elétrica, mais facilmente irão funcionar as pilhas de corrosão e maior será o fluxo de correntes parasitas (Silva, 2007). O autor elucida ainda que solos arenosos são menos corrosivos que solos argilosos.

3.2.3 Água

Quando se fala de processo corrosivo, talvez esse meio seja o primeiro que vem a cabeça dos demais, levando-se em conta o pH da água, a temperatura e sua velocidade, esses são os fatores que estão associados ao processo corrosivo na água (GENTIL, 2017).

Normalmente tem-se que a água do mar é mais corrosiva que a água doce, a água doce contém oxigênio dissolvido, assim como minerais, enquanto a água do mar contém 3,5% de sal (cloreto de sódio), como também matéria orgânica e alguns minerais, por esse fator tornando a água do mar mais corrosiva que a água doce afirma (CALLISTER E RETHWISCH, 2016). Diversos sais presentes na água podem influenciar no processo corrosivo, citando: sais hidrolisáveis, cloretos, sulfatos, bicarbonatos de cálcio, de magnésio e de ferro e sais oxidantes, afirma (GENTIL, 2017).

Outro fator importante neste tipo de meio são os fatores mecânicos, segundo Flores e Brito (2005) quando se tem um movimento do fluido rápido, os efeitos de desgaste e abrasão podem ser graves.

3.2.4 Fatores Mecânicos

Pode-se citar esses fatores como potenciadores do processo de corrosão, foi visto os meios em que o processo ocorre, mas isso pode se dar de maneira ainda mais grave se nesses meios tiver a presença de fatores mecânicos. Geralmente os materiais expostos nos meios recebem uma camada protetora para proteção contra os fatores mecânicos, mas essa camada pode ser rompida, tornando o material frágil a esses fatores, desse modo podendo ter uma aceleração no processo de corrosão.

3.3 Tratamento da Corrosão

Há diversas formas de tratamento sobre corrosões, geralmente a escolha da forma de tratamento está associada a questão financeira, ao ponto de vista econômico, onde a empresa responsável pelo local e materiais expostos ao processo corrosivo irão decidir se é mais vantajoso a troca periódica do material ou a fabricação deste já com os meios adequados a prevenção do processo corrosivo. Tem-se alguns princípios básicos contra o processo corrosivo, que são estes: prevenção na concepção, atuação sobre o meio envolvente, sobre o metal ou isolando este do meio (FLORES e BRITO, 2005).

Sempre a melhor forma de tratamento será a prevenção, mas caso esta não seja tomada existem formas de se combater o processo corrosivo após sua aparição, o passo principal é determinar cedo o processo de corrosão, pois em alguns casos não há mais formas de tratamentos possíveis e o material terá que ser descartado e substituído. Quando se identificado o processo o primeiro passo a ser tomado é o lixamento do material na superfície em que há a ocorrência da ferrugem, de forma a não restar nenhum vestígio dessa. Logo após esse passo há procedimentos padrões, como aplicação de uma camada de tinta adequada para a prevenção da corrosão, esse passo será suficiente se caso no passo do lixamento o material não tiver sofrido grande perda de espessura. Assim o material estará pronto para uso novamente.

3.4 Prevenção

Pannoni afirma que a prevenção contra o processo corrosivo nasce na construção do material, desde sua arquitetura até sua fabricação, essa é a melhor forma de atingir o maior tempo de vida útil possível para um material. O objeto deve ser pensado e projetado de uma

forma que a corrosão não atinja uma área específica e que não seja uma área de difícil tratamento.

A prevenção é um método que exige uma constante atenção ao material, pois não é o caso de realizá-la somente uma vez e será suficiente, o material precisará de manutenções periódicas. A seguir serão abordados os métodos mais comuns de prevenção em relação ao processo corrosivo.

3.4.1. Revestimento com compostos orgânicos

Esse tipo de prevenção é o responsável por mais da metade do investimento em tratamentos contra corrosão e considerado o principal, este revestimento permite construir uma fina barreira entre o material e o meio corrosivo. Entre os materiais mais utilizados para esse processo estão: vernizes, tintas, lacas, esses materiais como dito anteriormente permite a criação de uma fina barreira entre a superfície e o meio corrosivo, esse é um processo bastante utilizado pois altera muito pouco o peso do material (FLORES E BRITO, 2005).

3.4.1.1 Preparo da Superfície

Como citado anteriormente, para aplicação desse revestimento um material deve ser limpo antes, e caso não ocorra esse processo da maneira correta, a aplicação desse revestimento será em vão. Pannoni (2011) afirma que a remoção de óleos, gorduras, pós, combustíveis, graxas, ferrugem, carepa de laminação, resíduos de tintas, entre outros que podem impedir o contato da camada de revestimento com o material é essencial.

Para esse tipo de limpeza, existem padrões descritos na Norma brasileira ISO 8501-1 redigida pela ABRACO, estes padrões são:

- **St 2:** Limpeza manual, executada com ferramentas tais como escovas, raspadores, lixas e palhas de aço;
- **St 3:** Limpeza mecânica executada com ferramentas tais como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas;
- **Sa 1:** É o jato leve. A superfície resultante deverá encontrar-se inteiramente livre de óleos, graxas e materiais como carepa, tinta e ferrugens soltas. A carepa e a ferrugem remanescentes poderão permanecer, desde que firmemente aderidas. O metal deverá ser exposto ao jato abrasivo por tempo suficiente para provocar a exposição do metal base em vários pontos da superfície sob a camada de carepa;

- **Sa 2:** Chamado de jato comercial. A superfície resultante do jateamento poderá apresentar manchas e pequenos resíduos devidos á ferrugem, carepa e tinta. Pelo menos 2/3 da área deverá estar isenta de resíduos visíveis, enquanto o restante será limitado pelas manchas e resíduos;
- **Sa 2 ½:** Chamado de jato ao metal quase branco. É definida como superfície livre de óleo, graxa, carepa, ferrugem, tinta e outros materiais, podendo apresentar pequenas manchas claras devidas a resíduos de ferrugem, carepa e tinta. Pelo menos 95% das áreas deverão estar isentas de resíduos visíveis, sendo o restante referente aos materiais acima mencionados;
- **Sa 3:** Conhecido como jato ao metal branco. Após a limpeza, o aço deverá exibir cor metálico uniforme, branco-acinzentada, sendo removidos 100% de carepas e ferrugens. A superfície resultante estará livre de óleos, graxas, carepa, tintas, ferrugem e de qualquer outro depósito.

Outro fator que se deve tomar como passo é a lavagem da superfície metálica com água e tensoativos neutros, utilizando uma escova de nylon. Após esse processo de lavagem, secar a superfície naturalmente ou com jato a seco, esse processo é de suma importância pois as operações de escovamento e jato não removem óleos, gorduras e sais da superfície (ABRACO, 2007).

3.4.1.2 Aplicação de Tintas

Nesse tipo de passo seguimos as seguintes etapas: limpeza da superfície através de escovação, aplicação de solventes, aplicação de primário (devido a aderência), subcapa (para dar-se espessura ao sistema) e a camada final (barreira protetora, além de uma finalidade estética). Estes passos são os indicados para aplicações de tintas, esmaltes, vernizes e plásticos, com a finalidade de criar uma superfície protetora no material (FLORES E BRITOS, 2005).

Ainda segundo FLORES E BRITOS quanto mais camadas de tinta forem aplicadas, mais espesso será o revestimento, assim tornando a proteção mais eficiente. Após seguir as normas definidas pela ABRACO, o próximo passo a tomar-se é o descrito anteriormente neste tópico, as aplicações das camadas de tintas, exemplificando cada camada:

- **Camada Primária:** A aplicação dessa camada deve ocorrer logo após o material ser limpo, ela deve cobrir todo o objeto. O material que será utilizado nessa camada será

escolhido a partir de qual objeto se deseja realizar o tratamento e ao meio que este está exposto.

- **Subcamada:** As tintas utilizadas nessas camadas devem possuir propriedades que se adequem a primeira camada, como nivelamento, aderência e opacidade. Já tem como função aumentar a espessura do revestimento.
- **Camada Final:** Está apesar de aumentar a espessura, assim protegendo a primeira camada, tem mais como aspecto a parte decorativa, procura-se nessa camada fornecer cor, brilho, mas sem perder a resistência ao meio ambiente.

3.4.2 Revestimentos Metálicos

Este método pode parecer confuso no começo por ser utilizados revestimentos metálicos justamente para proteger metais, mas os metais utilizados neste revestimento são diferentes daqueles que se visa proteger, este método é o mais antigo utilizado para a proteção e são mais duradouros que as tintas (FLORES E BRITOS, 2005).

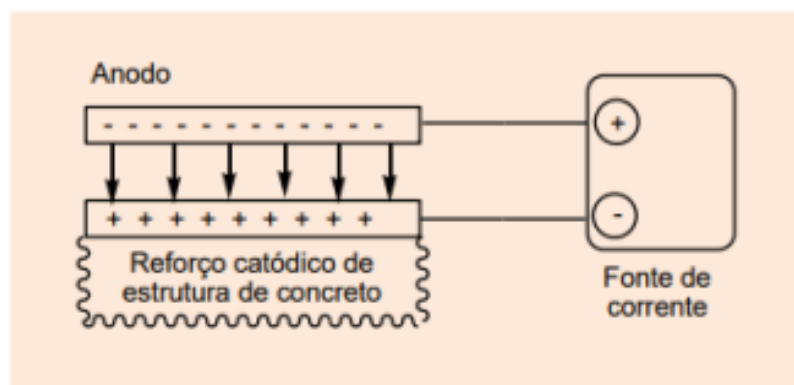
Nesse tipo de revestimento temos dois processos que podem ser utilizados, sendo estes: os revestimentos catódicos ou os revestimentos anódicos. O revestimento catódico será utilizado quando se deseja além da proteção contra a corrosão, adicionando ao material propriedades como condutividade elétrica e resistência à abrasão, enquanto no revestimento anódico é utilizado quando se quer somente a proteção a corrosão e o material apresenta uma baixa taxa de corrosão (PANOSSIAN, 2006).

3.4.2.1 Proteção Catódica

Apesar de ser um tipo de proteção que consegue cumprir seu papel com o objeto sem nenhum tipo de revestimento prévio, para a melhor obtenção de um resultado é aconselhável que esta seja utilizada já na presença de um revestimento prévio, assim aumentando a resistência do objeto a corrosão, pois por mais que os revestimentos prévios possam funcionar sempre a presença de falhas nestes (GENTIL, 2017).

Por esses protetores serem substâncias que possuem íons metálicos que possuem a capacidade de reagir com a alcalinidade catódica, dessa forma produzindo compostos insolúveis, esses compostos envolveram toda a área catódica assim impedindo a difusão do oxigênio e dos elétrons (FRAUCHES-SANTOS, et al., 2013). A figura 15 ilustrará como esse processo ocorre.

Figura 15: Esquematização do processo catódico

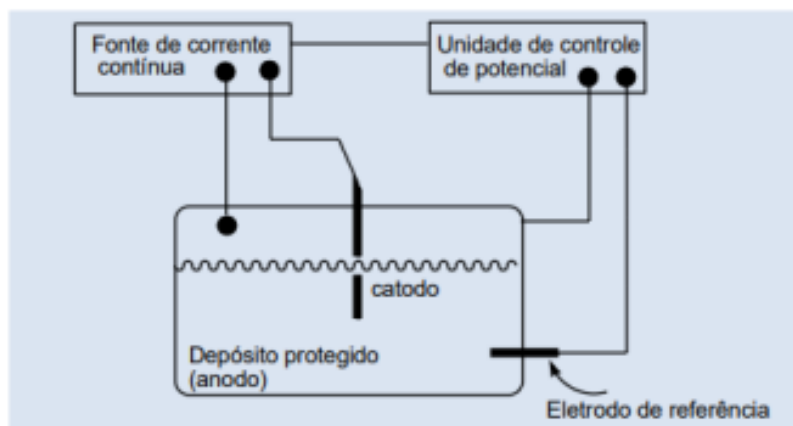


Fonte: Frauches-Santos, et al. (2013)

3.4.2.2 Proteção Anódica

Este tipo de protetor irá reagir com o produto da corrosão recentemente formado, assim dando origem a um filme aderente e extremamente insolúvel em sua superfície. Tem-se alguns materiais que essa liga é empregada com mais sucesso, temos os metais e algumas ligas como o titânio, o cromo, ligas de ferro-cromo e ligas de ferro-cromo-níquel, este tipo de proteção ela não só afirma a película protetora, como ela procura manter a estabilidade desta película (FRAUCHES-SANTOS, et al., 2013). Segue a figura 16 de como o processo anódico ocorre.

Figura 16: Esquematização do processo anódico



Fonte: Frauches-Santos, et al. (2013)

4 METODOLOGIA

O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, não procurando medir, enumerar ou empregar na análise dos dados métodos estatísticos, mas de obter dados descritivos, obtidos através do contato com a situação de estudo, GODOY (1995).

É uma pesquisa de caráter descritivo, com objetivo de detalhar as características de determinado fenômeno ou população. Sendo utilizada na metodologia a pesquisa bibliográfica, que é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos, GIL (2002).

A forma que este trabalho será exposto é o estudo de caso, por se tratar de um tema que requer muitas observações e conhecimentos bibliográficos, essa foi a forma mais adequada de expor o tema. O estudo de caso é uma metodologia de natureza teórica qualitativa, de forma que seguindo etapas metodológicas será exposto a pesquisa.

A primeira etapa do projeto consiste em uma pesquisa do tema corrosão em estruturas metálicas, obtendo-se como referências bibliográficas pesquisas já realizadas sobre o tema, incorporando-se ao final do estudo outras fontes de pesquisa. O foco da pesquisa está no processo de corrosão em estruturas metálicas com foco no aço e ferro, englobando os mecanismos, causas, consequências e os processos que são utilizados para a solução das patologias decorridas deste processo.

Após a etapa de escolha do tema foi realizado uma visita ao local de estudo, analisando quando um dos aparelhos da academia ao ar livre a fim de observar e identificar as patologias decorridas do processo corrosivo, também observando o ambiente no qual a academia ao ar livre está exposta e através de registros fotográficos, foi identificado patologias decorrentes da corrosão e a influência do ambiente.

A etapa seguinte consistiu em descrever o que foi observado e obtido em campo, buscado entender como o meio influenciou para o processo corrosivo e descrever soluções para o devido problema.

4.1 Apresentação do Estudo de Caso

O trabalho tem como foco estudar a academia ao ar livre do Bairro São Geraldo, da Cidade de Pau dos Ferros – RN, equipamentos ao quais estão inutilizados devidos suas condições. O equipamento está exposto ao ar livre como o próprio nome já afirma, sujeito a chuvas e outros fenômenos climáticos. A Figura 17 mostra a academia ao ar livre.

Figura 17: Imagem da academia ao ar livre, Bairro São Geraldo, Pau dos Ferros – RN



Fonte: google maps

Esta academia tem equipamentos constituídos por materiais metálicos, que são os objetos de estudo, focando como o processo corrosivo afetou estes e os tornou inutilizáveis.

A seguir na Figura 18 têm-se o fluxograma que apresenta os passos que foi dado para a escrita do trabalho e os períodos em que estes foram realizados.

Figura 18: Fluxograma da realização do trabalho

ATIVIDADES	ANO 2022	ANO 2022	ANO 2022	ANO 2022	ANO 2022	ANO 2022
	Jul.	Ago.	Sete.	Out.	Nov.	Dez.
Pesquisa do tema						
Definição do tema						
Pesquisa bibliográfica						
Coleta de Dados						
Apresentação e Discussão dos dados						
Elaboração do TCC						
Defesa do TCC						
Entrega da versão final do TCC						

Fonte: Autor (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ambiente de pesquisa

Por se tratar de uma estrutura ao ar livre, está estará exposta a diversos fatores que poderá afetar os equipamentos, tendo como destaque as condições climáticas da cidade. Por Pau dos Ferros – RN estar situado no semiárido a maior parte do ano sua temperatura passa dos 34 °C, á noite a uma queda brusca nessa temperatura, podendo se situar aos 27 a 28 °C, essa constante mudança climática afeta muito os aparelhos, acelerando o processo corrosivo.

Outro fator e talvez o mais influente é o ambiente ficar extremamente exposto nas épocas de chuva, os equipamentos durante o período recebe estas pois não há nenhuma proteção contra chuvas, muitas vezes, águas recorrentes destas se acumulam em certos aparelhos, como citado no trabalho este é outro fator que acelera o processo corrosivo.

A falta de manutenção nos equipamentos é outro fato que os torna mais vulneráveis a processos como o da corrosão, por muitas vezes essas academias ao ar livre são inauguradas e não recebe nenhum tipo de manutenção, facilitando a ação do tempo e dos fatores climáticos nos aparelhos. Observando-se os aparelhos é possível notar a presença de alguns processos corrosivos, no caso de alguns, em um estágio extremamente avançado, causando mudanças na composição do aparelho, como a falta de parte do aparelho.

5.2 Tipos de Corrosão encontrados

Foi possível notar o processo corrosivo em boa parte dos aparelhos da academia ao ar livre, os quais tendo mais de um tipo de processo corrosivo, sendo a mais presente a corrosão por frestas.

Nota-se que apesar de apresentar mais de um tipo de corrosão, a causa delas são as mesmas, pela proximidade dos aparelhos e estarem situados no mesmo ambiente. Agora será listado as corrosões encontradas nos aparelhos, bem como a provável causa que ocasionou esses danos e formas de prevenção ou tratamento paras estas.

5.2.1 Corrosão Uniforme

Este tipo de corrosão foi observado em mais de um aparelho, em muitos durante toda a extensão do aparelho, em alguns casos causando danos em outras partes do aparelho, como mostrado nas Figuras 19, 20, 21e 22.

Figura 19: Representação de Corrosão por Frestas



Fonte: Autor (2022)

Figura 20: Representação de corrosão em aparelho de academia ao ar livre



Fonte: Autor (2022)

Figura 21: Representação de corrosão no simulador de cavalgada



Fonte: Autor (2022)

Figura 22: Representação de corrosão na Barra Alta Giratória



Fonte: Autor (2022)

Nesses casos apresentados, pode-se referir como a causa provável para tal patologia surgir o ambiente no qual os aparelhos estão inseridos, devido ao fator desses aparelhos estarem

expostos a radiação solar durante todo dia a camada de tinta aplicada sobre eles tonar-se ineficaz e como não há nenhuma medida de manutenção, ocorre o processo corrosivo.

Como citado anteriormente, esse processo se potencializará no período do inverno, com a presença de constantes chuvas, dessa forma as camadas protetoras sobre o aparelho não resistiram a esses eventos, e mesmo após o processo corrosivo ter-se iniciado, não há nenhuma medida de prevenção imediata, dessa forma agravando ainda mais a patologia.

5.2.2 Corrosão por Frestas

Observou-se a presença de diversas rupturas nos aparelhos devido ao processo corrosivo, em alguns casos, causando danos permanente no aparelho, o tornando impossibilitado de ser utilizado, como pode ser visualizado nas figuras 23,24,25 e 26.

Figura 23: Representação de corrosão nas Barras Paralelas



Fonte: Autor (2022)

Figura 24: Representação de corrosão em Cadeira Flexora



Fonte: Autor (2022)

Figura 25: Representação de corrosão no Giro Diagonal



Fonte: Autor (2022)

Figura 26: Representação de corrosão no Esqui



Fonte: Autor (2022)

Percebe-se que nesses casos o processo corrosivo foi bem agressivo, causando mudanças nas estruturas dos aparelhos, tornando-os impossibilitados para uso. Como no caso dos aparelhos que sofreram corrosão uniforme, a principal causa nesse tipo de corrosão também está associada ao fator climático. Além do fato desses aparelhos serem os mais utilizados nesse tipo de academia, o constante uso deles fragiliza ainda mais a estrutura desses, os tornando extremamente vulneráveis ao processo corrosivo.

5.3 Falhas na execução

É destacado por Sacchi e Souza (2016) que a partir das condições particulares de cada obra, como a topografia local, a acessibilidade, o tipo de estrutura, a montagem dos equipamentos estará sujeita a desafios específicos. É notável que na construção desses aparelhos não foi levados em conta prâmetros básicos para estes, como o local em que seram inseridos, os fatores climáticos que afetam este local, o período que esses aparelhos seram utilizados.

Todos esses fatores podem tornar os aparelhos mais vulneráveis a patologias capazes de surgir com o tempo, e o processo corrosivo é uma destas. Apesar de ser de conhecimento que estes aparelhos estejam expostos a radiação solar e chuvas, não é tomada nenhuma medida preventiva contra o que esses eventos climáticos pode acarretar na estrutura do aparelho.

5.4 Falta de manutenção

Foi citado anteriormente que um dos fatores principais para um projeto duradouro é a manutenção constante deste, caso que não ocorre com o objeto de estudo deste trabalho. Essas academias após inauguradas não recebem nenhum tipo de manutenção, muitas vezes só realizará algo quando as patologias estarem extremamente agravadas e não for mais possível utilizar os equipamentos da academia ao ar livre.

Caso esta tivesse uma manutenção periódica, isso prolongaria ainda mais a vida útil dos aparelhos, evitando gastos desnecessários com a trocas dos aparelhos depois de determinado período de tempo. Além do mais uma manutenção periódica serve para observar possíveis patologias que estão surgindo nos aparelhos, podendo tomar prevenções de imediato, facilitando o processo de tratamento das patologias, como o processo corrosivo, que é de fundamental importância observá-lo em seu surgimento, assim poderá impedir-se que este chegue a um estado crítico.

5.5 Consequências das patologias encontradas

Devido ao estado que os aparelho se encontram decorrentes da patologia, a academia estar inutilizada, pois oferece riscos a saúde de quem se dispor a utilizá-la. Muitos dos aparelhos sequer funcionam mais, pois a corrosão por frestas alterou sua estrutura original, os tornando inutilizáveis. Outro fator de grande perda é o estético, pois se trata de uma parte da praça do Bairro São Geraldo da cidade de Pau dos Ferros – RN, os aparelhos nas condições em que encontram-se torna a vista da praça muito mais desagradável aos moradores do Bairro.

5.6 Soluções Sugeridas

Ao estudar-se a academia ao ar livre e o processo corrosivo no presente trabalho, é possível encontrar algumas soluções, simples e outras mais complicadas para o problema apresentado.

Nos aparelhos que apresentam corrosão uniforme, apesar desta ter avançado em um grau mais avançado do que o indicado para se iniciar os tratamentos contra esta patologia, ela causou dano as estruturas dos aparelhos, mas não que impossibilitasse o uso do aparelho, dessa forma é possível realizar um processo descrito neste trabalho para a reciclagem dos aparelhos. Iniciando-se com o processo de lixagem dos aparelhos para a remoção das ferrugens e após feito esse processo, a pintura com algum composto orgânico, conforme descrito anteriormente neste trabalho.

Já no caso dos aparelhos que sofreram corrosão por frestas, trata-se de um caso muito mais sério, pois essa determinada patologia causou alterações na estrutura dos aparelhos, não sendo mais possível retornar ao seu estado original com um simples tratamento, onde a única solução possível é a troca dos aparelhos por novos.

É de importância ressaltar que os outros aparelhos que ainda não apresentaram nenhuma evidência do processo corrosivo, devem passar por um processo de tratamento também, pois estes se encontram no mesmo ambiente, expostos as mesmas condições dos anteriores, dessa sendo possível apresentaram evidências do processo corrosivo no futuro, assim, começando uma prevenção de imediato, poderá retardar-se este processo.

6 Considerações Finais

É extremamente comum a construção dos aparelhos das academias ao ar livre com estruturas metálicas, isso demonstra que na construção destes reque-se cuidados, ainda mais tendo o conhecimento do ambiente em que estes estarão expostos , procurando entender-se que será necessário uma manutenção constante, para observar patologias que podem surgir com o tempo.

Neste estudo foi mostrado o proceso corrosivo em estruturas metálicas que pode surgir através de diversos tipos a partir do ambiente em que a estrutura está exposta, é de extrema necessidade a identificação deste processo em seu começo, dessa forma é possível iniciar um tratamento que será mais eficaz, caso contrário, o processo corrosivo pode levar ao surgimento de outras patologias.

No objeto de estudo deste trabalho notou-se que a processo corrosivo apresentou-se principalmente pelo ambiente ao qual os aparelhos da academia ao ar livre estarem expostos, além do fato que não foi levado em conta em sua construção noções básicas contra o processo corrosivo, além do fato de não ter-se manutenções periódicas nos aparelhos. Com o término deste trabalho fica evidente que a melhor forma de tratamento contra o processo corrosivo é a prevenção deste, pois isso evitará futuros gastos com tratamentos mais avançados no futuro. É aconselhável na construção dos aparelhos a aplicação do método que consiste na aplicação de tintas adequadas contra a corrosão, além da construção destes com materiais que suportem mais o processo corrosivo.

A cidade possui mais de uma academia ao ar livre, este procedimento pode ser aplicado as outras academia para observar o quanto o processo corrosivo esta afetando estas.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO. **ISO 8501-1:2007**: Graus de preparação de superfícies. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS: UMA INTRODUÇÃO**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

FLORES, Inês; BRITO, Jorge de. **PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM ESTRUTURA METÁLICA**. Apontamento da Cadeira de Reabilitação de Edifícios. Agosto de 2005.

Frauches-Santos, C.; Albuquerque, M. A.; Oliveira, M. C. C.; Echevarria, A. **A CORROSÃO E OS AGENTES ANTICORROSIVOS**. Rev. Virtual Quim., 2014.

GENTIL, Vicente. **CORROSÃO**. 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GENTIL, Vicente. **CORROSÃO**. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**, 4a edição, São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 57-63, 1995.

PANNONI, Fábio Domingos. **PRINCÍPIOS DA PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS EM SITUAÇÃO DE CORROSÃO E INCÊNDIO**. 5. ed. Rio de Janeiro: Gerda, 2011.

PANOSSIAN, Zehbour. **REVESTIMENTOS METÁLICOS PARA PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO**. Congresso Latino Americano de Corrosão. Fortaleza, 2006.

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. **FALHAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS: CONCEITOS E ESTUDOS DE CASO**. Curso de Engenharia Civil da FEAR –UPF.

SACCHI, Caio César; SOUZA, Alex Sander Clemente de. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E CONTROLE DE QUALIDADE NA MONTAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS. REC. - **REVISTA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA CIVIL**, [s.l.], v. 13, n. 1, 31 ago. 2016. Universidade Federal de Goiás.
<http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.41214>.

SILVA, Sabrina Neves da. **ESTUDO DA CORROSÃO NO SOLO DE AÇOS PARA DUTOS PROTEGIDOS CATODICAMENTE**. Dissertação para obtenção de título de Mestre em Engenharia UFRGS. Porto Alegre, 2007.