



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

BRUNO EDUARDO DA SILVA

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NO GINÁSIO POLIESPORTIVO DO
COLÉGIO JOSÉ DUARTE FILHO EM UIRAÚNA-PB**

**PAU DOS FERROS – RN
2022**

BRUNO EDUARDO DA SILVA

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NO GINÁSIO POLIESPORTIVO DO
COLÉGIO JOSÉ DUARTE FILHO EM UIRAÚNA-PB**

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.

Orientador(a): 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.

S586a Silva, Bruno Eduardo.
Análise dos processos corrosivos do ginásio
poliesportivo da escola José Duarte Filho em
Uiraúna-PB / Bruno Eduardo Silva. - 2022.
35 f. : il.

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

1. Corrosão. 2. Formas de corrosão. 3.
Prevenção da corrosão. 4. Deterioração dos
materiais . 5. Uiraúna-PB. I. Silva Dias,
Sanderlir , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

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.

BRUNO EDUARDO DA SILVA

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NO GINÁSIO POLIESPORTIVO DO
COLÉGIO JOSÉ DUARTE FILHO EM UIRAÚNA-PB**

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

APROVADO EM: 14/06/2022

BANCA EXAMINADORA

SANDERLIR SILVA Assinado de forma digital por
SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387 DIAS:83276688387
Dados: 2022.06.15 15:25:44 -03'00'

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias (Orientadora)

Amayra Sonayra de Brito Silva Carreiro

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

MARCELO NASCIMENTO DE Assinado digitalmente por MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:07354485403
MORAIS OLIVEIRA:07354485403 DN: CN=MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:07354485403, OU=UFRSA -
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CHICPBA, CHBR
RaizB: fu.su o autor deste documento
Localidade: Uirapuru/UFSA/2017
Data: 2022.06.18 12:05:37
Versão: 1.0.0

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que me deu força e coragem para realizar este trabalho. Por me confortar nos momentos de saudade e nunca permitir que eu desistisse.

Com muito amor e gratidão dedico este trabalho aos meus pais, Martinho e Núbia, pelos esforços para me ajudar e pelo carinho dado, vocês são os meus grandes exemplos de determinação e trabalho.

Às minhas avós e avôs, Maria Clautides, Socorro, Zé de Nice e Antônio, sinônimo de ternura e amor, que me faz seguir sem medo durante essa longa caminhada.

Ao meu querido irmão, Gean Marques e à minha noiva, Geovanna Nogueira, por estar sempre me incentivando e guiando meus passos, sem vocês nada disso seria possível.

À toda minha família, dedico com muito amor este trabalho, pois pude contar com cada um de vocês nesta caminhada, compartilho a felicidade e dedicação deste momento.

In memoriam a minha avó Maria Clautides, agradeço por todos os ensinamentos repassados ao longo de sua vida. Te perder no começo da minha jornada acadêmica foi uma das maiores dificuldades enfrentadas.

Agradeço também à banca examinadora pelo tempo disponibilizado para poder contribuir com este trabalho.

E, por fim, agradeço a todos aqueles que de forma direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha orientadora, Prof. Dra. Sanderlir Dias, que me acolheu na UFERSA. Dando-me, sem mesmo me conhecer, oportunidades que me rendeu bastante conhecimento, descobertas, superação e principalmente o presente de orientar o meu trabalho de conclusão do curso. Ela me deu a chance de crescer, de ser uma pessoa melhor e ser mais dedicado. Depositou em mim confiança e conduziu assim sua orientação com os mais profundos conhecimentos.

Nesse momento agradeço pelo tempo de convívio, admiro-a pela grande dedicação com seus alunos, e principalmente pela contribuição ao curso de Ciência e Tecnologia ao longo de todos esses anos. Deixo aqui meus sinceros votos de gratidão e convicção de que tudo valeu a pena. Obrigado professora!

À todos os professores do Curso de Ciência e Tecnologia, por terem me apoiado durante toda a graduação. Por todos os ensinamentos que foram essenciais para a minha formação acadêmica.

Em especial aos meus colegas e amigos, Aury Junior, Francisco Gleison, Danilo Meneses e José Victor, que vão ficar guardados na minha mente e no meu coração, amigos de todas as horas, principalmente nos aperreios diários da faculdade. Vocês contribuíram para o meu crescimento, e sempre foram uma ótima companhia.

À todos os meus amigos que me ajudaram nessa caminhada, em especial, Silas, Guilherme Alencar, Janailson, Guilherme Duarte, Henrique, Yam, Eduardo Alencar, Eduardo Fernandes, Igor, Éricles, Alex, Jefferson e Nildo, por toda ajuda e companheirismo, vocês foram fundamentais.

RESUMO

O seguinte projeto apresenta um estudo sobre os processos corrosivos presentes no ginásio poliesportivo da escola José Duarte Filho em Uiraúna-PB, e mostra a corrosão e seus meios de ocorrência, como também suas formas de tratamento e táticas de prevenção. Identificar, analisar e compreender o que levou a deterioração daquele material, de forma a diminuir ou até mesmo erradicar o fenômeno, sempre tomando medidas corretas para o processo. Dados foram coletados com intuito de descobrir o que levou o material a aquele tipo de situação, também se coletou amostras fotográficas feita durante o estudo do campo e pesquisas bibliográficas. Analisando os dados obtidos, observou-se que predomina um determinado tipo de corrosão, a uniforme. No entanto, entende-se que a falta de manutenção bem como vistorias constantes de um técnico, com intuito de evitar a formação de fenômenos como a corrosão, pode ter favorecido o processo corrosivo no ginásio da escola. Sendo assim, caracterizar a vida útil da estrutura seria fundamental para sua funcionalidade. O estudo da corrosão e seus processos de formação são de extrema importância no que tange o conhecimento dos métodos que possa contribuir para o desenvolvimento do referido trabalho.

Palavras-chave: Corrosão. Formas de corrosão. Prevenção da corrosão. Deterioração dos materiais. Uiraúna-PB.

ABSTRACT

The following project presents a study on the corrosive processes present in the multi-sport gymnasium of the José Duarte Filho school in Uiraúna-PB, and shows the corrosion and its means of occurrence, as well as its forms of treatment and prevention tactics. Identify, analyze and understand what led to the deterioration of that material, in order to reduce or even eradicate the phenomenon, always taking correct measures to reduce or even eradicate the process. Data were collected in order to find out what led the material to that type of situation, photographic samples made during the field study and bibliographic research were also collected. Analyzing the data obtained, it was observed that a certain type of corrosion prevails, the uniform one. However, it is understood that the lack of maintenance as well as constant inspections by a technician, in order to avoid the formation of phenomena such as corrosion, may have favored the corrosive process in the school gym. Therefore, characterizing the useful life of the structure would be fundamental for its functionality. The study of corrosion and its formation processes are extremely important regarding the knowledge of the methods that can contribute to the development of this work.

Keywords: Corrosion. Corrosion forms. Corrosion prevention. Deterioration of materials. Uiraúna-PB.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Corrosão eletroquímica devido à exposição atmosférica.....	17
FIGURA 2: Corrosão química em poste de concreto armado.....	17
FIGURA 3: Corrosão eletrolítica em tubos de aço-carbono	18
FIGURA 4: Principais formas de corrosão.....	20
FIGURA 5: Triângulo de corrosão.....	21
FIGURA 6: Representação do esquema de pintura.....	23
FIGURA 7: Fluxograma de pesquisas.....	26
FIGURA 8: Localização de Uiraúna na Paraíba	27
FIGURA 9: Escola José Duarte Filho.....	27
FIGURA 10: Ginásio poliesportivo da escola Dr. José Duarte Filho.....	28
FIGURA 11: Pilar de sustentação A.....	29
FIGURA 12: Pilar de sustentação B.....	30
FIGURA 13: Fábrica de sabão e algodão.....	32
FIGURA 14: Distância entre o ginásio e a fábrica Algodoeira Gadelha LTDA.....	33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR - Norma Brasileira

PB - Paraíba

PH - Potencial hidrogeniônico

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

OD - Oxigênio Dissolvido

RN - Rio Grande do Norte

LISTA DE SÍMBOLOS E FÓRMULAS QUÍMICAS

%	-----	Porcentagem
°C	-----	Graus Celsius
M ³	-----	Metro cúbico
Km ²	-----	Quilômetro
quadrado		
mg/L	-----	Miligrama por litro
g/L	-----	Gramas por litro
mV	-----	Milivolt
mS/cm	-----	MiliSiemen por centímetro
E°	-----	Potencial padrão de redução da
semi-reação		
H ₂ SO ₄	-----	Ácido Sulfúrico
O ₂	-----	Oxigênio
H ₂ O	-----	Água
Fe	-----	Ferro
e ⁻	-----	Elétron

LISTA DE REAÇÕES QUÍMICAS

Reação 1.....	16
Reação 2.....	16
Reação 3.....	16
Reação 4.....	17
Reação 5.....	31
Reação 6.....	31
Reação 7.....	31
Reação 8.....	31

SUMÁRIO

Introdução	13
2-Objetivos	15
2.1-Objetivo geral	15
2.2-Objetivos específicos	15
3-Referencial Teórico	16
3.1-Corrosão	16
3.1.2. Corrosão química	17
3.1.3. Corrosão eletrolítica	18
3.2-Formas de corrosão	18
3.3. Triângulo de corrosão	20
3.4. O meio	21
3.4.1- A atmosfera	21
3.4.2. A água	22
3.4.3. Temperaturas	22
3.5- Métodos de prevenção à corrosão	22
3.5.1. Revestimento protetor	22
3.5.2. Tintas	23
3.5.3. Proteção metálica	23
3.5.4. Proteção não metálica	24
3.5.5. Proteção catódica	25
3.5.6. Proteção anódicas	25
4- METODOLOGIA	26
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1- Análise do ginásio poliesportivo	28
5.2- Fatores que influenciaram na corrosão do ginásio poliesportivo	30
5.3- Fábrica de sabão e algodão Algodoeira Gadelha LTDA	31
5.4- Quanto a atmosfera com poluentes gasosos	32
6- Conclusão	34
Referências Bibliográficas	35

1. Introdução

A corrosão está presente principalmente nos materiais metálicos, esse fenômeno se dá, sobretudo, quando estes estão em contato direto com o meio oxidante, caso não seja usado qualquer tipo de prevenção ou proteção ao material, já que, trata-se de um processo natural, poderá ocorrer, nesse caso, a destruição do metal. Ocorreram várias transformações desde o surgimento do metal, com isso, tal instrumento ganhou espaço no que tange a construção civil, possibilitando que profissionais da área façam do seu uso soluções mais eficientes à mercê de sua necessidade.

A construção e o uso adequado da edificação passa longevidade para a obra, tendo em vista uma manutenção constante. Na falta da continuação desse prosseguimento surgem a evolução de patologias, fazendo com que o instrumento ali instalado perca sua função, além disso, a estética da obra também se compromete, num contexto geral (LANTAS, 2010).

Não presente apenas nos materiais metálicos, a corrosão consegue abranger a família dos não metálicos, entendendo, com isso, que podem ocorrer além do que o presente trabalho se refere. Aliado a essa situação, a vida útil desses apetrechos associa este fenômeno diretamente com sua precoce deterioração (MERÇON, GUIMARÃES; MAINIER, 2004).

Por se tratar de uma obra pública, o estado oferece totais condições para que tenham segurança, organização e profissionais capacitados na sua atuação, a realização de obras públicas também buscam pontos a serem seguidos por quem a executa, tais como: durabilidade, acesso, mão de obra qualificada, beleza e funcionalidade. No entanto, sabe-se que nem sempre tudo que é construído funciona sem manutenção constante, tornando esse, o ponto falho da gestão, que vai além do planejamento inicial.

Essa situação se dá na maioria das vezes pela falta de comprometimento dos que estão à frente da situação, estendendo também pela parte prática, como espaços inadequados e impróprios, tendo como exemplo o ginásio da escola José Duarte Filho. Na maioria das vezes, são feitas alguns “arrumadinhos” sem que haja planejamento e um profissional adequado para aquela situação, tal fato pode agravar ainda mais a qualidade da obra, não abraçando a verdadeira edificação do espaço.

Quando existe perda direta ou indireta do produto, sua substituição gera despesas indesejáveis. No caso da perda direta, a troca da peça deve ser imediata, pois a manutenção de uma peça defeituosa poderá gerar mais agravos, como doenças, acidentes ou até mesmo interdição no local; já no que se refere a perda indireta, os danos só são observados quando ocorre a perda do produto em um certo serviço. Na presença de peças metálicas oxidadas, nota-se que o custo para sua recuperação não é barato e simples, ramos da construção civil, ferroviário, cerâmico e industrial sofrem desse fenômeno constantemente, levando, com isso, dispêndio nos demais setores industriais, (GENTIL, 1996).

Antes de qualquer agravo, há soluções que diminua ou iniba tal feito, nos processos corrosivos não é diferente, técnicas de proteção anticorrosivas como o uso de revestimentos e tintas adequadas, podem solucionar problemas futuros. Diante disso, a troca do material danificado interfere diretamente no financeiro, podendo chegar a custar 20% a 50% a mais que o próprio produto (MERÇON *et al*, 2004).

O estudo da corrosão visa mais do que ao interesse pela ocorrência mineral, mas aos custos provocados por ela, muitas vezes incalculáveis, que envolvem despesas com reposição de materiais, reparos e proteção, mão de obra, energia e manutenção, chamados de custos diretos (OLIVEIRA, 2021).

Percebe-se, portanto, que a falta de manutenção, bem como espaços inadequados nas instalações de obras acarretam fenômenos que surgem durante a vida útil dos materiais ali instalados. Sendo assim, o referido trabalho tem como proposta analisar, identificar e compreender as principais causas corrosivas, assim como propor medidas preventivas e protetivas para os materiais que estão presentes no ginásio poliesportivo da escola José Duarte Filho, no município de Uiraúna-PB.

2-Objetivos

2.1-Objetivo geral

Numa perspectiva geral, o objetivo deste trabalho é analisar, compreender o que a corrosão foi capaz de fazer com uma obra pública, não tendo está, manutenções preditivas e corretivas. Além disso, identificar os tipos de corrosão e propor medidas que poderiam ser feitas, estabelecendo mecanismos eficazes contra a corrosão.

2.2-Objetivos específicos

- Compreender as causas que levaram o ginásio poliesportivo a sua interdição e posteriormente demolição;
- Identificar o material e suas possíveis formas de corrosão, coletando dados que irão contribuir para o desfecho do estudo;
- Explanar fatores que influenciaram diretamente no processo corrosivos;
- Avaliar, por meios fotográficos, dados, resultados e reconstrução do ginásio;
- Propor soluções para que o resultado obtido seja diferente em outros locais similares.

3-Referencial Teórico

3.1-Corrosão

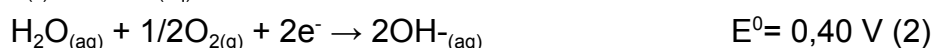
A deterioração total, parcial, superficial ou estrutural dos instrumentos qualifica o que chamamos de corrosão, podendo ser por ataque eletroquímico, químico ou eletrólito (MERÇON, GUIMARÃES; 2004).

Corrosão também pode estar associada a esforços mecânicos ou não. Sendo assim, a piora do instrumento acontece nos materiais metálicos ou não metálicos (GENTIL, 2011). A madeira e a borracha podem representar os materiais não metálicos. O fenômeno corrosivo nesses materiais acontece por meio do contato do material com o meio ambiente (GENTIL, 1996).

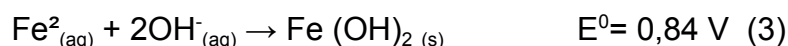
- 3.1.1-Corrosão eletroquímica

A corrosão eletroquímica trata-se de um processo espontâneo podendo acontecer quando o metal entra em contato com um eletrólito, onde decorrem nas reações catódicas e anódicas. Na maioria das vezes o fenômeno desenvolve-se na presença de água a temperatura ambiente, desenvolvendo uma pilha galvânica (MERÇON *et al.* 2004)

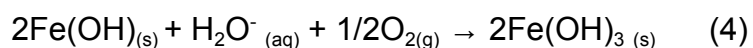
Os processos de oxidação (ânodo) e redução (cátodo), acarretam a corrosão do ferro, podendo corresponder nas seguintes reações:



Segundo Gentil (2011) os íons metálicos Fe^{2+} transferem sentido à reação de redução, já os íons hidroxilas OH^{-} transferem sentido a reação, formando assim o $\text{Fe}(\text{OH})_2$, hidróxido de ferro (II), de acordo com a seguinte equação 3.



Havendo uma grande presença de oxigênio, ocorre a oxidação do $\text{Fe}(\text{OH})_2$, hidróxido de ferro II (Equação 4). Neste processo cria-se a oxidação $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, pois a água se precipita, sendo assim, acaba formando uma matéria alaranjada, conhecida popularmente como ferrugem (GENTIL, 2011).



A Figura 1, mostra como pode ser encontrado o fenômeno corrosivo de caráter eletroquímico.

Figura 1: Corrosão eletroquímica devido a exposição atmosférica.



Fonte: MERÇON *et al.*, 2004.

- 3.1.2. Corrosão química

Diferente da corrosão eletroquímica, na corrosão química não é necessária a transferência de elétrons através do contato direto com água, afinal, esta reação evidencia o contato entre o agente químico e a superfície de um material. Contudo, denomina-se esta ação como corrosão química ou seca, por necessitar de água (MERÇON; GUIMARÃES; MEINIER, 2004, p.13). A Figura 2 mostra como pode ser encontrada a corrosão química.

Figura 2: Corrosão química em poste de concreto armado



Fonte: MERÇON et al, 2004

3.1.3. Corrosão eletrolítica

Por se tratar de uma corrosão não espontânea, ela se dá pela atividade de corrente elétrica externa. Esse efeito é originado por correntes de fuga, que geralmente acontece em cabos telefônicos enterrados, tanques de postos de combustíveis, entre outros (MERÇON *et al.*, 2004)

De acordo com Gentil (1996, p. 83) as correntes de fuga são classificadas em dois tipos: estáticas e dinâmica, o autor as define como:

Estáticas: são as que têm intensidades e percursos constantes. Como exemplos de sistemas que geram estas correntes destacam-se os sistemas de proteção catódica por corrente impressa. Dinâmica: são as que variam continuamente, ou periodicamente, de intensidade e/ou nos seus percursos.

Na Figura 3, podemos observar onde pode ser encontrada a corrosão eletrolítica:

Figura 3: Corrosão eletrolítica em tubos de aço-carbono



(Fonte: MERÇON *et al.*, 2004)

3.2-Formas de corrosão

Segundo Gentil (1996) o processo de ceder elétrons e receber elétrons é considerado como reações de oxidação-redução, caracterizando o processo corrosivo. Sendo assim, o metal transfere seus elétrons para o agente oxidante, sendo ele o agente redutor sofrendo oxidação. Logo, a danificação no metal ao longo da sua superfície caracteriza-se como corrosão.

Seguindo a linha de pensamento, Gentil (2011), as formas de corrosão podem ser classificadas de acordo com sua morfologia em:

Uniforme

Quando ocasiona a perda homogênea da espessura, propriedade pelo processo corrosivo em toda superfície. Por ser bastante fácil de visualizar, torna-se comum controlar e prevenir a corrosão uniforme.

Corrosão por placas

Sua principal propriedade é a formação de placas com escavações. Esse tipo de corrosão acontece em regiões metálicas, o que difere da uniforme.

Alveolar

Esse tipo de corrosão se dá pela formação de um fundo arredondado e com profundidade menor que a sua abertura. Ela também é carregada em toda a sua superfície, apresentando sulcos, espécie de perfuração que se equiparam a alvéolos.

Corrosão puntiforme ou por pite

A principal característica neste tipo de corrosão é por possuírem profundidades superior ao diâmetro, apresentando no modelo de orifícios em superfícies metálicas (GENTIL, 1996).

Corrosão intragranular

A corrosão intragranular caracteriza-se pelas fraturas no material no momento que é sujeito a esforços mecânicos. Ela age entre os grãos de rede cristalina do instrumento, resultando o prejuízo das propriedades mecânicas (OLIVEIRA, 2012).

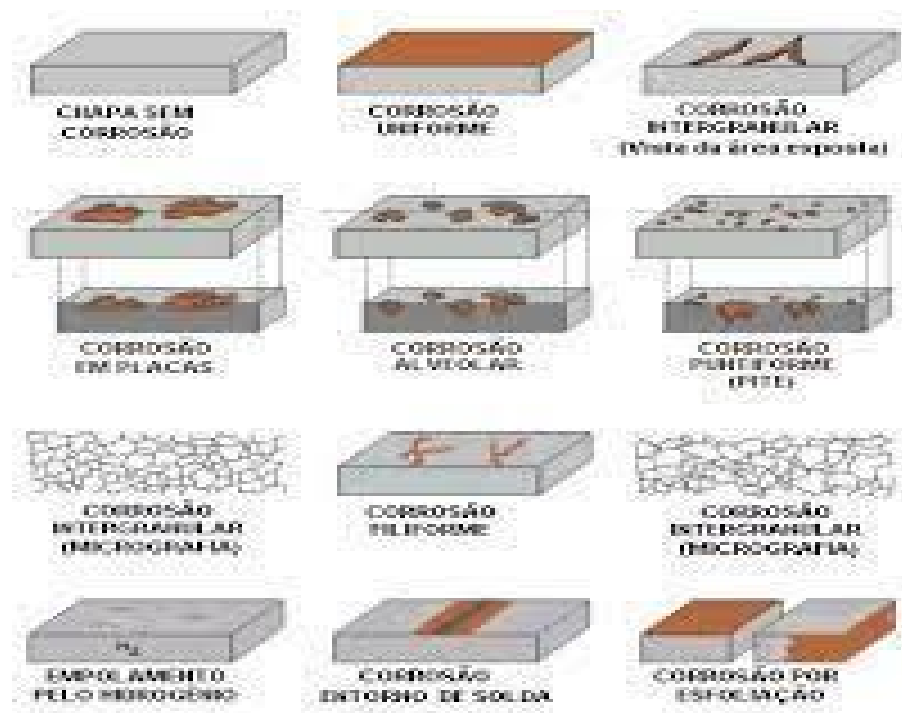
Corrosão trans granular

A corrosão trans granular perde as suas propriedades mecânicas e gera trincas, pois acontece nos grãos da rede cristalina. Além disso, também pode ocorrer corrosão sob tensão fraturante. (OLIVEIRA, 2012)

Alguns materiais são submetidos a tração em ambiente que favorece o processo corrosivo, surgindo possíveis falhas. Materiais considerados inertes, também são submetidos a tensão, isso também pode acontecer nesses materiais. No entanto, a corrosão sob tensão escoa de uma superfície corrosiva a uma tensão

de tração (CALLISTER; RETHWISCH, 2012). Na Figura 4, pode ser observado os demais tipos de corrosão.

Figura 4: Principais formas de corrosão

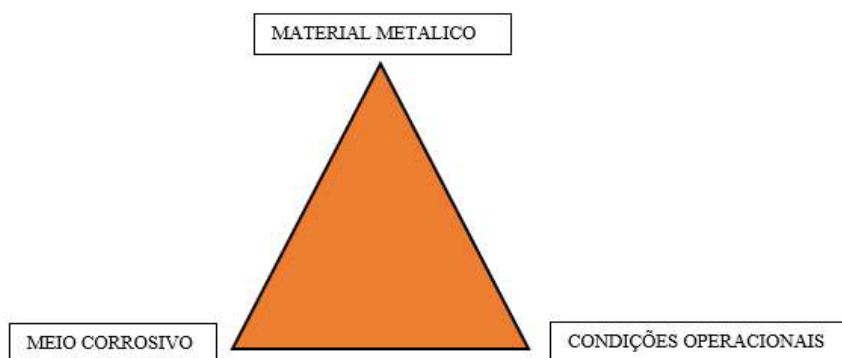


Fonte: Gentil (2011, *apud* OLIVEIRA, 2018)

3.3. Triângulo de corrosão

De acordo com Figura 5, o triângulo de corrosão é fomentado, de maneira análoga, pela execução atrelada do meio corrosivo, também pelos instrumentos e o cenário operacional a que os materiais estão expostos. Diante disso, torna-se possível traçar diagnósticos sobre todo o material, bem como o seu tratamento no intuito de erradicar presentes e futuras danificações do instrumento pela corrosão. A Figura 5 ilustra o triângulo de corrosão

Figura 5: Triângulo de corrosão



Fonte: (Autor, 2022)

3.4. O meio

O metal pode-se tornar base de alguns elementos básicos para que aconteça a corrosão, entre eles estão o cátodo, o ânodo, a ligação elétrica e o eletrólito. Podendo até chegar a um outro elemento por efeito de diferentes cenários. Entre esses cenários estão: a atmosfera, a água e o solo.

3.4.1- A atmosfera

O contato do material com aspectos como: substâncias poluentes, variações de temperatura, umidade relativa do ar e o intervalo que o revestimento irá permanecer sobre o material metálico (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Oliveira (2012) e Granato (2007), as substâncias poluentes aparecem de modo não homogêneo na atmosfera, efeito do carregamento destas partículas, consequentemente, os resíduos são sobrepostos no material, sofrendo o fenômeno corrosivo por outro material não metálico, gerando, com isso, uma aeração diferencial, por conseguinte, a formação de pilha eletroquímica.

A água pode ser encontrada na atmosfera de diferentes formas, podendo contribuir e acelerar o processo corrosivo. A umidade relativa do ar está diretamente ligada a processos de adsorção ou condensação, que se originam do depósito de água sobre a superfície metálica. No entanto, o fenômeno eletroquímico caracteriza, sobretudo, a corrosão atmosférica

Temperaturas elevadas diminuem a velocidade do processo corrosivo. A não formação ou redução do contato do eletrólito sobre o metal decorre da hipótese da diminuição da condensação do vapor de água na superfície metálica e da adsorção de gases (BRAMBILLA, 2011).

3.4.2. A água

O potencial hidrogênico (pH) atua diretamente no processo corrosivo, pois mede a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada substância.

A quantidade de pH da água determina se essa será agressiva ou não ao aço, no entanto, pH superiores a 8,5, não agravam o material, em consonância a isso, pH inferior a 4,5 são extremamente agressivas (CASTRO, 1999).

3.4.3. Temperaturas

Elevadas temperaturas aceleram a velocidade das reações químicas e consequentemente da mobilidade iônica, já a redução da temperatura conduz a condensação, aumentando a umidade no local, essa dupla funcionalidade da temperatura é dissertada por Cascudo (1997, *apud*, BRAMBILLA, 2011).

Outrossim, há uma possibilidade de a condensação reduzir do vapor de água sobre a superfície do material e da adsorção de gases, o que causa desaceleração da corrosão, tudo isso se a temperatura for elevada, não formando ou reduzindo a permanência do eletrólito sobre o material (BRAMBILLA, 2011).

3.5- Métodos de prevenção à corrosão

Entender e tratar os processos corrosivos é preciso, pois controlar essas reações e ter seu controle é necessário. O tratamento a corrosão deve ser desenvolvido em conjunto, pois o próprio mecanismo é quem vai indicar o melhor método para sua inibição. A sua aplicação, o ambiente corrosivo influi diretamente em todas as variáveis que o material depende (GENTIL, 2011).

Em consonância, Castro (1999) disserta que não existe uma fórmula ou sistema universal de prevenção, vai depender da análise de alguns fatores, o ambiente, custos, objetivo da estrutura, programa de manutenção etc. Em todo o contexto, existem alguns revestimentos mais utilizadas que outros, dentre eles o revestimento orgânico convencional, o metálico e o químico, são respectivamente os melhores.

3.5.1. Revestimento protetor

O revestimento metálico possui diversas funcionalidades que vai da decoração até o aumento da resistência do material ao fenômeno corrosivo. Já o revestimento não metálico inorgânico se forma através de compostos inorgânicos sobrepostos no metal. Ambos os métodos têm o intuito de erradicar o processo

corrosivo durante um certo período, provendo de facilidade de aplicação junto a sua manutenção e seu custo-benefício. Diante disso, o revestimento não-metálico se destaca por ser mais empregado através da aplicação de tintas ou esquema de pintura (GENTIL, 2011).

3.5.2. Tintas

Dentre todos os revestimentos, as tintas é a que pode apresentar mais vantagens, dentre elas estão: fácil aplicação, acabamento decorativo, além da proteção de estruturas de parte considerável (CORREIO *et al.*, 2011).

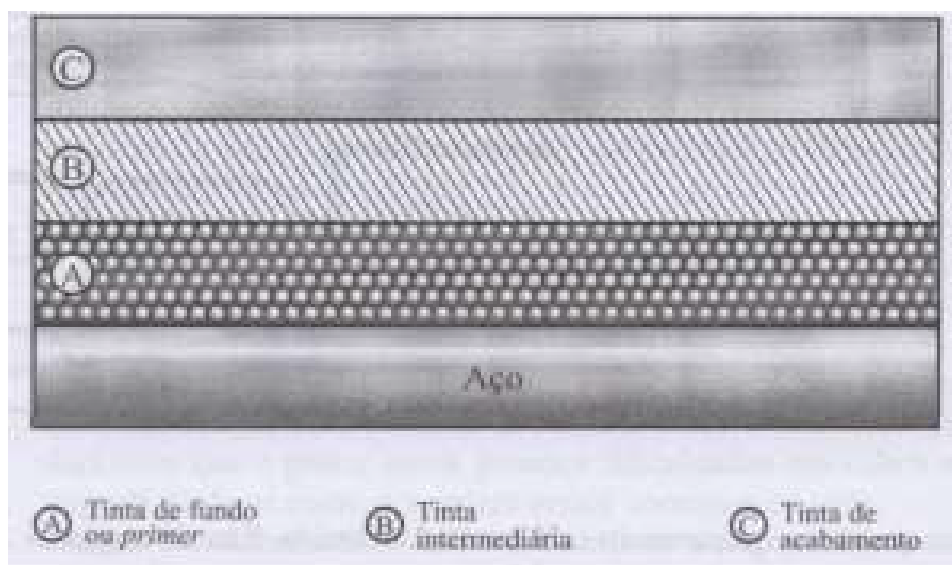
Pannoni (2011, p.39) define os principais tipos de tintas, entre elas:

Tintas á base de resina de alquídicas: conhecidas como esmaltes sintéticos, são tintas mono componentes de secagem ao ar. São utilizados em interiores secos e abrigadas, ou em exteriores não poluídos.

Tintas à base de resina de poliuretanas: são tintas bicomponentes em que o componente A é baseado em resina de poliéster ou resina, e B, o agente de cura, é a base de isocianato alifático. As tantas poliuretanas acrílicas alifáticas são bastante resistentes ao intemperismo.

Na Figura 6, observa-se a representação do esquema de pintura:

Figura 6: Representação do esquema de pintura.



Fonte: Gentil, 2011.

3.5.3. Proteção metálica

Alguns materiais são utilizados como ação anticorrosiva que se dão pela formação de películas protetoras de óxidos, hidróxidos e outros componentes que vão agir com o meio, materiais esses como: cromo, níquel, alumínio e zinco. A

finalidade desses processos tem função elétrica, decorativa, endurecimento superficial e resistência (OLIVEIRA, 2012)

Segundo Oliveira (2012) as principais técnicas protetoras para revestimentos metálicos são:

1. Cladização: é feita através de dois processos, por laminação conjunta a quente com chapa de metal ou pelo processo de explosão. Esse processo também pode ser chamado de cladeamento.
2. Imersão a quente: Utilizado em metais como o aço com estanho, cobre, alumínio ou zinco e cada processo leva um nome diferente, entre eles: aluminização, estanhagem, copperweld, galvanização ou zincagem.
3. Eletrodeposição: com intuito de recuperar o material, esse método se dá pelo depósito de zinco, cromo, cádmio, níquel, liga de cobre-prata ou até mesmo ouro sobre a superfície metálica a ser protegida através de pistolas e oxi-acetiênico.
4. Redução química: usado para calçar materiais de difícil acesso, a redução química ocorre através de precipitações do metal adquirindo uma fita muito aderente a superfície.

3.5.4. Proteção não metálica

Esse tipo de proteção é comumente usado em vidros, porcelanas, cimentos, óxidos, carbetos, nitretos, boretos e silietos. Cada processo citado deve ser analisado para identificar o melhor método a ser utilizado (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Oliveira (2012) existem algumas principais aplicações de revestimentos não metálicos, a anodização, cromatização e fosfatização.

1. Anodização: aplicação da anodização se dá pela aderência e pela alta resistividade elétrica. Além disso é uma das mais utilizadas no intuito de erradicar a corrosão atmosférica utilizando o alumínio como principal instrumento.
2. Cromatização: a aplicação da cromatização se dá pela produção de soluções compostas por cromatos ou ácidos crômicos. Além disso, aumenta a resistência e melhora a aderência das tintas. Alguns elementos ajudam na absorção de corantes, como: alumínio, magnésio, zinco, cádmio, estanho, cobre prata, aço, entre outros.

3. Fosfatização: a aplicação da fosfatização se dá pela sua versatilidade, possuindo aplicações de fosfato de manganês, facilitando a resistência a névoas salinas. Além disso, quando recebe uma pintura posterior ao processo, recebe alta resistência a corrosão.

3.5.5. Proteção catódica

Dentre todas as formas de corrosão a proteção catódica vem ganhando destaque no que tange projetos de proteção contra a corrosão de instalações industriais, de equipamentos e de estruturas metálicas. Diante disso, essa aplicação pode ser enterrada, submersa ou em contato com eletrólitos (OLIVEIRA, 2012)

De acordo com Gentil (2012), existem duas formas, por ânodos de sacrifício, que consiste no instrumento menos nobre apresentando-se como ânodo de sacrifício, já o instrumento com potencial menos negativo apresenta-se como cátodo. A outra forma é a de proteção por corrente impressa, que exige uma fonte de geradora elétrica com intuito de proteger a um ânodo inerte, sendo assim, o metal anódico atue com um potencial de redução negativo. Além disso, o surgimento de películas passivantes se dá pela estabilidade da corrente ao longo do instrumento.

3.5.6. Proteção anódicas

Existem algumas semelhanças entre a proteção catódica e anódica, porém o que as diferencia é a formação de uma película protetora nos materiais, que se dá por uma corrente anódica externa e o seu esquema de ligação entre o retificador são diferentes. A formação dessa película ganha destaque quando é utilizada em meios agressivos.

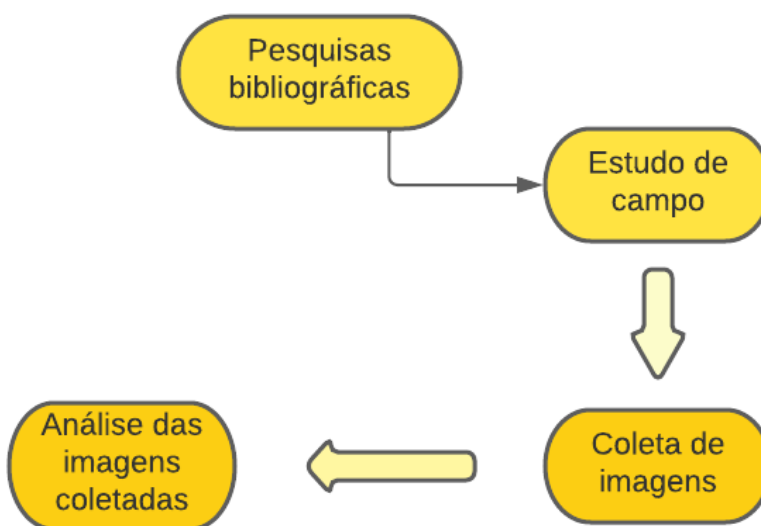
Alguns pré-requisitos são usados quanto a utilização da proteção anódica, entre elas diz que, o instrumento metálico deve atuar passivamente no meio corrosivo em que se encontra. Consequentemente, existem outros parâmetros que dizem que todas as partes do material devem atuar passivamente, se não, cria-se uma grande área catódica inerte, logo, um ataque localizado é formado sobre a superfície do material (GENTIL, 1996).

4- METODOLOGIA

O presente trabalho tem finalidade de explicar, de maneira análoga, a temática estudada. Com isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas a partir da análise de livros, revistas, artigos, sites da internet, entre outras. Também foi feito um estudo de campo com intuito de detalhar e melhorar o trabalho, juntamente com coletas fotográficas térreas e aéreas para uma melhor análise.

O seguinte fluxograma, Figura 7 mostra os procedimentos adotados para a construção do trabalho.

Figura 7: Fluxograma de pesquisa.



Fonte: Próprio autor, 2022.

4.1. Uiraúna

O presente estudo foi realizado na cidade de Uiraúna-PB, que fica localizada na região Nordeste do Brasil, ficando localizada a 477,00 km da capital João Pessoa e tem como macrorregião a cidade de Sousa. Segundo o site da prefeitura municipal da cidade, a população estimada é de 15.382 pessoas.

Figura 8: Localização de Uiraúna na Paraíba.



Fonte: Próprio autor, 2022.

4.2. Escola José Duarte Filho

Uma das escolas mais tradicionais da cidade de Uiraúna, a instituição fica localizada na Rua Manoel Mariano, 300- Santo Expedito e oferece uma estrutura de boa qualidade para o conforto e desenvolvimento de seus professores e alunos. Além disso, a escola é responsável pelo ensino médio na cidade, tendo mais de 200 matrículas no ano de 2022. Outro ponto importante é que a escola passou a ser ECIT (Escola Cidadãs Integrais Técnicas), atraindo ainda mais alunos. A Figura 9 ilustra a escola José Duarte Filho, local onde era instalado o ginásio

Figura 9: Escola José Duarte Filho



Fonte: Próprio autor, 2019.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das visitas técnicas no local, foi possível identificar as formas de corrosão ali presentes e concluir o motivo do ginásio estar interditado e com data marcada para demolição.

Sabe-se que o fenômeno corrosivo pode chegar a destruir um material, principalmente as estruturas metálicas. Todavia, poderia ter sido outro o desfecho, pois a falta das características do material levou a sua precoce perda. A ausência de manutenções ocasionou um gasto ainda maior, em decorrência da falta de técnicas e medidas que **atrasaram** o processo corrosivo, sendo essencial para evitar gastos adicionais e interdições com caráter destrutivo.

5.1- Análise do ginásio poliesportivo

Estruturas de material metálico tem um alto grau de integração com o meio atmosférico, que no caso trata-se também como meio corrosivo, esse tipo de material está ligado de alguma forma nos mais diversos ambientes. A figura 10, mostra a estrutura do local estudado bem como os fatores que influenciaram a desinstalação da quadra.

Figura 10: Ginásio poliesportivo da escola Dr. José Duarte Filho.



Fonte: próprio autor, 2022.

Na Figura 10, tem-se que a estrutura metálica apresenta áreas com maior aspecto corrosivo, no entanto o ginásio está exposto a fenômenos como a mudanças climáticas, exposição ao sol, chuva e até mesmo presença de intempéries liberados por fábricas na região.

Conforme foi feito o estudo de campo, deduziu-se que existiam áreas mais danificadas que outras. Na Figura 10 é possível a visualização da falta da cobertura de aço sobre a estrutura metálica, tal fato se deu pelo abandono do espaço, pois ele encontrava-se interditado por falta de segurança e perigo de desabamento. Dessa forma, a partir das análises fotográficas, detectou-se alguns tipos de processos corrosivos nos pilares de sustentação, como corrosão uniforme e em torno do cordão de solda, a primeira se denomina como pela perda homogênea do encorpamento sobre todo o instrumento, já a segunda, caracteriza-se em aços inoxidáveis não estabilizados com teores maiores que 0,03% de carbono (GENTIL, 1996). Nas Figuras 11 e 12, é possível perceber que a estrutura metálica sofre do fenômeno corrosivo.

Figura 11: Pilar de sustentação A.



Fonte: próprio autor, 2022

Figura 12: Pilar de sustentação B.



Fonte: próprio autor, 2022.

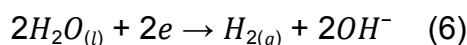
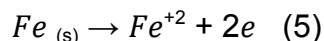
Nas figuras 11 e 12, a exposição dos pilares às condições atmosféricas, tais como, exposição ao sol, chuva, resíduos liberados pela fábrica e também com o contato do material ao concreto, apresentando heterogeneidade grandiosa, favorável à corrosão (CASTRO, 1999)

Ainda em consonância as Figuras 11 e 12, identifica-se uma coloração marrom avermelhado em meio a superfície de sustentação do ginásio, o que confirma que a corrosão está presente. Mesmo com o fenômeno já identificado, o processo corrosivo é contínuo nessa situação, pois se intensifica na presença de água através da umidade e da chuva, além de que, existia uma fábrica que por sua vez liberava resíduos poluentes, considerando também um agravante.

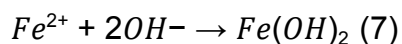
5.2- Fatores que influenciaram na corrosão do ginásio poliesportivo

Com os tipos de corrosão identificados, deduziu-se que o fenômeno se intensificou no meio aquoso, em momentos de chuva e umidade do ar. Tais processos atmosféricos formam uma película na superfície do material, causando assim, corrosão eletroquímica. Por conseguinte, tal processo pode ser entendido da seguinte forma, o material metálico corroído em contato com o meio atmosférico,

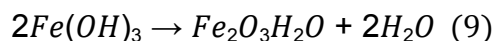
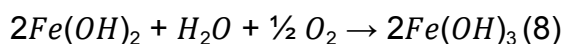
forma o processo oxidativo, ou seja, a ferrugem, isso se dá através da presença de dois elementos essenciais, água e oxigênio, H_2O e O_2 respectivamente, onde pode ser representada nas seguintes equações 5 e 6 descrevem o fenômeno de oxirredução.



Enquanto os íons Fe^{2+} migram para região catódica, os íons OH^- migram para região anódica, formando o hidróxido ferroso em uma região intermediária, como mostra a reação 7.



Na presença do alto teor de oxigênio, tem-se:



5.3- Fábrica de sabão e algodão Algodoeira Gadelha LTDA

Segundo a antiga funcionária Anicete Alves Batista Cardoso, a fábrica Algodoeira Gadelha LTDA foi inaugurada em 1988 com objetivo de fornecer algodão e sabão para a cidade de Uiraúna e cidades circunvizinhas. Trabalhavam ali cerca de 20 funcionários que iam desde técnicos dos maquinários ao setor de limpeza, a fábrica também funcionava cerca de 8 horas diárias. No ano de 2008 foi comunicado o desligamento da laboração, o motivo seria falta de insumos e dificuldade financeira para manter tamanho número de funcionários e manutenção da própria fábrica. No entanto, alguns maquinários ainda estão presentes no local, a maioria bastante desgastado e sem funcionalidade alguma. A figura 13 mostra a localidade da fábrica, podendo identificar abandono de propriedade. Na figura 14, observa-se a distância para o antigo ginásio.

Figura 13: Fábrica de sabão e algodão.



Fonte: próprio autor, 2022.

Segundo Shreir (2012), a atmosfera seca ajuda na oxidação do metal de maneira lenta, sendo seu produto de corrosão o resultado de reações químicas puras, o que pode afetar características físicas e químicas do material.

Ainda segundo Shreir (2012):

Atmosfera em presença de substâncias poluentes – é a atmosfera que carrega partículas sólidas, sob forma de poeiras cuja heterogeneidade permite depositar material não metálico (SiO_2) capaz de criar condições de aeração diferencial, produzindo tipos de corrosão localizada abaixo do depósito. Ainda, se ocorrer deposição de substâncias higroscópicas, vão acelerar o processo corrosivo $\text{CaCl}_2 - \text{MgCl}_2$ e CaO .

5.4- Quanto a atmosfera com poluentes gasosos

A queima de combustíveis em geral está oriunda do tipo de atmosfera e seus gases ali presentes, tais como CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 e NH_3 . Esses gases são bastantes agressivos ao meio, além do cobre e suas ligas, isso porque quando estão oxidadas destroem revestimentos como tintas, que mesmo a base de zarcão (Pb_3O_4) ficam escurecidas, justamente pelo surgimento do PbS . (OLIVEIRA, 2012)

Figura 14: Distância entre a fábrica e antigo ginásio.



Fonte: próprio autor, 2022

Como mostrado na figura 14, a atmosfera fica altamente agressiva em prol da corrosão quando está associada à umidade relativa do ar, além disso, quanto mais for poluída a atmosfera, mais rápido serão os processos corrosivos, isso tudo em decorrência da chuva ácida. (OLIVEIRA, 2012)

6- Conclusão

Através dos fatos evidenciados no ginásio poliesportivo da escola José Duarte Filho, observou-se, por meio da avaliação do processo corrosivo, a presença de desgastes, que levou a interdição e logo após desinstalação. Esse fenômeno está presente no dia a dia e ocorre de forma espontânea.

Utilizando os dados obtidos por registros fotográficos, percebeu-se que a corrosão uniforme foi a mais comum no presente estudo, o que foi possível ser identificada pelos fatores químicos.

A falta de manutenção no local contribuiu diretamente para que o processo corrosivo acontecesse, chegando ao nível mais crítico que a estrutura poderia suportar. Uma vez que, se houvessem manutenções contínuas realizadas corretamente, a situação não se encontraria tão crítica, podendo o problema ser identificado antes do material se deteriorasse.

Ainda por meio dos registros fotográficos, identificou-se que os materiais que compõe a estrutura eram fabricados de ferro e aço, além disso, esses instrumentos eram expostos aos meios e a resíduos liberados pela fábrica que ficava ao lado. Com isso, o triângulo de corrosão foi construído através do conhecimento de parâmetros citados, por conseguinte, planejar os meios de proteção que poderiam ser aplicados, o que asseguraria a segurança do material e do local, buscando uma vida útil maior e como consequência disso, evitado gastos com a construção de um novo ginásio.

Portanto, o referido trabalho poderia ter colaborado no tratamento dos materiais, mas de certa forma, colabora como exemplo para futuros estudos em locais semelhantes. Por fim, percebeu-se que os objetivos foram alcançados, identificando os processos corrosivos e concluindo que a melhor forma de evitar a deterioração do material, no caso do ginásio poliesportivo da escola, os desgastes não puderam ser corrigidos, levando em consideração que a construção de uma nova quadra seria mais viável.

Referências Bibliográficas

BRAMBILLA, K.J.C. **Investigação do grau de corrosividade sobre materiais metálicos das redes Aéreas de distribuição de energia elétrica (Rd) da região metropolitana de Salvador-BA.** Universidade Federal do Paraná-UFPR. Curitiba, 2011.

CASTRO, E. M. C. De. **Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica.** Ouro Preto, 1999.

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

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 3 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 1996

OLIVEIRA, Antônio Roberto. **Corrosão e Tratamento de Superfície.** Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/corr_rat_superf/161012_corr_trat_superf.pdf>. Acessado em 20 de maio de 2022.

PANNONI, F. D. **Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio.** 6ª Ed, 2015.