



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

ROBERT WAGNER OLIVEIRA DOS SANTOS

**ESTUDOS INICIAIS DO PROCESSO CORROSIVO EM QUADRA
POLIESPORTIVA DE ZONA RURAL NA CIDADE DE PORTALEGRE-RN**

PAU DOS FERROS

2021

ROBERT WAGNER OLIVEIRA DOS SANTOS

**ESTUDOS INICIAIS DO PROCESSO CORROSIVO EM QUADRA
POLIESPORTIVA DE ZONA RURAL NA CIDADE DE PORTALEGRE-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora do Curso
Ciência e Tecnologia, da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido em cumprimento
às exigências legais como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias

PAU DOS FERROS

2021

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

S237e Santos, Robert Wagner Oliveira dos.
ESTUDOS INICIAIS DO PROCESSO CORROSIVO EM
QUADRA POLIESPORTIVA DE ZONA RURAL NA CIDADE DE
PORTALEGRE-RN / Robert Wagner Oliveira dos
Santos. - 2021.
31 f. : il.

Orientador: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Corrosão. 2. Empolamento pelo hidrogênio.
3. Desgastes. 4. Prevenção da corrosão. I. Dias,
Sanderlir Silva , orient. II. Título.

ROBERT WAGNER OLIVEIRA DOS SANTOS

**ESTUDOS INICIAIS DO PROCESSO CORROSIVO
EM QUADRA POLIESPORTIVA DE ZONA RURAL
NA CIDADE DE PORTALEGRE-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus
Pau dos Ferros, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Data de aprovação: 27 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387

Assinado de forma digital por
SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387
Dados: 2021.06.02 10:38:23 -03'00'

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias (UFERSA)
Presidente

Arnayra Sonayra de Brito Silva Carreiro

Profa. Dra. Arnayra Sonayra de Brito Silva Carreiro (UFERSA)
Examinadora

TYCIANNE JANYNNE
DE OLIVEIRA
CABRAL:09381932441

Assinado de forma digital por
TYCIANNE JANYNNE DE OLIVEIRA
CABRAL:09381932441
Dados: 2021.06.01 23:20:07 -03'00'

Profa. Dra. Tycianne Janyenne de Oliveira Cabral (UFERSA)
Examinadora

DEDICATÓRIA

A minha família, que me deu o suporte à realização do trabalho. À todos que me ajudaram de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial, a minha mãe Antônia, pela paciência.

À minha tia Niraci, por sempre acreditar em mim.

Agradeço também a Sanderlir, que me orientou na realização do trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma.

RESUMO

No processo construtivo das edificações, há o emprego dos mais diversos materiais, como: ferros fundidos, ligas de zinco e cobre, além do aço. Esses materiais vão interagir com os ambientes em que são empregados, em algum grau, de alguma forma. Quando não é levado em consideração o desgaste causado por uma certa aplicação em um dado material, pode se ter consequências indesejadas, como a corrosão. O estudo avaliou o processo corrosivo em uma quadra poliesportiva, situada na zona rural do município de Portalegre-RN. Além disso, buscou-se explicar a respeito dos fatores que influenciam no processo corrosivo, expondo técnicas que reduzam ou previnam a corrosão. Para isso, realizou-se a visita à quadra poliesportiva, com registros fotográficos dos desgastes observados, em consonância com o estudo bibliográfico, para o apontamento das formas de corrosão, suas causas e maneiras de preveni-las ou até mesmo retificá-las. Após isso, foi possível perceber que a estrutura da quadra poliesportiva é exposta a um ambiente que propicia a ocorrência da corrosão, sendo exposta a insolação e, variações de temperatura e umidade. Essas condições proporcionaram a ocorrências das corrosões: por placas, no cordão de solda, no concreto armado, empolamento pelo hidrogênio e sob tensão. Se explicou sobre como esses desgastes observados poderiam ser evitados e, o que seria mais viável para resolução destes, levando em consideração o fator econômico.

Palavras-chave: Corrosão. Empolamento pelo hidrogênio. Desgastes. Prevenção da corrosão.

ABSTRACT

In the construction process of buildings, the most diverse materials are used, such as: cast irons, zinc and copper alloys, in addition to steel. These materials will interact with the environments in which they are employed, to some degree, in some way. When the wear caused by a certain application in a given material is not taken into account, it can have unintended consequences, such as corrosion. The study evaluated the corrosive process in a multi-sports court, located in the rural area of the municipality of Portalegre-RN. In addition, we sought to explain about the factors that influence the corrosive process, exposing techniques that reduce or prevent corrosion. For this, the visit to the sports court was made, with photographic records of the observed wear, in line with the bibliographic study, to point out the forms of corrosion, their causes and ways to prevent or even rectify them. After that, it was possible to notice that the structure of the multisport court is exposed to an environment that favors the occurrence of corrosion, being exposed to insolation and variations in temperature and humidity. These conditions led to the occurrence of corrosions: by plates, in the weld bead, in reinforced concrete, blistering by hydrogen and under tension. It was explained how these observed wear could be avoided and, what would be more feasible to resolve them, taking into account the economic factor.

Keywords: Corrosion. Hydrogen blistering. Wear. Corrosion prevention.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da pilha eletroquímica.....	9
Figura 2: Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono.....	11
Figura 3: Corrosão galvânica em tubo de aço-carbono em contato com válvula de latão.....	11
Figura 4: Corrosão por pite em aço inoxidável.....	12
Figura 5: Corrosão intergranular.....	12
Figura 6: Corrosão sob tensão fraturante em tubo de aço inox aisi 304.....	13
Figura 7: Corrosão do aço no concreto.....	14
Figura 8: Empolamento pelo hidrogênio em chapa de aço-carbono.....	14
Figura 9: Quadra poliesportiva em zona rural.....	22
Figura 10: Corrosão por placas.....	25
Figura 11: Corrosão no cordão de solda e no concreto armado.....	26
Figura 12: Empolamento pelo hidrogênio.....	27
Figura 13: Corrosão sob tensão.....	27

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

RN	Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
pH	Potencial hidrogeniônico

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
km ²	Quilômetro quadrado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo geral.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
3.1. Corrosão.....	8
3.2. Processos corrosivos.....	8
3.2.1. Corrosão eletroquímica.....	8
3.2.1.1. Pilhas eletroquímicas.....	9
3.2.2. Corrosão química.....	10
3.3. Formas de corrosão.....	10
3.4. Meios corrosivos.....	15
3.4.1. Atmosfera.....	15
3.4.2. Águas naturais.....	15
3.4.3. Solo.....	17
3.5. Proteção contra corrosão.....	17
4. METODOLOGIA.....	21
4.1. Pesquisa bibliográfica.....	21
4.2. Análise da corrosão.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. Análise da quadra poliesportiva.....	22
5.1.1. Fatores que influenciam na corrosão da quadra poliesportiva.....	23
5.1.2. Formas de corrosão na quadra poliesportiva.....	24
5.1.3. Proteção contra corrosão.....	28
6. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Na construção de edificações, há o emprego dos mais diversos materiais. Dentre os mais utilizados, estão: os ferros fundidos, ligas de zinco e cobre, além do aço. A relação entre esses materiais e os diversos ambientes em que são empregados, podem fazer com que se tenha a redução de suas propriedades, sejam elas físicas ou estéticas. Eventualmente, quando não é levado em conta o desgaste causado por uma certa aplicação em um dado material, pode se ter consequências indesejadas (CORREIA et al., 2011; CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

Um dos problemas indesejáveis no processo de construção é a corrosão. Esse processo, pode ser entendido, basicamente, como o desgaste de um material, não necessariamente metálico, pela atividade eletroquímica ou química, podendo ou não estar associado a esforços mecânicos. Quando ocasionado pela relação entre o material e o meio onde este se encontra, de forma físico-química, pode se ter a inutilidade do material devido ao desgaste ou alterações estruturais (GENTIL, 1996).

Nos materiais metálicos, a corrosão pode se manifestar de duas formas. A primeira é por meio do desgaste do material, enquanto que a segunda, seria através da formação de crosta. A velocidade com que o desgaste vai acontecer, vai depender da maneira como o material será exposto (se ao solo, a água ou a atmosfera) (CORREIA et al., 2011; CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

A corrosão é responsável por 30% do desperdício na produção de ferro e aço no mundo. Esse desperdício, equivale de 1 a 5% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países. Para manutenção dos problemas causados pela corrosão no Brasil, foi destinado 4% do PIB em 2019, o correspondente a 290 bilhões de reais. Esse gasto, poderia ser reduzido em cerca de 25%, segundo a Nexa, caso houvesse uso de procedimentos de proteção contra corrosão (PORTAL DA MINERAÇÃO, 2020).

Os gastos provocados pela corrosão ocorrem nos mais diversos ramos industriais. Dentre esses ramos, tem-se: indústria química, construção civil, transporte aéreo, ferroviário, além do ramo da arte. Essas despesas podem ser tanto diretas, quando se tem a substituição de uma peça, quanto indiretas, mais difíceis de mensurar, já que esse tipo de perda acontece quando se tem paradas acidentais em um certo serviço ou perda de produtos (GENTIL, 1996).

Tendo em vista os gastos para manutenção dos problemas ocasionados pelo processo corrosivo, pretende-se abordar maneiras que visam a redução desses

gastos, já que o uso de técnicas adequadas contra corrosão pode resultar numa economia de 25% dessas despesas. Ademais, será analisado o desgaste nas estruturas que compõem a quadra poliesportiva de uma escola na zona rural, propondo técnicas que poderiam evitar a ocorrência dos desgastes observados nesse espaço.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Abordar os problemas relacionados à corrosão em uma quadra poliesportiva, bem como propor soluções aos desgastes observados.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a corrosão na quadra poliesportiva situada na zona rural de Portalegre-RN;
- Explanar os fatores que influenciam a corrosão na quadra poliesportiva;
- Levantar as principais formas de corrosão observadas;
- Expor técnicas que reduzam ou previnam o processo corrosivo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Corrosão

De um modo geral, a corrosão pode ser definida como a degradação de um dado material, metálico ou não, por atividade química ou eletroquímica do ambiente, podendo estar associada a esforços mecânicos. Quando ocasionada pela relação físico-química entre o material e o meio em que este se encontra, pode-se ter modificações indesejadas, que o deixem inutilizado (GENTIL, 1996).

Em não metais, o processo corrosivo acontece através da interação do material com o meio ambiente, podendo acontecer na madeira e borracha, por exemplo. Nesses casos, pode-se ter a corrosão da madeira pelo contato com sais ácidos e soluções ácidas, fazendo com que haja perda de sua resistência e, perda da elasticidade da borracha, devido a oxidação por ozônio (GENTIL, 1996).

3.2 Processos corrosivos

A depender do material e do meio em que este se encontra, se tem, principalmente, a classificação dos processos corrosivos em dois grandes grupos (GENTIL, 1996):

3.2.1 Corrosão eletroquímica

O processo eletroquímico é o que ocorre normalmente nos metais, em que há reação química e, conseqüentemente, transferência de elétrons. Nesse tipo de reação, os átomos dos metais perdem elétrons, oxidando e, indo para forma de íon carregado, como pode ser observado abaixo:

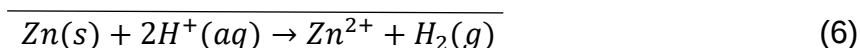


Os elétrons cedidos pelos metais, são captados por outros compostos químicos, os quais sofrem redução, como pode ser observado abaixo:



Que seria um exemplo do que aconteceria em solução ácida, em que o íon H^{+} seria reduzido (por receber elétrons) e, o gás hidrogênio (H_2) seria liberado (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

Em uma reação eletroquímica global, se tem tanto oxidação quanto redução. Nesse tipo de reação, não há acúmulo de íons, já que os íons provenientes da oxidação são totalmente utilizados na redução. Um exemplo de reação global eletroquímica, acontece quando se tem zinco em solução ácida na presença de íons H^+ , acontecendo o que se observa abaixo:

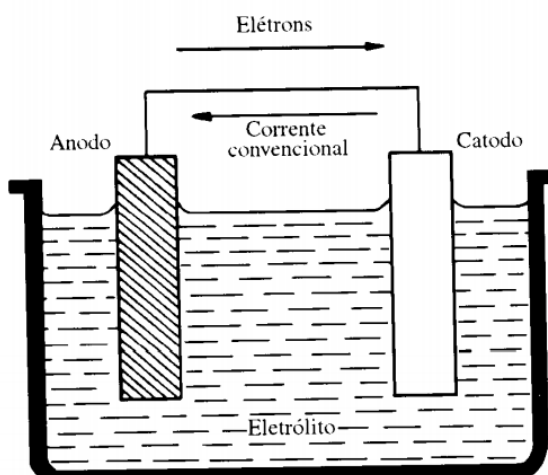


Em que o zinco, por ser um metal, oxida (sofre corrosão), perdendo elétrons, os quais são captados pelos íons H^+ , que reduzem e, admitem a forma de gás (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

3.2.1.1 Pilhas eletroquímicas

Os compostos metálicos não possuem a mesma predisposição à oxidação. Com isso, tem-se a importância de abordar sobre as pilhas eletroquímicas. Esse tipo de pilha, é constituída por quatro elementos básicos: o anodo, que é o eletrodo que sofre desgaste, por ser oxidado e, de onde se tem a entrada da corrente elétrica no eletrólito; o catodo, que é o eletrodo que não sofre desgaste, onde há saída da corrente elétrica do eletrólito e, reações de redução; o eletrólito, que possibilita a passagem de corrente do anodo para o catodo; e o circuito metálico é uma ligação metálica por onde passam os elétrons, os quais vão do anodo para o catodo (GENTIL, 2003; NUNES; LOBO, 1998 apud BRINCK, 2004). Um esquema de pilha eletroquímica pode ser observado na Figura 1:

Figura 1: Esquema da pilha eletroquímica.

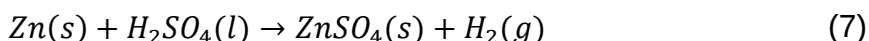


Fonte: Gentil, 1996.

As pilhas eletroquímicas, também conhecidas como células de corrosão eletroquímica, ocasionam a degradação do objeto metálico. Essas células, originam-se devido a diferença de potencial entre os eletrodos que a compõem. Caso algum elemento da célula de corrosão eletroquímica seja retirado, se tem uma redução da ocorrência de corrosão (BRINCK, 2004).

3.2.2 Corrosão química

Nesse tipo de processo corrosivo, não há formação de corrente elétrica, já que não se tem transferência de elétrons, como acontecia no processo eletroquímico. Com isso, o que acontece no processo corrosivo em questão, são reações químicas entre o material e o meio de forma direta, sem a presença de um eletrólito, o qual se fazia presente na corrosão eletroquímica. Um exemplo de corrosão química, pode ser observado abaixo:

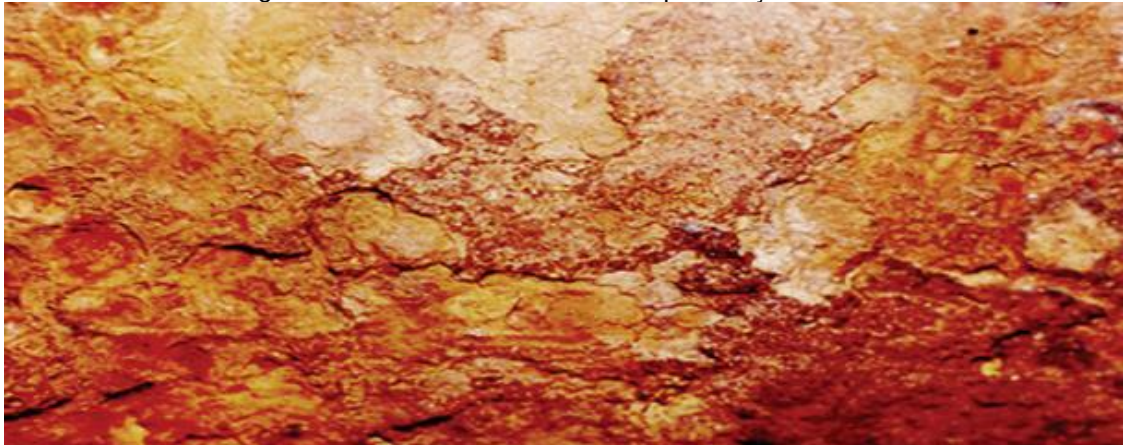


Em que se tem o desgaste do zinco na presença do ácido sulfúrico, havendo a formação do sulfato de zinco e gás hidrogênio (MERÇON et al., 2004).

3.3 Formas de corrosão

A classificação da corrosão pode ocorrer de acordo com a forma que ela se manifesta. Nos metais, pode-se ter a classificação da corrosão, em: corrosão uniforme, galvânica, em frestas, por pites, intergranular, por lixívia seletiva, erosão-corrosão, corrosão sob tensão, dentre outras formas de corrosão. A corrosão uniforme atinge o material de forma homogênea, ao decorrer de sua extensão, criando um certo depósito, com regularidade. Nesse tipo de corrosão, as reações de oxidação e redução acontecem aleatoriamente. Um exemplo de corrosão uniforme é a ferrugem do ferro, sendo, provavelmente, a forma mais frequente de corrosão e, por conta disso, é relativamente fácil de ser prevista (CALLISTER; RETHWISCH, 2012). Esse tipo de corrosão pode ser visto na Figura 2.

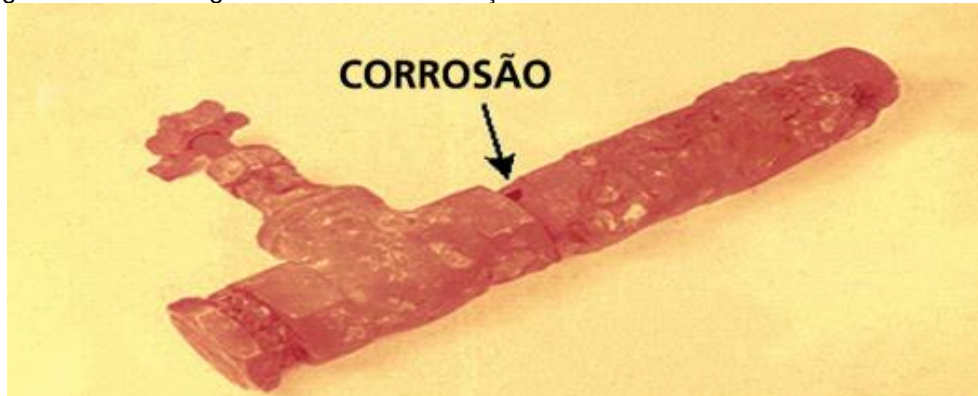
Figura 2: Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono.



Fonte: Gentil, 1996.

A corrosão galvânica é um tipo de corrosão que acontece na presença de dois materiais metálicos distintos na presença de um eletrólito. Com isso, o metal com maior tendência a ceder elétrons vai oxidar (sendo corroído), enquanto o metal menos reativo vai reduzir (sendo protegido), ou seja, a corrosão galvânica acontece quando se tem uma pilha eletroquímica (CALLISTER; RETHWISCH, 2012). Esse tipo de corrosão pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3: Corrosão galvânica em tubo de aço-carbono em contato com válvula de latão.



Fonte: Oliveira, 2012.

Um outro tipo de corrosão eletroquímica, pode ser ocasionado por concentrações diferentes de gases ou íons dissolvidos na solução eletrolítica e também entre regiões distintas de uma mesma peça metálica. Nesse tipo de pilha, a região de menor concentração acaba sendo corroída e, isso acontece, principalmente em frestas, tendo a estagnação da solução e saída do oxigênio de forma localizada e, posterior, oxidação do metal. Esse processo, é denominado corrosão em frestas, em que os elétrons gerados na oxidação são direcionados a áreas adjacentes externas, onde são empregados em reações de redução (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

A corrosão por pites, também denominada corrosão puntiforme, se apresenta na forma de pequenos orifícios em superfícies metálicas. Esses orifícios, são caracterizados, principalmente, por possuírem profundidade superior ao diâmetro (GENTIL, 1996). Esse tipo de processo é mostrado na Figura 4.

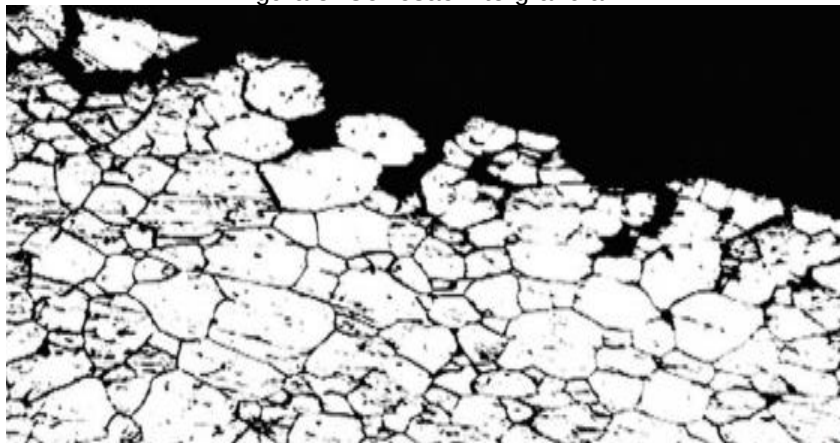
Figura 4: Corrosão por pite em aço inoxidável.



Fonte: Oliveira, 2012.

Uma forma de corrosão que ocorre entre os grãos da estrutura cristalina do metal é a corrosão intergranular. Esse tipo de corrosão, pode fazer com que o material tenha prejuízo em suas propriedades mecânicas, o deixando susceptível a quebra quando exigido de modo mecânico e, ocasionando, dessa forma, a corrosão sob tensão fraturante (GENTIL, 1996). A corrosão intergranular pode ser observada na Figura 5:

Figura 5: Corrosão intergranular.



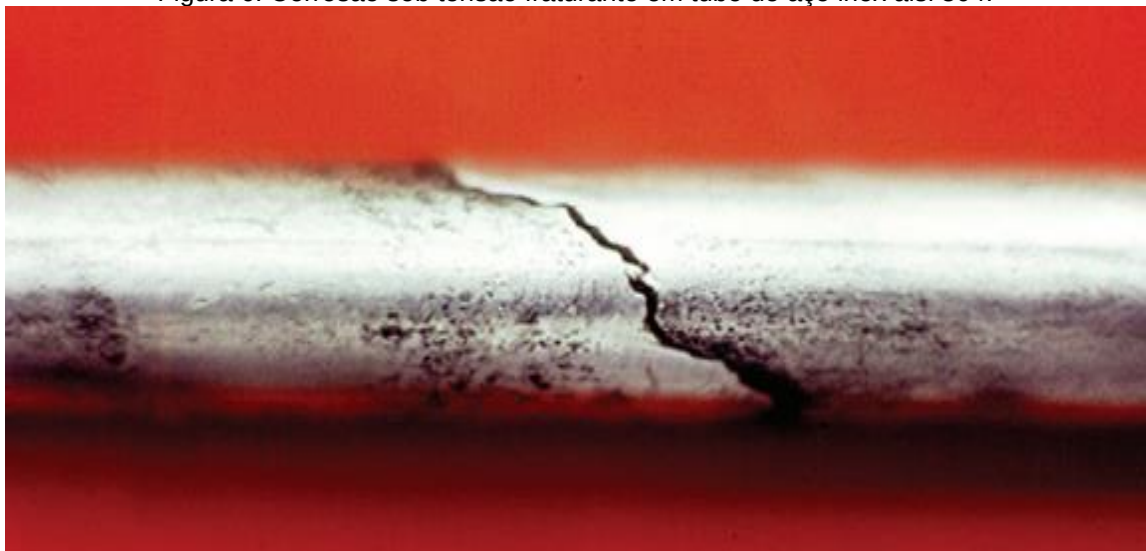
Fonte: Oliveira, 2012.

Quando um elemento que constitui uma liga por solução sólida é retirado devido a um processo corrosivo, se tem a corrosão por lixívia seletiva. Um exemplo disso, acontece quando há retirada do zinco do latão, o qual é lixiviado de modo seletivo do latão, que é uma liga composta de cobre e zinco. Com isso, se tem uma perda considerável das peculiaridades mecânicas da liga, restando o cobre em forma de massa porosa (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

A junção entre a atividade química e a degradação mecânica proporcionada pela movimentação de um fluido são os responsáveis pela erosão-corrosão. Esse tipo de ataque é mais propenso em ligas metálicas, sobretudo, as que apresentam proteção de filmes superficiais. O desgaste do filme, pode fazer com que se tenha a degradação do mesmo, deixando o metal exposto e, vulnerável à corrosão. Metais dúcteis, como chumbo e cobre são mais frágeis a essa forma de desgaste (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

A corrosão sob tensão decorre de um ambiente corrosivo aliado a uma tensão de tração. Isso pode acontecer, mesmo com materiais que são, em certo grau, inertes, quando submetidos a tensão. Quando material é submetido a tração em ambiente propício a corrosão, podem se formar trincas e possíveis falhas. Um exemplo de material propenso a esse tipo de corrosão, são os aços inoxidáveis na presença de soluções contendo íons cloreto, mesmo sob tensão moderada (CALLISTER; RETHWISCH, 2012). Esse tipo de desgaste pode ser visualizado na Figura 6:

Figura 6: Corrosão sob tensão fraturante em tubo de aço inox aisi 304.



Fonte: Oliveira, 2012.

O desgaste do aço presente no concreto é outro tipo de corrosão. Sendo que, isso pode ser provocado de duas maneiras principais: quando há deterioração do concreto diminuindo a proteção física do concreto ao aço e, quando se tem alteração do pH do concreto, o que afeta a formação do filme passivador do aço. Ademais, ainda se tem fatores que influenciam na ocorrência desse tipo de corrosão, como: a má compactação do concreto, erro na distribuição entre as quantidades de água e cimento que vão compor o concreto, baixa resistência do concreto à penetração de água e dióxido de carbono (RIBEIRO et al., 2015). O desgaste do aço no concreto pode ser percebido na Figura 7.

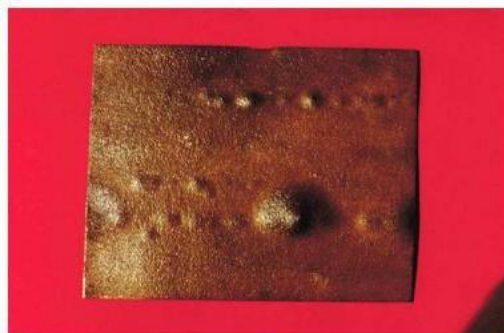
Figura 7: Corrosão do aço no concreto.



Fonte: Tecnosil, 2021.

Outra forma de corrosão é o empolamento pelo hidrogênio. Ela se apresenta na forma de saliências nas superfícies metálicas, como pode ser observado na Figura 8, em que há entrada do hidrogênio em sua forma atômica nas estruturas, havendo sua transformação em hidrogênio molecular, o que vai gerar pressões internas no material, causando o empolamento pelo hidrogênio (ARAÚJO, 2009).

Figura 8: Empolamento pelo hidrogênio em chapa de aço-carbono.



Fonte: Engenheiro de Materiais, 2017.

3.4 Meios corrosivos

No processo corrosivo, um dos fatores que mais influem é o meio em que o material está inserido. Esses meios, incluem: a atmosfera, as águas naturais e o solo (OLIVEIRA, 2012).

3.4.1 Atmosfera

A ação corrosiva no meio atmosférico, depende de aspectos como: a presença de substâncias poluentes, variações de temperatura, umidade relativa e o período em que o filme eletrolítico vai permanecer na superfície do material metálico (OLIVEIRA, 2012).

A presença de substâncias poluentes na atmosfera, ocorre pelo carregamento destas na forma de partículas sólidas de modo não homogêneo. Com isso, há o depósito de material não metálico sobre a superfície do material que vai sofrer a corrosão, o que gera uma região de aeração diferencial, a qual origina uma pilha eletroquímica, em que a área que houve o depósito é o anodo, enquanto o restante da superfície metálica será o catodo (OLIVEIRA, 2012; GRANATO et al., 2007).

A umidade relativa do ar, pode ser compreendida como a relação entre o vapor de água presente no ar e o máximo desse vapor que pode ser comportado pelo mesmo. O aumento da umidade relativa, favorece a ocorrência do processo corrosivo, sendo que, quando o valor de umidade crítica é atingido, a corrosão ocorre de forma mais acentuada. Uma atmosfera que apresenta poluição, aliada a uma alta umidade relativa, constituem um cenário propício ao desgaste corrosivo (OLIVEIRA, 2012).

Temperaturas mais elevadas diminuem a velocidade da corrosão. Isso acontece, principalmente, pela menor solubilidade do oxigênio. Além disso, ainda se tem a redução da condensação do vapor de água e, de adsorção de gases pela superfície metálica, o que também reduz o tempo de permanência do filme eletrolítico por também diminuir a condensação do vapor de água (OLIVEIRA, 2012).

3.4.2 Águas naturais

A água em contato com materiais metálicos pode provocar o desgaste destes. Esse desgaste, vai depender do que vai estar presente na água, como gases e sais

dissolvidos, sofrendo influência de fatores, como: o pH, a temperatura e velocidade de circulação da água (GENTIL, 1996).

Dentre os gases, geralmente, dissolvidos na água, tem-se: oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2), cloro (Cl_2) e gás sulfídrico (H_2S). O oxigênio e o dióxido de carbono, normalmente, já são encontrados na água, enquanto outros desses gases, decorrem de tratamento, como o cloro, ou advém da atmosfera devido a absorção de poluentes (GENTIL, 1996).

Um gás que pode tanto favorecer, quanto proteger contra corrosão é o oxigênio. Favorece, quando se faz presente na região catódica e é reduzido e, protege materiais como aços inoxidáveis, alumínio e suas ligas, através da formação de camadas de óxidos (GENTIL, 1996).

Assim como os gases dissolvidos, os sais dissolvidos na água tanto podem ajudar na proteção contra corrosão, quanto contribuir para sua ocorrência. O cloreto de sódio, quando dissolvido na água, pode intensificar o desgaste por corrosão, por aumentar a condutividade do eletrólito, no processo eletroquímico. Sendo que, mesmo causando o aumento do desgaste, o cloreto de sódio ainda pode reduzir a ocorrência do processo eletroquímico, quando em altas concentrações, já que isso diminui a solubilidade do oxigênio na água (GENTIL, 1996).

A alteração do pH da água pela presença de ácidos ou bases ocasiona diferentes efeitos. Quando se tem ligas de ferro, por exemplo, há corrosão de forma considerável em pH menor que 4 e, efeito contrário em valores de pH mais elevados, enquanto as ligas de alumínio não suportam valores de pH mais elevados ocasionados por hidróxidos de potássio e sódio (GENTIL, 1996).

O efeito da temperatura no processo corrosivo varia bastante. Em faixas de temperatura em torno de 20 a 30°C, há o aumento em 30% da taxa de corrosão, sendo que, quando a temperatura ultrapassa 80°C, a taxa corrosiva decresce porque a solubilidade do oxigênio é reduzida (GENTIL, 1996).

A velocidade de circulação da água pode apresentar diferentes consequências no desgaste dos materiais metálicos. De um modo geral, o aumento da velocidade de circulação da água é acompanhado do aumento da taxa corrosiva, o que também acontece quando essa velocidade é muito reduzida, já que se aumenta a probabilidade de aeração diferencial pelo depósito de sólidos (GENTIL, 1996).

3.4.3 Solo

Os solos apresentam grande variabilidade em sua constituição, podendo se ter solos com características que contribuem ou não com a ocorrência do desgaste corrosivo. Os aspectos que vão influir nisso, são: umidade, acidez, grau de aeração e condutividade elétrica. Solos que possuem teor de umidade superior a 20% são mais susceptíveis à corrosão, o que ocorre de modo similar ao que acontece na corrosão atmosférica. Quando o solo dispõe de pH ácido, há maior probabilidade de desgaste corrosivo em relação aos solos mais básicos. Solos mais aerados, são mais permeáveis e, por consequência, facilitam a condutividade elétrica favorecendo ao ataque corrosivo. O mesmo não é observado em solos secos, já que estes não permitem o fechamento do circuito da corrente corrosiva (CASTRO, 1999).

3.5 Proteção contra corrosão

Aspectos que merecem atenção, quando nos referimos a degradação de metais, principalmente, se tratando da corrosão galvânica são: proporção entre as áreas do catodo e anodo e, resistividade do eletrólito. Quando a área do componente anódico for consideravelmente maior que a área do componente catódico, se reduz, significativamente, a ocorrência da corrosão, sendo o oposto, uma situação bastante perigosa no âmbito da corrosão. Com uma alta resistividade do eletrólito, se diminui, drasticamente, a possibilidade de corrosão (PANNONI, 2015).

Em se tratando de procedimentos para proteção à corrosão, a proteção catódica é uma técnica bem difundida. Esse procedimento, vem sendo utilizado desde 1824, quando Sir Humphrey Davy prolongou o desgaste de chapas de cobre que envolviam cascos de madeira em navios. Essa técnica, consiste, basicamente, em fazer com que o material que se deseja proteger seja o catodo em uma célula eletroquímica (CASTRO; AGUIAR, 2010).

A proteção anódica, é outro método que pode ser empregado na proteção contra corrosão. Ele consiste, basicamente, na aplicação de uma corrente ao longo do material que será protegido, havendo a passivação do mesmo. No entanto, esse procedimento não pode ser utilizado em qualquer tipo de metal, se restringindo àqueles que se passivam, como: titânio, ferro e níquel; não podendo ser utilizado no cobre, zinco, cádmio e magnésio, por não se passivarem (GENTIL, 1996).

As tintas são revestimentos que podem ser utilizados por apresentarem uma série de vantagens. Dentre essas vantagens, temos: a facilidade de aplicação, decoração proporcionada pelo acabamento e o fato de permitir a proteção de estruturas de porte considerável (CORREIA et al., 2011).

Na proteção contra a corrosão, as tintas à base de resinas de poliuretano podem ser utilizadas. Esse tipo de tinta, é resistente ao impacto, a água e à abrasão, sendo que, suas peculiaridades vão variar, de acordo com o agente de cura. Caso o agente de cura da tinta poliuretânica seja o isocianato aromático, a resistência ao intemperismo será baixa, mas se o agente de cura for o isocianato alifático, haverá uma grande resistência ao intemperismo e a conservação da coloração com a exposição aos raios ultravioletas (ANGHINETTI, 2012).

Os revestimentos orgânicos incluem as tintas supracitadas e, podem ser divididos em dois tipos: revestimentos de alta espessura e revestimentos convencionais. Os revestimentos de alta espessura são empregados em estruturas submersas, como tubulações, por exemplo, enquanto que os revestimentos convencionais, são empregados em estruturas sujeitas ao meio atmosférico (CASTRO, 1999).

Nos revestimentos orgânicos, além das tintas, ainda se têm os polímeros. Tais polímeros são a base para obtenção de certos tipos de tintas, como as tintas de poliuretano. Essas tintas são compostas por duas partes: uma com a resina e outra contendo o agente de cura. Dentre as características das tintas poliuretânicas, destacam-se: resistência a água, a abrasão, a ácidos e a impactos; sendo que essas características vão sofrer influência dependendo do tipo de agente de cura, já que o isocianato alifático vai manter o brilho e a cor e proteger contra o intemperismo, enquanto que o isocianato aromático não vai proteger contra intempéries (ANGHINETTI, 2012).

Os revestimentos inorgânicos não metálicos também podem ser aplicados sobre as estruturas para sua proteção. Esse tipo de revestimento, pode ser formado sobre a superfície a ser protegida ou ser depositado sobre esta. Dentre os procedimentos que geram os revestimentos inorgânicos, tem-se: anodização, cromatização e fosfatização. Na anodização, a estrutura a ser protegida é inserida em uma solução como o anodo, daí o nome do procedimento, o qual geralmente é realizado no alumínio. Na cromatização, o revestimento é constituído a partir de soluções contendo ácido crômico ou cromatos, em que há o depósito do revestimento

sobre o material a ser protegido contra corrosão. Na fosfatização, uma camada de fosfato é formada sobre o material a ser protegido, sendo a proteção não conferida por essa camada, mas por efeitos secundários a sua formação, já que a mesma proporciona aumento da porosidade e melhora a aderência do que será posteriormente aplicado à superfície submetida a tal processo (GENTIL, 1996).

Uma medida que pode ser empregada na proteção à corrosão, é o uso de revestimentos metálicos. Essa medida, além da função protetiva, ainda confere o endurecimento superficial e efeito decorativo. A proteção conferida pelos revestimentos metálicos se dá através da formação de películas de hidróxidos, óxidos e outros componentes que vão reagir com o que gera o desgaste corrosivo. Para a formação dos revestimentos, os compostos mais utilizados são: cromo, alumínio, níquel e zinco (OLIVEIRA, 2012).

A metalização é um dos processos que podem ser utilizados para a constituição dos revestimentos metálicos. Esse processo, geralmente, tem seu uso com intuito recuperativo, em que pode-se ter o uso de metais, como: cobre, zinco, cromo e ligas de cobre e zinco; os quais vão compor o revestimento que será depositado sobre o material a ser protegido (OLIVEIRA, 2012).

A redução química é outro procedimento de aplicação de revestimentos metálicos. Ele consiste na redução de íons metálicos em soluções, com a constituição, a partir disso, de uma película aderente sobre a superfície do metal a ser protegido (OLIVEIRA, 2012).

Um processo bastante utilizado para aplicação de revestimento metálicos é a eletrodeposição. O motivo disso, se dá pela qualidade do revestimento, suas finas camadas e alto grau protetivo. Os compostos, normalmente, empregados nesse processo, são: cádmio, níquel e até o ouro; em que o material que compõe o revestimento é o ânodo (OLIVEIRA, 2012).

Para evitar o processo corrosivo, ainda se pode recorrer ao uso de inibidores de corrosão. Esses inibidores podem ser compreendidos como compostos que quando presentes no meio corrosivo, eliminam ou diminuem a ocorrência da corrosão. Dentre os tipos de inibidores, temos: os inibidores anódicos, catódicos e adsorção. Os inibidores anódicos, dificultam a reação anódica ao reagirem com o que é formado, inicialmente, na corrosão. Os inibidores catódicos, dificultam a reação catódica, ao providenciar íons metálicos que vão reagir com a alcalinidade do catodo, produzindo compostos que vão cercar o catodo, impedindo a condução dos elétrons. Os inibidores

de adsorção, agem como películas protetoras sobre as áreas anódica e catódica, não permitindo que haja a ação eletroquímica (GENTIL, 1996).

4 METODOLOGIA

A pesquisa teve como início um estudo bibliográfico dando enfoque ao processo corrosivo, realizando-se um levantamento de definições, dados e informações necessárias para o estudo, que foram adquiridas em livros, revistas, artigos, sites da internet, além de outros materiais.

A presente pesquisa, consta análise do processo corrosivo em uma quadra poliesportiva no Sítio Bom Sucesso, na zona rural do município de Portalegre-RN. Esse município, localiza-se na mesorregião Oeste Potiguar, tendo estimativa populacional de 7.906 habitante no ano de 2020 e, área territorial de 110,054 km², segundo IBGE (2020).

Esse estudo se deu por meio do método de observação sistemática, no qual o pesquisador já sabe o que busca e executa sua investigação em cima das ideias previamente definidas, realizando um registro e aglomeração de dados afim de entender e explicar o evento estudado (LAKATOS; DE ANDRADE MARCONI, 2003).

4.1 Pesquisa bibliográfica

O trabalho foi realizado a partir de pesquisa bibliográfica acerca da corrosão. Nessa pesquisa, buscou-se o entendimento sobre o processo corrosivo, como esse processo ocorre, suas formas, meios corrosivos, além de como pode se ter a prevenção contra corrosão. Com isso, obteve-se maior propriedade para realização da análise da estrutura da quadra poliesportiva e apontamento de formas que poderiam prevenir, ou até mesmo corrigir os problemas observados.

4.2 Análise da corrosão

Para identificação das formas de corrosão da quadra poliesportiva, realizou-se a visita a mesma, com realização de registros fotográficos. Com base no que foi observado e registrado através das fotografias, em consonância ao levantamento bibliográfico, apontou-se as formas de corrosão na estrutura analisada e se propôs procedimentos que poderiam ter evitado e, até mesmo ser capazes de corrigir os desgastes observados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da inspeção visual foi possível realizar o levantamento das áreas com maiores problemas de corrosão e identificar o tipo e forma da corrosão nestas áreas.

O processo corrosivo pode ocasionar em uma série de problemas às estruturas, principalmente, metálicas. Em decorrência disso, pode-se ter a diminuição das características físicas ou estéticas dos materiais, o que vai gerar gastos para ser corrigido. Com isso, o uso de técnicas e medidas que retardem o curso desse fenômeno são essenciais para evitar essas modificações, as quais diminuem a vida útil dos materiais, geram custos adicionais, além de apresentar aparência desagradável.

5.1 Análise da quadra poliesportiva

As estruturas contidas nos mais diversos ambientes interagem com estes, em algum grau, de alguma forma. Isso também acontece com a estrutura da Figura 9.

Na Figura 9, tem-se a quadra poliesportiva situada na zona rural no município de Portalegre. A edificação é composta por estrutura metálica de ferro e exposta a fatores como: mudanças de temperatura e variações climáticas (exposta ao sol e a chuva). Ademais, variações de umidade ao longo do dia, que assim como as condições anteriores, contribuem para ocorrência do processo corrosivo (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

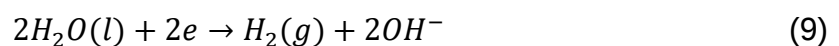
Figura 9: Quadra poliesportiva em zona rural.



Fonte: Autor próprio, 2020.

5.1.1 Fatores que influenciam na corrosão da quadra poliesportiva

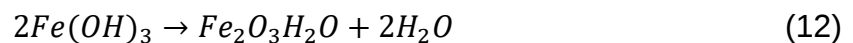
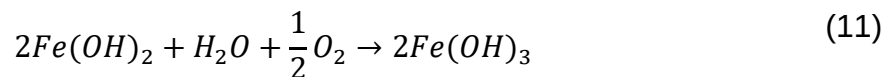
As peculiaridades atmosféricas exercem influência sobre o processo corrosivo. Isso acontece porque grande parte dos materiais metálicos é exposto a atmosfera. Esse processo se dá pela formação de uma película sobre o metal, o que faz com que este sofra corrosão eletroquímica. A formação dessa película ocorre por conta da umidade do ar, a qual não precisa ser elevada para tal formação e desgaste das estruturas, através das reações que seguem:



Em que os íons Fe^{2+} vão para região catódica e, os íons OH^- vão para região anódica, havendo a formação do hidróxido ferroso em uma região intermediária, como pode ser observado na reação abaixo:



Em meio com alto teor de oxigênio, tem-se:



A produção de ferrugem $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, apresentando colorações alaranjada ou castanha-avermelhada (ASSIS, 2000; MERÇON et al., 2004).

Na corrosão atmosférica, a umidade relativa do ar é um dos aspectos mais importantes, já que provoca alteração na velocidade desse processo, sendo a umidade crítica, um valor de umidade relativa que após ser atingido, se tem a corrosão do material de modo significativo. Esse valor de umidade varia de acordo com o tipo de acabamento da superfície, pois se este apresentar rugosidade, haverá diminuição da pressão para condensação da umidade e, maior facilidade à formação da película que causa corrosão eletroquímica. A umidade crítica também pode sofrer interferência da presença de produtos de corrosão e contaminantes de caráter higroscópico, os quais também condensam a umidade (ASSIS, 2000).

Na prática, o processo corrosivo de forma atmosférica não é constante. Isso ocorre devido a superfície do material metálico estar exposto a fases úmidas e secas. Nos períodos mais úmidos haverá formação da película pela condensação da umidade, enquanto nos períodos mais secos, a película formada anteriormente irá secar. A umidade para constituição dessa película pode ser proveniente de

fenômenos, como: neblinas, chuvas, até mesmo pela absorção do vapor atmosférico pela superfície do material metálico (ASSIS, 2000).

Com relação a umidade e a temperatura, na zona rural do município de Portalegre, Silveira e Carvalho (2016) encontraram médias de 53,4% e 26°C, respectivamente. Tais parâmetros apresentaram variação significativa em um período de 24 horas, já que a umidade variou entre 28,5 a 80,2%, enquanto que a temperatura variou entre 19,8 a 33,6°C. Sendo que, se coincidiu o período de maior umidade e menor temperatura (entre 3 e 4 horas) e, de menor umidade e maior temperatura (entre 12 e 13 horas).

Nesse cenário de umidade e temperatura, se tem uma intensificação do processo corrosivo. O motivo disso, é o fato de se estimular o alongamento e contração do revestimento metálico, o que contribui para degradação do mesmo. Além disso, se tem a duplicação da taxa de corrosão, com o aumento cíclico de temperatura em 10°C (DRISKO, 1999 apud ASSIS, 2000).

As chuvas, assim como a umidade e temperatura, interferem na corrosão. No município de Portalegre, o período chuvoso se concentra entre os meses de fevereiro e maio. Durante esse período do ano, pode se ter uma contribuição desse fenômeno contra o desgaste dos materiais, já que os sais na superfície metálica podem ser solubilizados e retirados da mesma. Contudo, caso haja fissuras na superfície do material, há um aumento da condutividade eletrolítica e, potencialização da corrosão (MEDEIROS, S.; MEDEIROS, J., 2012; GENTIL, 1996).

5.1.2 Formas de corrosão na quadra poliesportiva

O processo corrosivo se manifesta de formas diferentes. O que vai determinar a forma com que esse processo acontece, vai ser o aspecto visual e o mecanismo de ataque da corrosão. Uma delas, pode ser observada na Figura 10.

Na corrosão por placas, o desgaste ocorre de forma mais acentuada em certas áreas do material metálico, não sendo uniforme, como acontece na corrosão uniforme. A região ilustrada na Figura 10 compõe parte de um dos portões de acesso à quadra poliesportiva. Essa região é exposta a mudanças de temperatura, sol e chuva, além de variações de umidade, o que gera um ambiente propício à ocorrência do que é observado (GENTIL, 1996).

Figura 10: Corrosão por placas.



Fonte: Autor próprio, 2020.

Outro tipo de corrosão observado na quadra poliesportiva, pode ser visto na Figura 11, em que se tem a corrosão em torno do cordão de solda, do ponto de vista morfológico. Esse tipo de desgaste, como próprio nome sugere, acontece no cordão de solda de modo intergranular, entre os grãos da rede cristalina do material, podendo haver a falha em caso de solicitação mecânica. Além da corrosão em torno do cordão de solda, na Figura 11 ainda se percebe a corrosão do concreto armado (GENTIL, 1996).

O desgaste do concreto mostrado na Figura 11 fez com que o aço fosse acometido com a corrosão. A causa disso se deve ao fato de a barreira física que era proporcionada pelo concreto ter sido, parcialmente, degradada. Outro fator que contribuiu à corrosão do aço, foi a diferença de potencial entre as áreas da barra de aço, o que ocorre com aeração diferencial (já que parte do aço está exposta ao ambiente) e, variações de umidade, que ocorrem na região em que a quadra poliesportiva se localiza (RIBEIRO et al., 2015; SILVA, 2006).

Figura 11: Corrosão no cordão de solda e no concreto armado.



Fonte: Autor próprio, 2020.

O empolamento pelo hidrogênio também foi observado na estrutura metálica analisada e pode ser visualizado na Figura 12. Nesse tipo de corrosão, se tem a entrada do hidrogênio atômico no material metálico, devido seu volume reduzido, que ao se deparar em um ambiente com vazios, se expande, indo para sua forma de gás hidrogênio. Com a ocorrência desse processo, há formação de bolhas, as quais originam o empolamento pelo hidrogênio. A incidência desse problema pode ter sido originada na fundição do material, tendo em vista, a maior solubilidade do hidrogênio durante essa etapa, havendo seu acúmulo nos vazios no período de resfriamento, com posterior diminuição de sua solubilidade em temperatura ambiente (GENTIL, 1996; SANTOS JUNIOR; BIEHL, 2014).

Figura 12: Empolamento pelo hidrogênio.



Fonte: Autor próprio, 2020.

Outro tipo de corrosão observado na estrutura analisada, foi a corrosão sob tensão, a qual segue na Figura 13.

Figura 13: Corrosão sob tensão.



Fonte: Autor próprio, 2020.

Esse tipo de corrosão também é denominado por trincamento por corrosão sob tensão. Ele é ocasionado pela consonância entre a presença de uma tensão de tração e um ambiente que favoreça a corrosão. A tensão de tração não precisa ser externa, para provocar o trincamento por corrosão, ela pode ser resultante de variações de temperatura e desigual contração do material. Na zona rural do município de Portalegre (onde a estrutura analisada se localiza), se tem variações de temperatura de mais de 10°C em um período de 24 horas, sendo que os percentuais de umidade também chegam a atingir 80,2%, ambiente que pode ser propício à corrosão sob tensão, por conta da variação de temperatura e, umidade que favorece a formação da película superficial que gera a corrosão eletroquímica (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

5.1.3 Proteção contra corrosão

Com base nos desgastes observados na estrutura da quadra poliesportiva, um procedimento que poderia ser utilizado para prevenção dos mesmos, ou até mesmo para correção destes, é a aplicação de tintas a base de resina poliuretânica. Tal procedimento apresenta resistência às intempéries e conserva a coloração à insolação. Além desse procedimento, a metalização também pode ser empregada na estrutura analisada, sendo um método utilizado tanto para prevenção, quanto para recuperação de estruturas corroídas.

Com relação a corrosão do concreto e do aço, observadas na estrutura analisada, não há maneiras de corrigir, apenas de evitar que aconteçam. Para isso, é necessário que se tenha: concreto com correta distribuição entre as quantidades de água e cimento, adequada compactação e espessura do concreto; medidas que vão evitar a degradação do concreto e, conseqüentemente, o desgaste do aço, que não vai apresentar diferença de potencial, por não estar sendo exposto ao ambiente (RIBEIRO et al., 2015).

6 CONCLUSÃO

Por meio da avaliação do processo corrosivo na quadra poliesportiva do Sítio Bom Sucesso, no município de Portalegre-RN, se observou a presença de desgastes. A partir disso, realizou-se a identificação destes e de suas causas, além dos fatores que influenciam à ocorrência dos processos averiguados.

Com o que foi verificado na estrutura, concomitante ao que foi obtido na literatura, percebeu-se que os fatores climáticos, na zona rural no município de Portalegre-RN contribuem para a ocorrência da corrosão das estruturas. Isso pode ser afirmado devido as grandes variações de umidade e temperatura ao decorrer do dia, aliado a sazonalidade climática, em que as chuvas e neblinas favorecem a formação do filme eletrolítico, o qual sobre o metal subsidia o desgaste corrosivo.

Através dos desgastes averiguados na estrutura analisada, percebeu-se, principalmente, as corrosões: por placas, no cordão de solda, no concreto armado, empoamento pelo hidrogênio e sob tensão. Para prevenção ou até mesmo para correção de alguns desses tipos de corrosão, poderia se ter a aplicação de tintas a base de resina poliuretânica, tendo em vista a proteção imposta por esse tipo de tinta. Outro procedimento que poderia ser empregado seria metalização, podendo ser utilizado na prevenção, assim como na correção dos desgastes averiguados.

Com a elaboração do trabalho, percebeu-se que os objetivos foram alcançados, havendo a conclusão de que a melhor forma de evitar a ocorrência do processo corrosivo é através da prevenção, já que algumas formas de desgaste não podem ser corrigidas, tendo também em vista, o custo envolvido nessa correção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 65 f. Monografia (Especialização) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2012.

ARAÚJO, B. A. **Caracterização experimental da fragilização assistida pelo hidrogênio dos aços API 5L X60 E API 5L X80**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

ASSIS, S. L. **Estudo comparativo de ensaios acelerados para simulação da corrosão atmosférica**. 2000. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BRINCK, F. M. **Efeito da corrosão na integridade estrutural da Ponte Metálica Marechal Hermes**. Ouro Preto: UFOP, 2004.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CASTRO, E. J.; AGUIAR, L. M. **Comissionamento e condicionamento de sistemas de proteção catódica em dutos submarinos**. Vitória – ES, 2010.

CASTRO, E. M. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. Ouro Preto, 1999.

CORREIA, M. J. et al. Sistemas de proteção contra corrosão das estruturas metálicas. In: Congresso de Construção Metálica e Mista, 8., 2011, Portugal. **Anais...** Portugal, 2011.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

GRANATO, M. et al. Estudos sobre corrosão do latão em ambiente interno de um museu. **Revista CPC**, São Paulo, n. 4, p. 114-138, maio/out. 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/portalegre/panorama>>. Acesso em: 08 de maio 2021.

LAKATOS, E. M.; DE ANDRADE MARCONI, M. **Metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEDEIROS, S. J. G. R.; MEDEIROS, J. F. Descrição da geodiversidade como subsídio ao zoneamento ambiental: estudo de caso em Portalegre-RN. **Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 2, n. 2, p. 17-33, jul./dez. 2012.

MERÇON, F. et al. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, n. 19, mai. 2004.

OLIVEIRA, A. R. **Corrosão e tratamento de superfície**. Bélem: IFPA. Santa Maria: UFSM, 2012.

PANNONI, F. D. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situações de corrosão e incêndio**. 6. ed. 2015.

PORTAL DA MINERAÇÃO. **Processo de corrosão faz com que 30% da produção mundial de ferro e aço seja desperdiçada**. 2020. Disponível em: <[RIBEIRO, D. V. et al. Uso da espectroscopia de impedância eletroquímica \(EIE\) para monitoramento da corrosão em concreto armado. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 4, São Paulo, jul./ago. 2015.](http://portaldamineracao.com.br/processo-de-corrosao-faz-com-que-30-da-producao-mundial-de-ferro-e-aco-seja-desperdicada/#:~:text=Segundo%20levantamento%2C%20cerca%20de%2030,bilh%C3%B5es)%20com%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20da%20corros%C3%A3o.>>. Acesso em: 18 fev. 2021.</p></div><div data-bbox=)

SANTOS JUNIOR, A. G.; BIEHL, L. V. Estudo da interação e dos danos causados pelo hidrogênio aos metais. **Vetor**, Rio Grande, v. 24, n. 2, p. 70-92, 2014.

SILVA, D. R. **Estudo de inibidores de corrosão em concreto armado, visando a melhoria na sua durabilidade**. 2006. 195 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SILVEIRA, I. M. M.; CARVALHO, R. G. Microclima e conforto térmico na área da Mata da Bica, no município de Portalegre/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, 2016.