



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-
ÁRIDO PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JOSÉ NEUDSVAN MOREIRA DE MORAIS

**ANÁLISE INICIAL DA CORROSÃO NAS ESTRUTURAS METÁLICAS DA
QUADRA DA VILA CAIÇARA NO MUNICÍPIO DE PARANÁ-RN**

PAU DOS FERROS - RN

2025

JOSÉ NEUDSVAN MOREIRA DE MORAIS

**ANÁLISE INICIAL DA CORROSÃO NAS ESTRUTURAS METÁLICAS DA
QUADRA DA VILA CAIÇARA NO MUNICÍPIO DE PARANÁ-RN**

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

Orientadora: Sanderlir Silva Dias, Profa. Dra.

PAU DOS FERROS - RN

2025

© 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.

M827a Morais, Jose Neudsvan Moreira de.
 Análise inicial da corrosão nas estruturas
 metálicas da quadra da vila Caiçara no município de
 Paraná-RN / Jose Neudsvan Moreira de Moraes. -
 2025.
 37 f. : il.

 Orientador: Sanderlir Silva Dias.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2025.

 1. Corrosão. 2. Estruturas metálicas. 3.
 Quadra poliesportiva. 4. Manutenção. 5. Ambiente
 semiárido. I. Dias, Sanderlir Silva, orient. II.
 Título.

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

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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.

JOSÉ NEUDSVAN MOREIRA DE MORAIS

**ANÁLISE INICIAL DA CORROSÃO NAS ESTRUTURAS METÁLICAS DA
QUADRA DA VILA CAIÇARA NO MUNICÍPIO DE PARANÁ-RN**

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

Defendida em: 16 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Sanderlir Silva Dias, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente

José Mariano da Silva Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

RESUMO

A corrosão em estruturas metálicas representa um dos principais fatores de degradação em edificações expostas ao ambiente externo, especialmente em regiões semiáridas. Este Trabalho apresenta uma análise inicial do processo corrosivo presente na quadra poliesportiva da Vila Caiçara, localizada no município de Paraná-RN. A estrutura metálica, construída entre 2014 e 2015 e nunca submetida a reformas, apresenta sinais de corrosão atmosférica e corrosão por umidade, especialmente nas bases das colunas e nas conexões da cobertura. A metodologia consistiu em visitas in loco, registros fotográficos, análise visual das patologias e classificação do ambiente conforme a ISO 9223 (2012). Foram observados desgaste da pintura, presença de óxidos, perda de material em regiões próximas ao solo e pontos iniciais de corrosão nas treliças da cobertura. As condições ambientais do Alto Oeste Potiguar — elevada variação térmica, poeira com sais e umidade intermitente — contribuem significativamente para o avanço do processo corrosivo. Os resultados indicam que o estado geral da estrutura é regular, com corrosão leve a moderada em grande parte dos elementos metálicos e corrosão localizada severa em pontos de contato com o solo. Recomenda-se a implementação de plano de manutenção preventiva e corretiva, incluindo repintura com sistemas anticorrosivos, melhorias na drenagem pluvial e inspeções periódicas. O estudo contribui para a compreensão das causas e do comportamento da corrosão em ambientes rurais semiáridos, fornecendo subsídios para ações de conservação do patrimônio público.

Palavras-chave: corrosão; estruturas metálicas; quadra poliesportiva; manutenção; ambiente semiárido.

ABSTRACT

Corrosion in metallic structures represents one of the main factors of degradation in buildings exposed to the external environment, especially in semi-arid regions. This work presents an initial analysis of the corrosive process present in the multi-sports court of Vila Caiçara, located in the municipality of Paraná-RN. The metallic structure, built between 2014 and 2015 and never subjected to renovations, shows signs of atmospheric corrosion and moisture corrosion, especially at the bases of the columns and in the roof connections. The methodology consisted of on-site visits, photographic records, visual analysis of the pathologies, and classification of the environment according to ISO 9223 (2012). Wear of the paint, presence of oxides, loss of material in areas near the ground, and initial points of corrosion in the roof trusses were observed. The environmental conditions of the Alto Oeste Potiguar region—high thermal variation, dust with salts, and intermittent humidity—contribute significantly to the advancement of the corrosive process. The results indicate that the overall condition of the structure is fair, with light to moderate corrosion in most of the metallic elements and severe localized corrosion at points of contact with the ground. Implementation of a preventive and corrective maintenance plan is recommended, including repainting with anti-corrosion systems, improvements to rainwater drainage, and periodic inspections. This study contributes to the understanding of the causes and behavior of corrosion in semi-arid rural environments, providing support for actions to conserve public assets.

Keywords: corrosion; metallic structures; sports court; maintenance; semi-arid environment.

LISTA DE SÍMBOLOS E FÓRMULAS QUÍMICAS

Fe	ferro metálico
Fe^{2+}	íon ferro II (ferroso)
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	hidróxido ferroso
$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ferrugem hidratada / hidróxido férrico
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	reação anódica (oxidação do ferro)
e^-	elétron liberado na oxidação
O_2	oxigênio molecular
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	reação catódica (redução do oxigênio)
OH^-	íon hidróxido
H_2O	água (chuva, condensação, umidade)
CO_2	dióxido de carbono (forma chuva ácida leve)
SO_2	dióxido de enxofre (poluente atmosférico corrosivo)
NO_x	óxidos de nitrogênio (mistura de poluentes)
Cl^-	íon cloreto (extremamente agressivo ao aço)
SO_4^{2-}	íon sulfato
H^+	íon hidrogênio (acidez)
$E^\circ = -0,44 \text{ V}$	potencial padrão de oxidação do ferro
$E^\circ = +0,40 \text{ V}$	potencial padrão da redução de oxigênio
Zn	zinco (ânodo de sacrifício / galvanização)
Mg	magnésio (ânodo de sacrifício)
Al	alumínio (ânodo de sacrifício)
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	fosfato de zinco (pigmento anticorrosivo em primer)
Fe_2O_3	óxido de ferro micáceo (pigmento protetor anticorrosivo)
pH	medida de acidez da água
TU	tempo de umidade (norma ISO 9223)
C1, C2, C3, C4, C5	classes de corrosividade atmosférica da ISO 9223

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de corrosão eletroquímica.....	13
Figura 2 - Corrosão atmosférica	14
Figura 3 - Corrosão Galvânica.....	15
Figura 4 - Fluxograma de pesquisa.....	24
Figura 5 - Localização do município de Paraná-RN	25
Figura 6 – Vista geral da quadra poliesportiva da Vila Caiçara (Paraná-RN).	27
Figura 7 - Trave metálica com corrosão visível na quadra da Vila Caiçara.....	27
Figura 8 – Corrosão localizada em treliça metálica do telhado da quadra da Vila Caiçara	29
Figura 9 – Corrosão avançada nas bases metálicas do portão da quadra da Vila Caiçara (Paraná-RN)	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO	10
2.1	Objetivo geral	10
2.2	Objetivos específicos.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	Corrosão	11
3.2	Tipos de corrosão.....	11
3.2.1	Corrosão Eletroquímica.....	11
3.2.1	Corrosão Atmosférica.....	13
3.2.2	Corrosão Eletrolítica (por corrente externa)	14
3.2.4	Corrosão Galvânica (entre metais diferentes).....	15
3.3	O meio corrosivo.....	15
3.3.1	A Água	17
3.3.2	A Temperatura.....	18
3.4	Métodos de prevenção da corrosão	19
3.4.1	Seleção e Tratamento do Material	19
3.4.2	Revestimentos Protetores e Pinturas Anticorrosivas	20
3.4.3	Proteção Eletroquímica	21
3.4.4	Inibidores de Corrosão.....	22
3.4.5	Manutenção Preventiva e Boas Práticas Construtivas	22
4	METODOLOGIA	24
4.1	Tipo e abordagem da pesquisa	24
4.2	Local do estudo	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Análise da estrutura metálica — trave do gol	27
5.2	Treliças metálicas do telhado	29
5.3	Estrutura metálica do portão e alambrado.....	30
5.4	Histórico e condições ambientais do local de estudo	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A corrosão constitui um dos principais mecanismos de degradação de estruturas metálicas empregadas na construção civil, sendo responsável por perdas estruturais, redução da vida útil e elevação significativa dos custos de manutenção. Trata-se de um processo espontâneo e termodinamicamente favorecido, no qual os metais sofrem reações químicas ou eletroquímicas com o meio ambiente, resultando em sua deterioração progressiva (Revie; Uhlig, 2020; Zhang *et al.*, 2021). Esse fenômeno afeta diretamente a durabilidade, a segurança estrutural e a estética das edificações, tornando-se um tema recorrente em estudos recentes sobre desempenho e sustentabilidade das construções.

O uso de estruturas metálicas em edificações públicas, como ginásios e quadras poliesportivas, tem se intensificado nas últimas décadas em razão de vantagens como elevada resistência mecânica, leveza, rapidez de execução e versatilidade construtiva do aço (Souza; Araújo; Silva, 2022). Contudo, quando essas estruturas são expostas continuamente a ambientes externos, tornam-se vulneráveis à ação de fatores ambientais como umidade, variações térmicas, radiação solar intensa e presença de poluentes atmosféricos, os quais favorecem o desenvolvimento de diferentes mecanismos corrosivos, especialmente a corrosão atmosférica e localizada (ISO 12944-2, 2018; Melchers; Jeffrey, 2020).

Estudos recentes indicam que a corrosão em estruturas metálicas não compromete apenas o desempenho funcional, mas também representa um risco à segurança dos usuários, sobretudo quando associada à ausência de manutenção preventiva e à degradação dos sistemas de proteção superficial (Gentil, 2011). Em países em desenvolvimento, como o Brasil, esse problema é agravado por limitações orçamentárias e pela falta de programas sistemáticos de inspeção e conservação de edificações públicas.

De acordo com levantamentos técnicos atualizados, as perdas econômicas associadas à corrosão continuam representando parcela expressiva dos custos de infraestrutura, podendo atingir valores equivalentes a 3% ou mais do Produto Interno Bruto, especialmente nos setores de transporte, edificações e equipamentos públicos (Koch *et al.*, 2020; Nace International, 2021). A negligência em ações preventivas tende a intensificar os danos estruturais, elevando os custos de recuperação e reduzindo a vida útil das estruturas metálicas. Nesse contexto, a quadra poliesportiva da Vila Caiçara, localizada no município de Paraná/RN, apresenta-se como um estudo de caso relevante, uma vez que exhibe sinais visíveis de corrosão, tais como manchas de ferrugem, perda de material, deslocamento da pintura protetora e enfraquecimento de perfis metálicos. Considerando que se trata de um espaço

comunitário amplamente utilizado para atividades esportivas e sociais, a degradação da estrutura representa não apenas prejuízos materiais, mas também riscos à integridade física dos usuários.

Diante desse cenário, torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos que avaliem o comportamento da corrosão em estruturas metálicas expostas a ambientes externos, levando em conta as particularidades climáticas e construtivas da região semiárida. A investigação proposta neste trabalho busca identificar os principais danos e seus mecanismos associados, bem como propor medidas corretivas e preventivas tecnicamente viáveis e economicamente acessíveis, contribuindo para a preservação do patrimônio público e para a segurança da população usuária da quadra.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Analisar de forma técnica e sistemática os processos corrosivos presentes nas estruturas metálicas da quadra poliesportiva da Vila Caiçara, localizada no município de Paraná/RN, visando identificar os tipos e causas da corrosão a partir de registros fotográficos, avaliar e propor estratégias de prevenção e manutenção que contribuam para a conservação e segurança da edificação.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar visual e tecnicamente os tipos de corrosão presentes na quadra;
- Diagnosticar os principais fatores ambientais e construtivos que favorecem a ocorrência do processo corrosivo no local;
- Realizar registros fotográficos detalhados das manifestações patológicas observadas na estrutura metálica;
- Investigar, por meio de levantamento bibliográfico, os métodos e técnicas mais eficazes para prevenção e controle da corrosão em ambientes similares;
- Sugerir medidas corretivas e preventivas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Corrosão

A corrosão é definida como o processo de deterioração total, parcial ou superficial de um material, geralmente metálico, causado pela interação físico-química com o meio ambiente (Gentil, 2011). Trata-se de um fenômeno natural e espontâneo, no qual o metal tende a retornar ao seu estado mineral original, sendo uma reação de oxirredução que provoca alterações estruturais e perda de massa (Gentil, 1996).

De acordo com Castro (1999), o processo corrosivo é caracterizado pela destruição gradual do material, influenciada por fatores como composição química, condições ambientais, presença de agentes agressivos e ausência de manutenção adequada. Nos ambientes tropicais, com alta umidade e presença de poluentes, como é o caso do semiárido potiguar, a intensidade da corrosão atmosférica tende a ser mais elevada (Brambilla, 2011).

Segundo Oliveira (2022), a corrosão é considerada uma das principais causas de falhas em estruturas metálicas, comprometendo a segurança, a durabilidade e a funcionalidade de edificações públicas. Em muitos casos, o fenômeno está associado à falta de manutenção preventiva e à escolha inadequada de revestimentos protetores.

3.2 Tipos de corrosão

A compreensão dos tipos de corrosão é fundamental para diagnosticar ações patológicas em estruturas metálicas e escolher medidas de proteção adequadas. A literatura classifica os tipos de corrosão segundo o mecanismo que gera o ataque (eletroquímico, químico, eletrolítico) e segundo a localização/forma do ataque (galvânica, por tensões, por cloretos etc.). Nesta seção expandimos a classificação mecânica (mecanismo) e descrevemos os subtipos que mais interessam a estruturas metálicas em ambientes de quadras e ginásios ao ar livre.

3.2.1 Corrosão Eletroquímica

A corrosão eletroquímica é a forma mais frequente em estruturas expostas à atmosfera úmida, à água de chuva e a filmes aquosos (Gentil, 2011). Trata-se de um processo espontâneo de oxi-redução que ocorre quando há regiões com potencial diferente na superfície do metal (ânodos e cátodos) ligadas por um eletrólito (filme de água, condensado, solução

salina). No caso do ferro/ aço-carbono, as reações típicas são:

Nas estruturas metálicas expostas ao ambiente, a presença de umidade sobre a superfície do aço forma um filme eletrolítico capaz de iniciar o processo de corrosão eletroquímica. Esse filme, mesmo quando muito fino, é suficientemente condutor para permitir o fluxo de íons e elétrons entre regiões com diferentes concentrações de oxigênio (Gentil, 2011). Nas áreas mais úmidas e menos aeradas da superfície ocorre a reação anódica, na qual o ferro metálico se oxida e libera elétrons, conforme a equação $\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$, cujo potencial-padrão é $E^\circ = -0,44\text{V}$ (Gentil, 2011). Por outro lado, nas regiões mais secas e com maior disponibilidade de oxigênio ocorre a reação catódica, onde o oxigênio dissolvido no filme de umidade se reduz segundo $\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$, com potencial-padrão $E^\circ = +0,40\text{V}$ (Gentil, 2011). Os íons Fe^{2+} formados no ânodo reagem com os íons OH^- produzidos no

cátodo, originando hidróxido ferroso. Esse mecanismo é intensificado em regiões onde ocorrem ciclos de molhamento e secagem, como bases metálicas próximas ao solo, conforme observado por Brambilla (2011), que destaca o papel crítico dessas variações ambientais na aceleração da corrosão atmosférica.

Fatores que intensificam a corrosão eletroquímica: presença de cloretos (maresia, spray de estrada), sulfatos, aumento da condutividade elétrica do filme aquoso, ciclos de molhamento/secagem (que concentram sais), microgalvanismo entre zonas com diferentes graus de oxidação ou acabamento superficial (Brambilla, 2011; Oliveira, 2012). Em trabalhos de campo sobre quadras/ginásios no semiárido potiguar, observou-se que a combinação de umidade intermitente com ausência de repintura favorece corrosão eletroquímica uniforme e localizada.

Consequências e diagnóstico: a corrosão eletroquímica pode manifestar-se como perda de seção generalizada (taxa relativamente uniforme) ou como ataque localizado (pitting) quando íons agressivos estão presentes. Diagnóstico envolve inspeção visual, medição de perda de espessura (ultrassom) e, quando possível, ensaios eletroquímicos (LPR, EIS) para avaliar velocidade de corrosão e integridade de revestimentos (Gentil, 2011; Oliveira, 2012). Na Figura 1, temos um exemplo de corrosão eletroquímica.

Figura 1 - Exemplo de corrosão eletroquímica



Fonte: Moreira (2015).

3.2.1 Corrosão Atmosférica

A corrosão atmosférica é o tipo mais comum e predominante em estruturas metálicas expostas ao ambiente, sendo provocada pela interação do metal com o oxigênio, umidade, temperatura e poluentes presentes no ar. Segundo Gentil (2011), esse fenômeno ocorre sempre que há formação de um filme fino de umidade sobre a superfície metálica, o qual atua como eletrólito e possibilita a ocorrência de reações eletroquímicas de oxidação. A intensidade da corrosão atmosférica depende de fatores como umidade relativa do ar, presença de contaminantes, temperatura média e tempo de permanência da superfície molhada.

De acordo com Brambilla (2011), ambientes sujeitos a ciclos frequentes de molhamento e secagem, como chuvas intermitentes seguidas de forte insolação, apresentam maior agressividade corrosiva devido à constante renovação do eletrólito sobre a superfície metálica. Esse processo é ainda mais intensificado pela presença de poeira e partículas sólidas transportadas pelo vento, que aumentam a condutividade da umidade superficial e favorecem a formação de microcélulas corrosivas. Pannoni (2015) ressalta que a atmosfera rural e semiárida, embora apresente menor quantidade de poluentes industriais, pode gerar corrosão significativa quando há acúmulo de sujeira, variações térmicas elevadas e ausência de manutenção preventiva.

Essas características são observadas na quadra poliesportiva da comunidade de Monte Alegre, no município de Paraná-RN, onde as estruturas metálicas permanecem totalmente expostas às intempéries. A região apresenta clima semiárido, com alta temperatura média, baixa umidade relativa do ar e chuvas concentradas em curtos períodos do ano, o que promove ciclos acelerados de secagem e umidade — condições consideradas favoráveis à corrosão

atmosférica, conforme descrito por Gentil (2011). A poeira típica do Alto Oeste Potiguar também contribui para o acúmulo de sais e partículas sobre as superfícies metálicas, intensificando o processo corrosivo mesmo em períodos de estiagem (Brambilla, 2011).

No contexto da quadra, a corrosão atmosférica manifesta-se principalmente como manchas de ferrugem, descascamento da pintura, perda de brilho superficial e formação de depósitos oxidados nas colunas, traves, treliças e bases metálicas. A ausência de manutenção preventiva desde a inauguração da quadra favoreceu o avanço desse processo, resultando em deterioração visível e generalizada nos elementos metálicos. Assim, compreende-se que a corrosão atmosférica constitui o principal mecanismo de degradação observado na estrutura, sendo determinante para o diagnóstico e para a necessidade de intervenções futuras. Na figura 2, temos uma corrosão atmosférica.

Figura 2 -Corrosão atmosférica



Fonte: Silva (2018).

3.2.2 Corrosão Eletrolítica (por corrente externa)

A corrosão eletrolítica é provocada por correntes elétricas externas que percorrem estruturas metálicas (correntes de fuga, correntes vagabundas). Não é espontânea: resulta da presença de uma fonte de corrente (equipamentos elétricos mal aterrados, sistemas ferroviários, dutos energizados) que faz com que partes da estrutura atuem como ânodo e corroam aceleradamente (Gentil, 1996; Oliveira, 2012).

Quando investigar esse tipo: quando há proximidade com redes elétricas, cabos enterrados, ou quando medições de potencial e de corrente indicam fluxo de corrente através da estrutura. A corrosão eletrolítica produz frequentemente ataques localizados e, por vezes, bastante severos em pontos de contato com o solo ou com componentes condutores (Gentil, 1996).

Mitigação: correção do sistema elétrico (isolamento, aterramento adequado), barreiras isolantes entre condutores e estruturas metálicas, e uso de proteção catódica quando aplicável (Gentil, 2011).

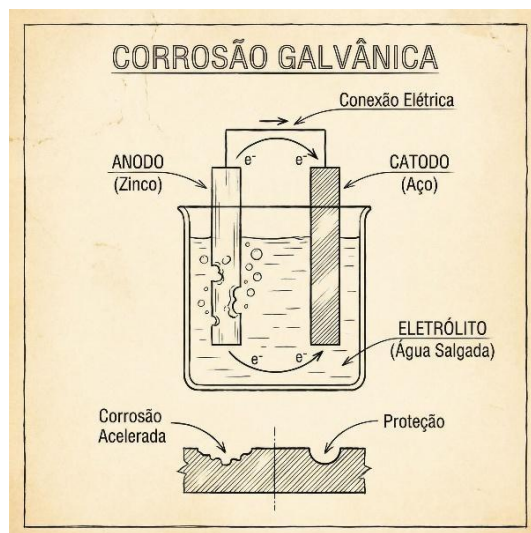
3.2.4 Corrosão Galvânica (entre metais diferentes)

A corrosão galvânica ocorre quando dois metais com potenciais elétricos distintos são eletricamente conectados numa presença de eletrólito. O metal menos nobre (com potencial mais negativo) atua como ânodo e sofre corrosão preferencial, princípio utilizado na proteção por anodos de sacrifício, mas que provoca falha quando indesejado (Gentil, 2011; Oliveira, 2012).

Exemplos práticos em estruturas: contato de parafusos de aço-carbono com perfis galvanizados ou latão; junções mal isoladas em estruturas de quadras onde diferentes materiais foram usados. Em obras públicas com manutenção deficiente, peças de fixação corroem muito mais rápido que o perfil principal devido a galvanismo local (Castro, 1999; Gizele, 2020).

Prevenção: evitar contato direto entre metais incompatíveis, uso de isolantes, tratamento e revestimento das superfícies de contato, seleção de metais compatíveis em projeto.

Figura 3 - Corrosão Galvânica



Fonte: Autoria própria com auxílio de DeeVid AI (2025).

3.3 O meio corrosivo

O meio corrosivo é um dos fatores determinantes na velocidade e na forma de ocorrência

da corrosão. De acordo com Gentil (2011), as condições ambientais têm influência direta no potencial de corrosão, na condutividade do eletrólito e na disponibilidade de oxigênio e agentes agressivos. O comportamento de um metal frente à corrosão depende da combinação entre o material e o meio onde ele se encontra — conceito conhecido como

—sistema corrosivo, que é composto por três elementos principais: o material metálico, o meio e as condições de exposição (Gentil, 2011; Castro, 1999).

Segundo Brambilla (2011), fatores ambientais como umidade relativa do ar, temperatura, presença de poluentes, salinidade e pH da água influenciam de maneira significativa a corrosividade do meio. Em regiões tropicais e semiáridas, como o interior do Rio Grande do Norte, essas variáveis se comportam de forma particular, com alta incidência solar, chuvas sazonais e longos períodos de baixa umidade — condições que provocam ciclos de molhamento e secagem intensos, que são extremamente danosos às estruturas metálicas.

Além disso, Oliveira (2012) ressalta que a presença de gases industriais, poeira urbana, deposição de sais e outros contaminantes podem atuar como aceleradores do processo corrosivo. A atmosfera, a água e a temperatura, portanto, configuram os principais agentes de influência sobre o comportamento corrosivo das estruturas metálicas, como as encontradas em ginásios, quadras e coberturas expostas.

Nos estudos de Lima (2020) e Silva (2022), sobre estruturas metálicas de quadras esportivas públicas no semiárido potiguar, observou-se que a degradação superficial está diretamente associada às condições ambientais — principalmente à exposição atmosférica direta, à retenção de umidade nas conexões e à ação combinada de sol e chuva, que favorecem a formação e o rompimento de películas protetoras, agravando o processo de oxidação.

Segundo Brambilla (2011), o processo se inicia com a adsorção de uma fina camada de água sobre o metal, proveniente da condensação da umidade relativa do ar ou de chuvas, que contém gases dissolvidos como oxigênio, dióxido de carbono (CO_2) e dióxido de enxofre (SO_2). Esses gases alteram o pH da camada de água, aumentando sua acidez e, conseqüentemente, a agressividade do meio.

Castro (1999) explica que o ataque atmosférico depende essencialmente de quatro fatores:

- I. Tempo de umidade (TU) — número de horas por ano em que a umidade relativa do ar supera 80% e a temperatura ultrapassa 0°C ;
- II. Presença de poluentes industriais (como SO_2 , NO_x , Cl^-);
- III. Temperatura ambiente média;

IV. Presença de sais higroscópicos, que mantêm a superfície úmida por longos períodos.

Esses fatores determinam o grau de corrosividade atmosférica, classificado por normas como ISO 9223, que define categorias de C1 (muito baixa) a C5 (muito alta). De acordo com Brambilla (2011), ambientes costeiros e urbanos industrializados possuem as maiores taxas de corrosão, enquanto regiões rurais e semiáridas tendem a apresentar taxas intermediárias, porém com efeitos acentuados durante os períodos chuvosos devido à alternância entre molhamento e secagem.

3.3.1 A Água

A água, presente sob diferentes formas, como chuva, condensação, acúmulo em poças ou respingos, desempenha papel fundamental no desencadeamento da corrosão eletroquímica. É nesse meio aquoso que gases e sais se dissolvem, possibilitando a formação de um eletrólito condutor, condição indispensável para o fluxo de elétrons entre as regiões anódicas e catódicas do metal, viabilizando, assim, o avanço do processo corrosivo (Gentil, 2011).

Conforme Castro (1999), a acidez (pH) e a condutividade elétrica da água são fatores decisivos para determinar sua agressividade. Águas com pH inferior a 4,5 são extremamente corrosivas, enquanto valores próximos a 7 indicam neutralidade, e acima de 8,5 tendem a reduzir o processo de oxidação, pela formação de películas protetoras.

Brambilla (2011) acrescenta que o conteúdo de sais dissolvidos (cloretos e sulfatos) é igualmente relevante, pois aumenta a condutividade do eletrólito e rompe películas passivantes naturais formadas sobre o aço. Por isso, a presença de água proveniente de chuvas ácidas ou contaminadas com poeira urbana pode intensificar o ataque.

Oliveira (2012) observa que, mesmo em regiões semiáridas, a água de condensação noturna e as chuvas ocasionais são suficientes para criar filmes úmidos nas superfícies metálicas, capazes de iniciar o processo corrosivo. Esse fenômeno é agravado quando a estrutura apresenta falhas de drenagem ou acúmulo de água em junções e parafusos, o que prolonga o tempo de umidade e gera corrosão localizada por pite.

Nos estudos realizados por Lima (2020) e Silva (2022), identificou-se que as partes inferiores das colunas metálicas da quadra acumulavam água proveniente de infiltrações ou respingos, causando intensa oxidação nessas regiões. As análises visuais mostraram formação de ferrugem espessa, destacamento de tinta e desprendimento de camadas metálicas,

evidenciando a ação contínua da umidade e da água estagnada.

Além disso, a composição química da água da chuva em regiões urbanas pode incluir traços de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e partículas sólidas — originadas da queima de combustíveis e poeira suspensa — que reagem com a umidade e o oxigênio, formando chuva levemente ácida (Gentil, 2011). Essa condição potencializa o processo corrosivo em superfícies metálicas sem revestimento.

Portanto, a água atua como catalisadora da corrosão atmosférica, sendo o elemento que viabiliza as reações eletroquímicas. O controle da drenagem, o uso de pinturas impermeáveis e a inspeção de pontos de acúmulo são fundamentais para retardar a degradação das estruturas metálicas em ambientes externos.

3.3.2 A Temperatura

A temperatura constitui um fator determinante na taxa de corrosão dos metais, pois atua diretamente na cinética das reações químicas envolvidas, além de influenciar os processos de evaporação e condensação da água sobre a superfície metálica.

O aumento da temperatura, de modo geral, favorece a aceleração das reações de oxidação e redução, bem como a mobilidade dos íons presentes no eletrólito, contribuindo para o avanço do processo corrosivo (Brambilla, 2011). Entretanto, conforme destaca Gentil (2011), temperaturas elevadas também podem reduzir o tempo de permanência da umidade superficial devido à rápida evaporação da água, o que, em determinadas condições ambientais, tende a atenuar a corrosão atmosférica.

Nesse contexto, Castro (1999) observa que a corrosão costuma ser mais intensa em faixas intermediárias de temperatura, nas quais ocorre condensação periódica de umidade. Esse comportamento é comum em estruturas expostas ao ambiente, especialmente durante o início da manhã e o final da tarde, quando variações térmicas diárias promovem ciclos sucessivos de molhamento e secagem. Tais ciclos, característicos de regiões semiáridas, intensificam os mecanismos corrosivos e aceleram a degradação das estruturas metálicas.

Oliveira (2012) destaca ainda que as diferenças de temperatura entre partes da estrutura podem causar formação de células térmicas (zonas com potenciais eletroquímicos diferentes), resultando em ataques localizados. Esse efeito é mais pronunciado em peças com espessura variável ou em regiões sombreadas e expostas alternadamente.

Nos estudos de Bruno (2022), foi observado que as partes superiores das coberturas metálicas das quadras apresentavam descoloração e descascamento de tinta, associados à

exposição prolongada ao sol e ao calor intenso. Já as áreas inferiores, mais frias e úmidas, concentravam depósitos de ferrugem ativa, indicando que o gradiente térmico contribui para o agravamento da corrosão diferencial entre diferentes zonas da mesma estrutura.

Pannoni (2015) reforça que a variação térmica, combinada com a ação da umidade e da poluição, constitui o principal agente de envelhecimento de estruturas metálicas em ambientes tropicais, sendo necessária a utilização de revestimentos resistentes à radiação ultravioleta e à dilatação térmica para prolongar a durabilidade das construções. Assim, conclui-se que a temperatura atua como um modulador da taxa de corrosão, interagindo com a umidade e o oxigênio disponíveis. No contexto da Quadra da Vila Caiçara, localizada em área de clima semiárido quente, as amplas oscilações térmicas diárias e o regime sazonal de chuvas curtas são fatores que intensificam os ciclos de molhamento e secagem, favorecendo o desenvolvimento de corrosão atmosférica acelerada nas superfícies metálicas expostas.

3.4 Métodos de prevenção da corrosão

A prevenção da corrosão em estruturas metálicas é uma das etapas mais importantes do processo de projeto, execução e manutenção de edificações metálicas. Segundo Gentil (2011), não existe um método único de proteção eficaz para todos os casos, pois a escolha da técnica depende de fatores como o tipo de material, o ambiente de exposição, a agressividade do meio, o custo e a viabilidade de aplicação.

De acordo com Brambilla (2011), a prevenção deve ser entendida como um conjunto de medidas complementares que envolvem a seleção adequada do material, o uso de revestimentos protetores, a aplicação de métodos eletroquímicos de proteção e a adoção de práticas construtivas e de manutenção que reduzam a exposição ao meio agressivo.

Esses métodos podem ser classificados em três grandes grupos:

Proteção pelo material (seleção de ligas e tratamentos de superfície);

Proteção pelo isolamento do meio agressivo (revestimentos, pinturas, galvanização); e

Proteção eletroquímica (proteção catódica e anódica).

Além dessas técnicas, as ações de manutenção preventiva e o monitoramento periódico são fundamentais para prolongar a vida útil das estruturas metálicas expostas (Pannoni, 2015).

3.4.1 Seleção e Tratamento do Material

A escolha adequada do material metálico e o tratamento prévio da superfície constituem

a primeira linha de defesa contra a corrosão. Castro (1999) explica que a composição química do aço e o processo de fabricação influenciam diretamente na sua resistência à corrosão. Por exemplo, aços de baixa liga, contendo pequenas quantidades de cobre, níquel ou cromo, apresentam melhor resistência atmosférica do que os aços carbono comuns. Oliveira (2012) ressalta que o tratamento superficial, como jateamento abrasivo, decapagem e fosfatização, é essencial para remover impurezas, óxidos e graxas que prejudicam a aderência de revestimentos protetores. A aplicação de camadas conversoras (como fosfatos ou cromatos) forma uma película protetora inicial que reduz a reatividade da superfície metálica.

Brambilla (2011) observa que o uso de aços galvanizados e aços inoxidáveis em regiões críticas, como bases de colunas e parafusos expostos, é uma prática eficiente para minimizar a corrosão localizada. No entanto, o custo elevado desses materiais pode limitar sua aplicação em obras públicas, sendo fundamental associá-los a técnicas complementares de proteção.

Nos estudos de Silva (2022) e Lima (2020), verificou-se que as estruturas metálicas das quadras analisadas foram construídas com aço carbono comum, sem tratamento protetor adequado, o que favoreceu a rápida degradação. Em ambos os casos, o uso de materiais não galvanizados e ausência de pintura de manutenção foram identificados como as principais causas do avanço da corrosão.

3.4.2 Revestimentos Protetores e Pinturas Anticorrosivas

O uso de revestimentos protetores é uma das técnicas mais difundidas e eficazes no combate à corrosão. Esses revestimentos atuam como barreiras físicas que impedem o contato direto entre o metal e o meio corrosivo (Gentil, 2011).

a) Revestimentos metálicos

Os revestimentos metálicos utilizam a aplicação de uma camada de metal protetor sobre a superfície do aço base, podendo ser obtidos por imersão a quente (galvanização), eletrodeposição, metalização ou anodização (Oliveira, 2012).

A galvanização a quente, segundo Pannoni (2015), é uma das técnicas mais eficazes, pois o zinco atua como ânodo de sacrifício, protegendo o aço mesmo quando há pequenas falhas ou riscos no revestimento. Essa proteção é chamada de proteção catódica local, na qual o zinco se oxida preferencialmente, preservando o ferro.

Brambilla (2011) reforça que estruturas galvanizadas apresentam vida útil superior a 20 anos em ambientes rurais e até 10 anos em atmosferas urbanas ou industriais moderadas. No

entanto, em regiões de elevada umidade ou salinidade, a inspeção e a repintura periódica são indispensáveis para garantir a durabilidade da proteção.

b) Revestimentos não metálicos

Os revestimentos não metálicos incluem pinturas, esmaltes, cerâmicas e polímeros, que atuam isolando a superfície metálica do meio agressivo. De acordo com Gentil (2011), a pintura anticorrosiva é o método mais utilizado em estruturas metálicas, sendo composta geralmente por três camadas principais:

- Camada de fundo (primer): contém pigmentos inibidores de corrosão (como óxido de ferro micáceo ou fosfato de zinco) e proporciona aderência ao substrato;
- Camada intermediária: confere espessura e resistência mecânica;
- Camada de acabamento: protege contra intempéries, radiação ultravioleta e ação química (Oliveira, 2012).

Pannoni (2015) enfatiza que o sucesso da pintura depende do preparo adequado da superfície, da espessura correta das camadas e do controle da umidade durante a aplicação.

Nos estudos de campo realizados por Bruno (2022) e Gizele (2020), observou-se que a ausência de pintura de manutenção e o uso de tintas inadequadas foram as principais causas do avanço da corrosão nas estruturas. As análises mostraram descascamento, bolhas e descoloração da pintura, permitindo a penetração de umidade e oxigênio, o que favoreceu a formação de ferrugem ativa.

3.4.3 Proteção Eletroquímica

A proteção eletroquímica visa controlar o potencial elétrico da superfície metálica para reduzir ou eliminar o fluxo de corrente de corrosão. Existem duas modalidades principais: proteção catódica e proteção anódica (Gentil, 2011).

a) Proteção catódica

A proteção catódica transforma toda a estrutura metálica em um cátodo, impedindo que ocorra a reação de oxidação (perda de elétrons). Isso é obtido pela ligação do metal a um ânodo de sacrifício (geralmente zinco, magnésio ou alumínio) ou pela aplicação de uma corrente elétrica controlada (Oliveira, 2012).

Pannoni (2015) explica que, em estruturas enterradas ou submersas, a proteção catódica é o método mais eficiente e econômico a longo prazo. Embora menos comum em quadras e

ginásios, o princípio pode ser aplicado a bases metálicas enterradas e colunas fixadas em fundações úmidas.

b) Proteção anódica

A proteção anódica, por sua vez, consiste em aplicar uma corrente elétrica externa que eleva o potencial da superfície metálica, promovendo a formação de uma camada passiva de óxidos protetores. Essa técnica é indicada para ligas que possuem comportamento passível, como aço inoxidável e alumínio (Gentil, 2011).

Apesar de mais complexa e cara, essa forma de proteção é eficaz em ambientes altamente agressivos, como tanques industriais e tubulações químicas. Oliveira (2012) ressalta, contudo, que requer monitoramento constante e equipamentos de controle.

3.4.4 Inibidores de Corrosão

Os inibidores de corrosão são substâncias químicas adicionadas ao meio corrosivo que reduzem a taxa de reação eletroquímica na superfície metálica. Podem ser orgânicos (aminas, álcoois graxos) ou inorgânicos (fosfatos, cromatos, molibdatos) (Gentil, 2011). Oliveira (2012) explica que esses compostos atuam formando um filme protetor adsorvido sobre o metal, bloqueando os sítios ativos da reação. Apesar de amplamente usados em sistemas fechados como caldeiras e circuitos de refrigeração, também podem ser incorporados em tintas e revestimentos, reforçando a barreira protetora. Pannoni (2015) alerta que o uso de inibidores deve ser cuidadosamente controlado, pois concentrações inadequadas podem causar ataque localizado ou precipitação indesejada.

3.4.5 Manutenção Preventiva e Boas Práticas Construtivas

Além dos métodos de proteção direta, a manutenção preventiva e as boas práticas construtivas desempenham papel crucial na longevidade das estruturas metálicas (Castro, 1999). Brambilla (2011) destaca que o monitoramento periódico permite identificar precocemente sinais de degradação, como descascamento de pintura, manchas de ferrugem, deformações e fissuras. A inspeção visual, associada a medições de espessura e registro fotográfico, deve ser realizada pelo menos uma vez ao ano, especialmente em regiões de alta umidade e poluição. Gentil (2011) recomenda a implementação de um plano de manutenção preventiva, que inclua:

- Limpeza periódica das superfícies metálicas para remoção de poeira e sais;
- Reaplicação de pintura em intervalos regulares (a cada 3 a 5 anos, conforme o ambiente);
- Correção imediata de danos no revestimento;
- Verificação de drenagem e ventilação, evitando acúmulo de água.

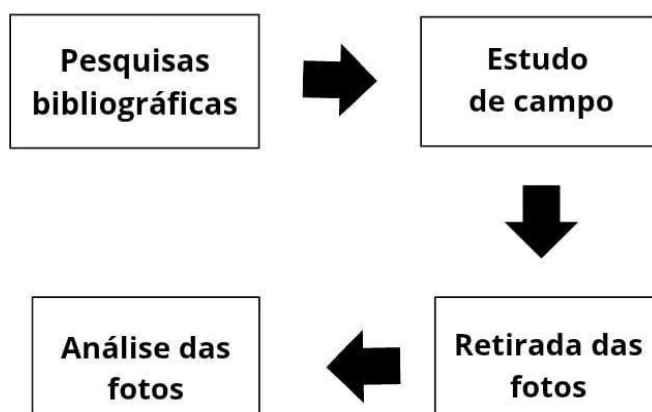
4 METODOLOGIA

4.1 Tipo e abordagem da pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca solucionar um problema real relacionado à corrosão nas estruturas metálicas da quadra da Vila Caiçara. Quanto à abordagem, trata-se de um estudo qualitativo e descritivo, baseado na observação direta das manifestações patológicas e na análise interpretativa dos fenômenos envolvidos. A metodologia também assume caráter exploratório, uma vez que procura compreender as causas, os mecanismos e a evolução do processo corrosivo em um ambiente específico (Gil, 2008).

A Figura 4 apresenta o fluxograma geral da pesquisa, detalhando as etapas adotadas.

Figura 4 - Fluxograma de pesquisa.



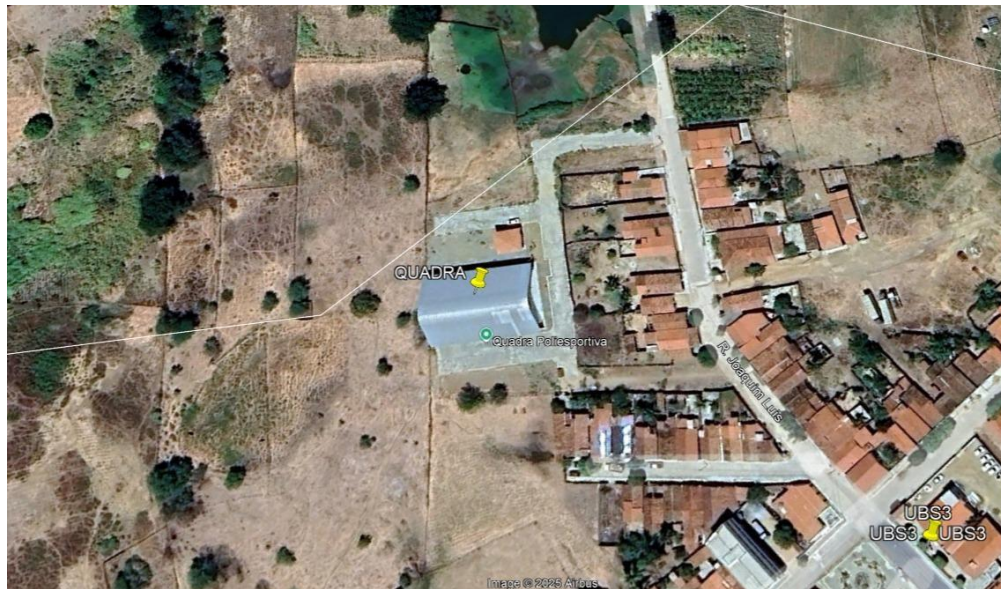
Fonte: Autoria própria (2025).

4.2 Local do estudo

O município de Paraná, localizado na região Oeste do estado do Rio Grande do Norte, possui área territorial de 81,390 km² (IBGE, 2024). De acordo com o último Censo Demográfico, realizado em 2022, o município apresenta 3.934 habitantes, com densidade demográfica de 48,34 hab/km² (IBGE, 2022). A população estimada para o ano de 2025 é de 4.048 pessoas, e o índice de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos atinge 99,36%, demonstrando elevado nível de acesso ao ensino fundamental (IBGE, 2025). Paraná-RN está inserido no clima semiárido brasileiro, caracterizado por altas temperaturas, forte radiação solar e períodos de estiagem, condições que favorecem o avanço da corrosão em estruturas metálicas expostas.

A quadra poliesportiva da Vila Caiçara, objeto deste estudo, está localizada na zona rural do município, em área parcialmente exposta, o que aumenta a ação de agentes ambientais como umidade intermitente, poeira e variações térmicas. A seguir, a Figura 5 apresenta o mapa do estado do Rio Grande do Norte com a localização do município de Paraná-RN.

Figura 5 -Localização da quadra no município de Paraná-RN



Fonte: Google Earth Pro (2025).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quadra poliesportiva da comunidade da vila caiçara, situada no município de Paraná-RN, foi construída entre os anos de 2014 e de 2015, integrando um conjunto de ações municipais destinadas à ampliação dos espaços de esporte e lazer para a população local. De acordo com informações fornecidas pela Prefeitura Municipal, as obras foram iniciadas no final do ano de 2014 e concluídas no ano de 2015, totalizando aproximadamente um ano de execução aproximadamente.

Desde sua inauguração, a quadra nunca passou por reformas estruturais, não havendo registros de intervenções de manutenção preventiva ou corretiva que contemplassem inspeção ou tratamento das estruturas metálicas, especialmente no que se refere à proteção anticorrosiva.

O espaço atende principalmente crianças, adolescentes e jovens da comunidade da vila caiçara, sendo utilizado para atividades esportivas cotidianas, treinos, jogos informais, eventos comunitários e pequenos campeonatos locais. A frequência de uso é considerada alta, especialmente no turno da tarde e à noite, quando a comunidade utiliza a quadra para práticas recreativas e esportivas. Aos finais de semana, é comum o aumento da movimentação devido à realização de amistosos e eventos esportivos organizados pelos próprios moradores.

Embora o projeto arquitetônico completo não esteja digitalmente disponível, informações obtidas junto ao setor de engenharia do município indicam que a quadra é composta por estrutura metálica formada predominantemente por perfis tubulares em aço carbono, treliças metálicas, vigas de suporte, além de cobertura com telhas metálicas galvanizadas. O fechamento lateral é realizado por alambrado, componente comum em quadras abertas, e o piso é executado em concreto com acabamento apropriado para uso esportivo. Esses materiais são amplamente empregados em construções de pequeno e médio porte devido ao custo acessível e à facilidade de montagem.

A Figura 6 apresenta uma vista externa panorâmica da quadra poliesportiva da Vila Caiçara, localizada no município de Paraná-RN. A estrutura é composta por cobertura metálica sustentada por colunas de aço, fechamento parcial nas laterais e piso de concreto. O entorno é caracterizado por terreno exposto, vegetação rala e solo argiloso, elementos típicos do bioma caatinga e do clima semiárido nordestino.

Figura 6 – Vista geral da quadra poliesportiva da Vila Caiçara (Paraná-RN).



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

5.1 Análise da estrutura metálica — trave do gol

A Figura 7 apresenta uma das travessias metálicas da quadra poliesportiva da Vila Caiçara, localizada na extremidade interna do ginásio. Observa-se que o equipamento foi construído com tubos de aço carbono pintados, porém apresenta níveis visíveis de corrosão, especialmente nas regiões inferiores (base de apoio e parte inferior das colunas verticais).

Figura 7 -Trave metálica com corrosão visível na quadra da Vila Caiçara.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A corrosão é predominantemente do tipo uniforme, caracterizada pela presença de uma camada contínua de ferrugem marrom-avermelhada, indicando oxidação generalizada da superfície metálica (Gentil, 2011). Esse tipo de ataque é comum em estruturas expostas à umidade intermitente e à condensação de água em ambientes semiabertos.

Segundo Brambilla (2011), o contato direto e constante com a umidade do piso, aliado à ausência de drenagem adequada, favorece a retenção de água na base das estruturas, intensificando o processo de corrosão eletroquímica. Isso explica a maior degradação nas partes inferiores da trave, próximas ao solo, onde a evaporação é mais lenta e o metal permanece úmido por períodos prolongados.

A análise também evidencia perda parcial da pintura protetora original, com áreas onde o revestimento foi completamente removido, expondo o aço ao oxigênio e à umidade ambiente. De acordo com Oliveira (2012), a falha do sistema de pintura é o principal gatilho para o início do processo corrosivo, uma vez que o revestimento funciona como barreira isolante contra agentes externos.

Na região média e superior da estrutura, a corrosão é menos intensa, sugerindo que a exposição direta à chuva é menor, mas ainda se verifica o desgaste progressivo da tinta e início de oxidação superficial. Pannoni (2015) destaca que, em ambientes de alta umidade e insolação alternada, a dilatação térmica e a radiação UV degradam as camadas de pintura, reduzindo sua aderência e durabilidade.

Considerando os parâmetros da norma ISO 9223 (2012) e as classificações adotadas por Gentil (2011), o dano identificado pode ser classificado como corrosão de grau moderado, pois há formação visível de ferrugem ativa, perda parcial da espessura metálica e comprometimento estético, ainda sem indícios de colapso estrutural.

A presença de corrosão concentrada nas bases da trave (zonas de contato com o piso de cimento) pode indicar formação de microfrestas, permitindo o acúmulo de umidade e sais minerais. Esse mecanismo é conhecido como corrosão por frestas, e ocorre quando o acesso do oxigênio é limitado, criando uma diferença de concentração que acelera a reação eletroquímica (Gentil, 1996).

Estudos semelhantes conduzidos por Lima (2020) e Silva (2022) apontaram resultados equivalentes: estruturas de aço carbono sem manutenção periódica apresentaram degradação acentuada nas bases das traves, colunas e parafusos, com ausência de pintura de proteção e exposição prolongada a intempéries.

Assim, o estado atual da trave do gol demonstra necessidade imediata de intervenção preventiva, incluindo remoção mecânica da ferrugem (jateamento ou lixamento), aplicação de

primer anticorrosivo à base de fosfato de zinco, seguida de repintura com tinta epóxi bicomponente. Além disso, recomenda-se a instalação de calços isolantes entre a base metálica e o piso, evitando o contato direto com a umidade — procedimento recomendado por Pannoni (2015) e Castro (1999) como medida eficaz de prolongamento da vida útil de estruturas metálicas esportivas.

5.2 Treliças metálicas do telhado

A Figura 8 apresenta uma das treliças metálicas da cobertura da quadra da Vila Caiçara, estrutura responsável por sustentar o telhado em chapa metálica. Observa-se que o elemento foi pintado originalmente em amarelo, mas apresenta zonas de corrosão visíveis nas regiões das soldas e junções entre perfis, especialmente nos encontros entre as diagonais e as travessas principais.

Segundo Gentil (2011), as soldas e interseções estruturais são pontos críticos para o surgimento de corrosão localizada, pois a tensão residual, porosidades e microfrestas criadas durante o processo de soldagem podem reter umidade e oxigênio, favorecendo a reação eletroquímica. Essa forma de ataque é classificada como corrosão por frestas, um tipo localizado que ocorre em regiões de difícil ventilação e com acesso limitado do ar.

Figura 8 – Corrosão localizada em treliça metálica do telhado da quadra da Vila Caiçara.



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Nota-se ainda a presença de oxidação avermelhada e manchas escuras ao longo das linhas de solda, indicando início de corrosão intergranular. Esse processo é típico em estruturas submetidas a variações térmicas diárias, comuns em regiões de clima semiárido, onde o

aquecimento diurno e o resfriamento noturno provocam dilatações e contrações sucessivas na superfície metálica, causando microfissuras na pintura protetora (Oliveira, 2012).

De acordo com Brambilla (2011), ambientes internos parcialmente abertos — como quadras cobertas — estão sujeitos a uma corrosão atmosférica intermediária, causada pela alternância entre períodos secos e úmidos. Durante o dia, a alta temperatura acelera a evaporação da umidade; à noite, o arrefecimento provoca condensação sobre as superfícies metálicas, principalmente nas partes superiores próximas ao telhado, o que explica o padrão de corrosão identificado nas treliças.

A pintura protetora degradada é outro fator determinante observado na imagem. O revestimento apresenta falta de aderência e perda de brilho, sinais clássicos de envelhecimento do filme protetor, conforme destacado por Pannoni (2015). O autor explica que, quando a tinta perde sua integridade, surgem microfissuras que permitem a penetração de oxigênio e vapor d'água, iniciando o processo corrosivo sob o filme — conhecido como corrosão sob pintura (underfilmcorrosion).

Com base na norma ISO 9223 (2012) e nos parâmetros definidos por Gentil (2011), o dano observado nas treliças do telhado pode ser classificado como corrosão de grau leve a moderado, pois o ataque ainda se restringe à superfície, sem aparente perda estrutural significativa. No entanto, a presença de ferrugem ativa nas soldas representa um alerta, visto que o avanço desse processo pode comprometer, a médio prazo, a resistência mecânica e a estabilidade da cobertura.

Estudos realizados por Silva (2022) no ginásio poliesportivo da cidade de Uiraúna na Paraíba e por Lima (2020) em uma quadra esportiva pública na cidade de São Miguel no Rio Grande do Norte mostraram fenômenos semelhantes, nos quais as treliças metálicas apresentavam corrosão inicial nas soldas e nas regiões de encontro entre peças. Ambos os autores relacionaram esse quadro à ausência de manutenção preventiva e repintura periódica, fatores também observados na quadra de Vila Caiçara.

5.3 Estrutura metálica do portão e alambrado

A Figura 9 mostra parte do portão metálico da quadra, composto por tubos de aço carbono pintados na cor verde e interligados à estrutura da tela de alambrado. É possível observar processos corrosivos avançados nas regiões inferiores dos tubos verticais, com presença de ferrugem espessa, descoloração da pintura e manchas avermelhadas que indicam oxidação ativa do ferro.

Figura 9 – Corrosão avançada nas bases metálicas do portão da quadra da Vila Caiçara (Paraná-RN).



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Segundo Gentil (2011), a corrosão atmosférica é uma das formas mais comuns de degradação em estruturas metálicas externas, ocorrendo pela ação conjunta do oxigênio, da umidade e de contaminantes do ar sobre a superfície do aço. No caso da quadra analisada, a combinação de chuvas sazonais, acúmulo de poeira e variação térmica cria um ambiente propício à corrosão, especialmente nas partes próximas ao solo.

A presença de acúmulo de água na base do portão e a retenção de umidade pela tela metálica intensificam o processo de corrosão por aeração diferencial, fenômeno que ocorre quando diferentes partes da superfície recebem quantidades distintas de oxigênio, gerando potenciais eletroquímicos que aceleram a oxidação (Brambilla, 2011). As porções mais próximas ao chão, por permanecerem úmidas por mais tempo, tornam-se ânodos ativos, corroendo-se mais rapidamente do que as partes superiores.

Além disso, é perceptível o desprendimento quase total da camada de tinta original, o que elimina a barreira protetora contra o meio agressivo. Oliveira (2012) explica que, uma vez comprometida a película de pintura, o metal entra em contato direto com o oxigênio e a umidade, desencadeando o processo corrosivo. Esse tipo de dano é comum em estruturas expostas sem manutenção periódica, especialmente quando não há repintura preventiva a cada 3 a 5 anos, como recomendam Gentil (2011) e Pannoni (2015).

O grau de corrosão verificado no portão pode ser classificado como moderado a severo, segundo os parâmetros da ISO 9223 (2012). Há formação espessa de produtos de corrosão (óxidos de ferro hidratados) e indícios de perda parcial da espessura metálica nas bases, o que representa risco à integridade física da estrutura.

De acordo com Castro (1999), a corrosão localizada em bases metálicas é um problema

estrutural recorrente em edificações com contato direto entre o aço e o piso de concreto. Esse contato cria pontos de umidade permanente, agravando a corrosão interfacial e reduzindo a durabilidade da estrutura. Esse mesmo comportamento foi relatado por Lima (2020) e Silva (2022), em estudos sobre corrosão em quadras esportivas do Alto Oeste Potiguar, nas quais o alambrado metálico também apresentava desgaste acelerado nas regiões próximas ao piso, causado pela exposição constante à água da chuva e respingos.

A associação do alambrado de arame com os tubos de aço intensifica o processo por outro mecanismo: a corrosão galvânica. Esse tipo ocorre quando dois metais diferentes (no caso, o aço carbono do tubo e o aço zincado do alambrado) estão eletricamente conectados e expostos a um eletrólito comum (umidade ou água da chuva). Segundo Pannoni (2015), o metal menos nobre — neste caso, o aço carbono — atua como ânodo de sacrifício, corroendo-se com maior rapidez. Para a correção e prevenção dessa degradação, recomenda-se:

- Remoção mecânica completa da ferrugem por lixamento ou jateamento abrasivo;
- Aplicação de primer epóxi rico em zinco (proteção catódica localizada);
- Pintura de acabamento poliuretânica, resistente à radiação UV e à umidade;
- Instalação de bases metálicas elevadas ou calços de borracha, evitando o contato direto com o piso;
- Manutenção preventiva anual com limpeza e repintura parcial das áreas críticas.

A adoção dessas medidas é fundamental para restabelecer a proteção anticorrosiva e prolongar a vida útil do conjunto portão-alambrado, reduzindo custos futuros com substituição. Conforme Gentil (2011), a prevenção é sempre mais eficiente e econômica do que a recuperação de estruturas já degradadas.

5.4 Histórico e condições ambientais do local de estudo

A inspeção visual revelou que as colunas metálicas de sustentação apresentam manchas de oxidação, perda de brilho da pintura e pontos de desgaste, especialmente nas porções inferiores próximas ao solo. Isso indica falhas de manutenção preventiva, conforme também constatado nos estudos de Lima (2020) e Silva (2022), que verificaram que a ausência de repintura periódica e limpeza das superfícies metálicas contribui significativamente para o avanço da corrosão em quadras públicas da região. A cobertura metálica, embora estruturalmente íntegra, apresenta pontos de corrosão nas junções e fixações, conforme observado na análise das treliças (Figura 2). Essa situação demonstra que, embora o processo corrosivo ainda esteja em estágio inicial, há necessidade de intervenção imediata para evitar o

comprometimento estrutural progressivo.

Do ponto de vista construtivo, nota-se que a falta de canaletas ou calhas de drenagem pluvial ao redor da quadra favorece o acúmulo de água nas fundações e na base das colunas, criando condições ideais para a corrosão por umidade permanente (Castro, 1999). Além disso, o piso de concreto apresenta fissuras e desníveis, que permitem o acúmulo de água próximo às partes metálicas inferiores — um dos principais agentes aceleradores do processo corrosivo (Oliveira, 2012).

Com base nas observações visuais e comparações com a literatura técnica, é possível classificar o estado geral de conservação da estrutura metálica como regular, apresentando corrosão leve a moderada em diversos pontos e corrosão severa localizada em bases de contato com o solo. Segundo os critérios da ISO 9223 (2012), o ambiente pode ser classificado como de corrosividade C3 moderada, típica de atmosferas rurais e urbanas com moderado teor de poluição e grande variação térmica. Esse nível de agressividade requer um programa de inspeção e manutenção contínuo, incluindo repintura a cada cinco anos e verificação anual das condições de aderência da pintura e de drenagem.

Recomenda-se, portanto, a implementação de um plano de manutenção corretiva e preventiva, contendo as seguintes ações:

- Revisão e limpeza das superfícies metálicas, com remoção de óxidos e repintura com tintas epóxi de alta resistência;
- Inspeção anual das treliças e colunas com registro fotográfico e relatório técnico;
- Reparo das fissuras no piso e instalação de canaletas laterais para drenagem;
- Adoção de base isolante entre aço e concreto, reduzindo o contato com umidade ascendente;
- Educação comunitária sobre preservação do patrimônio público, minimizando impactos de vandalismo e mau uso.

A implementação dessas ações, segundo Pannoni (2015) e Gentil (2011), pode aumentar significativamente a vida útil de estruturas metálicas expostas, além de reduzir substancialmente os custos de recuperação futura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste trabalho permitiu identificar de forma clara o estado de conservação das estruturas metálicas da quadra poliesportiva da Vila Caiçara, no município de Paraná-RN, evidenciando a presença de diferentes estágios de corrosão ao longo da edificação. Os resultados apontaram que elementos como as traves do gol e o portão apresentam corrosão severa, sobretudo em suas bases, enquanto as treliças do telhado e as colunas de sustentação exibem corrosão localizada e desgaste do sistema de pintura protetora. Esses achados indicam que o processo corrosivo se encontra em evolução e tende a se agravar caso não sejam adotadas intervenções adequadas.

A presença de corrosão avançada nas regiões em contato com o solo e nas áreas de solda revela um risco potencial à integridade estrutural da quadra, uma vez que a perda progressiva de material pode comprometer a resistência mecânica dos elementos metálicos e reduzir a vida útil da edificação. Em médio e longo prazo, esse cenário pode resultar em falhas estruturais, aumento dos custos de recuperação e, principalmente, riscos à segurança dos usuários do espaço.

A análise também evidenciou que o avanço da corrosão está diretamente associado à ausência de manutenção periódica, à falta de repintura preventiva e à exposição contínua das estruturas às intempéries características do clima semiárido, como altas temperaturas, umidade intermitente e acúmulo de poeira. Esses fatores atuam de forma combinada, intensificando os ciclos de molhamento e secagem, especialmente nas regiões inferiores da estrutura, favorecendo o desenvolvimento do processo corrosivo.

Diante desse contexto, o estudo aponta que o combate à corrosão deve ser realizado por meio de medidas corretivas e preventivas integradas, incluindo a remoção mecânica da ferrugem, a aplicação de sistemas de pintura anticorrosiva adequados ao ambiente classificado como de corrosividade moderada (C3), conforme a ISO 9223, e a adoção de soluções construtivas que evitem o contato direto das partes metálicas com o solo. Além disso, a implementação de um plano de manutenção preventiva, com inspeções regulares e repinturas programadas, mostra-se fundamental para retardar o avanço da corrosão e garantir a durabilidade da estrutura.

Sob o ponto de vista social, este trabalho apresenta relevância significativa para a comunidade usuária da quadra poliesportiva da Vila Caiçara, uma vez que a conservação adequada do espaço contribui diretamente para a segurança, o bem-estar e a promoção de atividades esportivas e de lazer. A preservação de equipamentos públicos não apenas reduz

gastos futuros com reformas emergenciais, como também fortalece o uso contínuo e seguro desses ambientes pela população local.

Por fim, recomenda-se que trabalhos futuros aprofundem esta pesquisa por meio da realização de ensaios laboratoriais, medições quantitativas da taxa de corrosão e análises comparativas entre diferentes sistemas de proteção anticorrosiva. Essas investigações poderão fornecer subsídios técnicos mais precisos para o planejamento de intervenções, ampliando o conhecimento sobre o comportamento da corrosão em estruturas metálicas inseridas em ambientes semiáridos.

REFERÊNCIAS

- BRAMBILLA, M. **Corrosão atmosférica em estruturas metálicas**. São Paulo: Blucher, 2011.
- CASTRO, S. A. de. **Corrosão e proteção contra corrosão**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- COSTA, R. S. *et al.* Corrosão em estruturas metálicas públicas: diagnóstico e manutenção. **Revista IBRACON**, São Paulo, 2023.
- DEEVID AI. **Gerador de imagens e vídeos com inteligência artificial**. Disponível em: <https://deevid.ai/pt/>. Acesso em: 25 dez. 2025.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOOGLE EARTH. **Quadra Poliesportiva – Av. Joaquim Luiz Duarte, 30, Caiçara, Paraná – RN**. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/Quadra+Poliesportiva+-+Av.+Joaquim+Luiz+Duarte,+30+-+Caicara,+Paran%C3%A1+-+RN,+59950-000/@-6.4614911,-38.2630393,310.90378582a,839.22910621d,35y,0h,0t,0r/data=CsUBGpYBEo8BCiQweDdhNGViMDA0MDk5MjBjNToweGUxNGM4NDJjNGY5ZjVjOWQZE0q6wavYGcAh5RlFIKghQ8AqVVF1YWRYYSBQb2xpZXNwb3J0aXZhIC0gQXYuIEpvYXF1aW0gTHVpeiBEdWFydGUuIDMwIC0gQ2FpY2FyYSwgUGFyYW7DoSAIfJOLCA1OTk1MC0wMDAYAiABliYKJAKg_ed9Hjo0QBE_d9Hjo0wBnm6ucLrsVIQCGQGxh0_BhKwEICCCE6AwoBMEICCABKDQj_8BEAA?hl=pt-BR. Acesso em: 25 dez. 2025.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9223:2012 — Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation**. 2. ed. Geneva: ISO, 2012.
- KOCH, G. *et al.* **Corrosion cost and preventive strategies in the United States**. [S.l.]: [s.n.], 2001.
- KOCH, G. *et al.* **International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study**. Houston: NACE International, 2016.
- LIMA, G. G. de. **Análise do processo corrosivo em uma quadra esportiva na cidade de São Miguel-RN**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.
- MELCHERS, R. E.; JEFFREY, R. **Marine and atmospheric corrosion**. Amsterdam: Elsevier, 2020.
- OLIVEIRA, A. **Materiais de construção civil: corrosão e degradação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.
- PANNONI, M. **Proteção anticorrosiva em estruturas metálicas**. São Paulo: Pini, 2015.

PARANÁ (RN). Prefeitura Municipal de Paraná. **Portal institucional do Município de Paraná-RN**. Paraná, 2025. Disponível em: <https://parana.rn.gov.br/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

REVIE, R. W.; UHLIG, H. H. **Corrosion and corrosion control**. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2020.

SILVA, B. E. da. **Análise dos processos corrosivos no ginásio poliesportivo do Colégio José Duarte Filho em Uiraúna-PB**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2022.

ZHANG, X. *et al.* Atmospheric corrosion of steel structures: mechanisms and prevention. **Construction and Building Materials**, [s.l.], 2021.