



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

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**ANÁLISE DA CORROSÃO E AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS ESTRUTURAIS:
ESTUDO EM UMA ESCOLA NA CIDADE DE JOSÉ DA PENHA - RN**

PAU DOS FERROS

2023

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**ANÁLISE DA CORROSÃO E AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS ESTRUTURAIS:
ESTUDO EM UMA ESCOLA NA CIDADE DE JOSÉ DA PENHA - RN**

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

Orientadora: Profa. Dra. Josy Eliziane Torres
Ramos

PAU DOS FERROS

2023

© 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.

C838a Costa, Adna Loyse da Silveira.

ANÁLISE DA CORROSÃO E AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS
ESTRUTURAIS: ESTUDO EM UMA ESCOLA NA CIDADE DE JOSÉ
DA PENHA - RN / Adna Loyse da Silveira Costa.
- 2023.

41 f. : il.

Orientador: Josy Eliziane Torres Ramos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia,
2023.

1. Concreto. 2. Corrosão. 3. Escola. 4.
Estrutura. I. Eliziane Torres Ramos, Josy, 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.

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**ANÁLISE DA CORROSÃO E AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS ESTRUTURAIS:
ESTUDO EM UMA ESCOLA NA CIDADE DE JOSÉ DA PENHA - RN**

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

Defendida em: 11/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Josy Eliziane Torres Ramos (UFERSA)
Presidente

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

Profa. Dra Sanderlir Silva Dias (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força, coragem e proteção para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a minha família pelo apoio, esforço e dedicação a mim prestados durante toda a minha vida. Mesmo diante de todas as dificuldades, sempre me incentivando para uma vida acadêmica prospera, que com muito esforço e dedicação, nunca deixaram que eu desistisse.

Agradeço ao meu Noivo, pelo apoio, paciência e dedicação a mim prestados nessa trajetória.

Agradeço a minha professora e orientadora desse trabalho, Josy Eliziane Torres Ramos, por toda paciência e dedicação. Pelas ideias, pelo tempo desprendido a mim, pelos ensinamentos passados e por me guiar na elaboração deste trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora pela atenção e por estarem dispostos a contribuir para esse momento tão importante.

Agradeço aos meus colegas pelo companheirismo, apoio e conhecimentos compartilhados durante essa jornada.

Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais.

Thomas Edison.

RESUMO

A corrosão de armaduras nas estruturas de concreto armado tem sido uma das mais recorrentes, senão a principal causa de deterioração das edificações, podendo manifestar-se de diferentes formas e agressividades. Esse estudo analisou a corrosão presente nas estruturas de concreto armado em uma escola, assim como suas causas e possíveis soluções. Para a construção do presente trabalho, utilizou-se como local de estudo a Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira, na Vila Major Felipe, município de José da Penha – RN. Foram realizadas pesquisas sobre o tema e visitas ao local, para aprofundamento do estudo corrosivo, sendo evidenciado um estado de deterioração preocupante, resultado de um processo corrosivo que se instalou ao longo do tempo na referida escola, mais especificamente a corrosão do concreto armado nos pilares, deslocamento no concreto, fissuras e dentre outras patologias. Assim, a execução desse estudo proporcionou um entendimento aprofundado sobre a corrosão manifestada, como também a solução proposta ideal para o problema em questão. E Como resultado, chegou-se à conclusão de que o espaço físico não apresenta condições seguras nem mesmo após uma possível reforma, devido as patologias encontradas na edificação, sendo, a forma mais correta, a proposta de demolição do mesmo para a construção de um novo espaço escolar, visto que a deterioração da escola causou um impacto social significativo que vai muito além das paredes da sala de aula, afetando a qualidade da educação, a saúde e o bem-estar dos alunos, a comunidade local e a moral dos educadores. Portanto, investir na manutenção e renovação das escolas é essencial para promover uma sociedade mais saudável, igualitária e educada.

Palavras-chave: Concreto, Corrosão, Escola, Estrutura.

ABSTRACT

Corrosion of reinforcement in reinforced concrete structures has been one of the most recurrent, if not the main, cause of deterioration of buildings, and can manifest itself in different forms and aggressiveness. This study analyzed the corrosion present in reinforced concrete structures in a school, as well as its causes and possible solutions. For the construction of this work, the Municipal School Ariamiro Germano da Silveira, in Vila Major Felipe, municipality of José da Penha – RN, was used as the study site. Research on the subject and visits to the site were carried out to further the corrosive study, revealing a worrying state of deterioration, the result of a corrosive process that took hold over time in the aforementioned school, more specifically the corrosion of the reinforced concrete in the pillars. , concrete spalling, cracks and other pathologies. Thus, carrying out this study provided an in-depth understanding of the corrosion manifested, as well as the ideal proposed solution for the problem in question. And As a result, it was concluded that the physical space does not present safe conditions even after a possible renovation, due to the pathologies found in the building, with the most correct way being the proposal to demolish it for the construction of a new building. new school space. Since the deterioration of the school has caused a significant social impact that goes far beyond the classroom walls, affecting the quality of education, the health and well-being of students, the local community and the morale of educators. Therefore, investing in the maintenance and renovation of schools is essential to promote a healthier, more egalitarian and educated society.

Keywords: Concrete, Corrosion, School, Structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formas de Corrosão	17
Figura 2: Corrosão das Armaduras.....	20
Figura 3: Fissuras no Concreto.....	21
Figura 4: Deslocamento no Concreto.	22
Figura 5: Carbonatação no Concreto.....	22
Figura 6: Eflorescência no Concreto.	23
Figura 7: Triângulo da Corrosão.	25
Figura 8: Fluxograma da Metodologia de Pesquisa	26
Figura 9: Major Felipe, município de José da Penha/RN.....	27
Figura 10: Parte frontal da escola.....	29
Figura 11: Pilares em Corrosão.	31
Figura 12: Deslocamento nos Pilares.....	33
Figura 13: Portões em Corrosão.	35
Figura 14: Fissuras na Estrutura.	36
Figura 15: Triângulo da Corrosão no Ambiente.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	14
3.1 CORROSÃO	14
3.1.2 Tipos de Corrosão	15
3.1.3 FORMAS DE CORROSÃO	16
3.2 CORROSÃO NO CONCRETO	17
3.2.1 PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO	19
3.3 TRIÂNGULO DA CORROSÃO	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
5. RESULTADOS E DISCURSÕES	29
5.1 ESTRUTURA FÍSICA DO OBJETO DE ESTUDO	29
5.2 CORROSÃO DO CONCRETO ARMADO NOS PILARES	30
5.3 DESPLACAMENTO DO CONCRETO	32
5.4 CORROSÃO NOS PORTÕES	34
5.5 FISSURAS	35
5.6 TRIÂNGULO DA CORROSÃO NO AMBIENTE ESCOLAR	37
5.7 INTERDITAÇÃO DO LOCAL	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
8. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material de grande importância na construção civil, sua durabilidade e diversas formas de uso ofertam segurança, estabilidade e conforto em uma edificação. De acordo com Gentil (2011), as estruturas de concreto, são projetadas e executadas para manter condições mínimas de segurança, estabilidade e funcionalidade durante seu tempo de vida útil, sem custos não previstos de manutenção e reparos.

Porém, essas estruturas são expostas a diversos tipos de ambientes que favorecem para sua deterioração, e uma das principais formas de deterioração se destaca a corrosão nas armaduras, que está relacionada com a porosidade da pasta de cimento, com a umidade e com a agressividade do meio.

A longevidade das estruturas está relacionada ao meio em que as mesmas são expostas, e o meio atmosférico é um fator relevante para a deterioração dessas estruturas por meio da corrosão, Gentil (2011).

A corrosão de armaduras nas estruturas de concreto armado tem sido uma das mais recorrentes, senão a principal causa de deterioração dessas estruturas, podendo manifestar-se de diferentes formas e agressividades, tornando-se uma problemática preocupante pois além de comprometer seu desempenho estrutural e sua vida útil, demanda custos extras para seu reparo.

O fenômeno da corrosão de armaduras ocorre segundo vários fatores que agem simultaneamente, fatores esses como fissuração, solicitações cíclicas, execução inadequada, ciclos de molhagem e secagem do concreto, fungos, variações de temperatura e atmosferas agressivas são outros agentes que contribuem para a perda dessa proteção da armadura, contribuindo para o início de um processo corrosivo, Ribeiro (2018).

Dessa maneira, é muito importante no campo da construção civil que essa patologia seja inicialmente evitada no início de suas construções, afim de evitar contratempos com as correções das mesmas e desembolsar recursos extras.

Mesmo sabendo que devido à complexidade do processo, em muitas situações, não é fácil nem rápido justificar o porquê de uma estrutura corroída quando tantas outras, em tudo semelhantes e similares, não apresentaram o problema, Helene (1993). Ainda assim, é indispensável que, a corrosão seja analisada e solucionada de forma coerente, a fim de proporcionar segurança estrutural, funcionalidade e satisfação estética as edificações.

A corrosão nas estruturas de concreto armado origina uma preocupação especial principalmente para os profissionais da construção civil, mas, também para seus usuários, pois,

o aparecimento da mesma tem impacto negativo em uma construção. Além de desvalorizar o imóvel no mercado, os custos para a correção podem ser altos.

O problema da corrosão metálica é de proporções significativas; em termos econômicos, foi estimado que aproximadamente 5% das receitas de uma nação industrializada sejam gastos na prevenção da corrosão e na manutenção ou substituição de produtos perdidos ou contaminados como resultado de reações de corrosão, Callister (2020).

Retratando-se de propriedade pública, pode-se observar que o tipo de uso do material, manutenção e compromissos de utilização dos usuários na construção são fatores que influenciam na durabilidade e segurança da mesma.

Nesse sentido todo o desenvolvimento do estudo envolverá participação direta em um ambiente escolar situado na vila Major Felipe que é um distrito de José da Penha, município brasileiro no estado do Rio Grande do Norte para coletar dados, observações e informações relevantes. Essa abordagem permitirá uma compreensão mais profunda e contextualizada do problema em questão, ao mesmo tempo em que proporcionará a oportunidade de interagir com as pessoas daquela localidade.

2.OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a corrosão presente nas estruturas da Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira, na Vila Major Felipe, Município de José da Penha - RN, assim como suas causas e possíveis soluções.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a situação do processo corrosivo;
- Identificar o triângulo de corrosão evidenciando o material, meio e condições;
- Propor técnicas protetivas e ou preventivas, afim de elucidar a problemática.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Desde o início da humanidade já surgia a preocupação por parte das pessoas em se ter abrigo seguro para suas famílias, com a constante evolução dessa preocupação, surgiu o primeiro conceito de “construção de edificações a partir do momento em que as pessoas passaram a preferir o uso de grandes blocos de pedra em detrimento de madeira, tijolos de barro ou pequenas pedras que podiam ser erguidas por uma ou duas pessoas”. (ADDIS, 2009, p. 3).

Para se pensar em segurança é importante pensar em durabilidade, qualidade, conforto e viabilidade econômica para a edificação. O que também se leva a se pensar nos materiais que irão ser utilizados para a construção da mesma.

A construção em concreto armado tornou-se um dos métodos mais utilizados na indústria da construção civil em todo o mundo. Para Matildes (2022), o concreto é considerado uma pedra artificial, e assim como as demais pedras, este possui uma grande resistência a tensões, entretanto sua resistência a tração é muito inferior quando comparado a sua capacidade de resistência a compressão.

A engenhosidade está em combinar a propriedade de resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço, dando origem a um material capaz de suportar cargas e vencer grandes vãos e balanços, nos formatos mais variados, Santos (2008).

No entanto, a construção em concreto armado requer conhecimento especializado na área, detalhamento cuidadoso, gestão eficaz da obra e observância rigorosa das normas de segurança. Uma vez que quando esses fatores não são levados em consideração, a estrutura pode vir a apresentar problemas, como a corrosão no concreto armado, que é considerada como uma das principais patologias nesse âmbito.

3.1 CORROSÃO

Gentil (2011) define corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos. É uma patologia que está presente em todas as áreas da sociedade em que se pode imaginar, seja ela na indústria, na construção civil, nos transportes em geral. Essa deterioração pode ocasionar diversos danos a área em que se instala, como manutenção, substituição de peças ou materiais, degradação do meio. O que se leva a gerar gastos não previstos para a correção dos mesmos.

De acordo com Mendes et. al (2010, p.8), a corrosão pode ser definida como um processo espontâneo de deterioração de um material, na maioria das vezes metálico, por ação química ou físico-química do meio, podendo estar associada a esforços mecânicos, Comportando-se como uma manifestação natural que afeta materiais metálicos ao longo do tempo e tem impacto significativo em diversos setores da indústria e da sociedade como um todo.

Para Pannoni (2004) de modo simples, a corrosão é a tendência espontânea do metal produzido e conformado de reverter ao seu estado original, de mais baixa energia livre. Para o mesmo autor uma outra definição, é a que afirma que corrosão é a deterioração de propriedades que ocorre quando um material reage com o ambiente.

Essa patologia não só compromete a integridade estrutural da edificação, como também resulta em perdas financeiras significativas, seja pela necessidade de substituição de peças danificadas, manutenção preventiva ou pela perda da vida útil de equipamentos e estruturas.

A constatação da corrosão em fase inicial é vantajosa, pois pode evitar contratempos e recursos financeiros para a correção da mesma, assim como também até o desmoronamento das edificações. Porém, essa verificação é complicada no início da corrosão, pois não é visível até que cheguem à superfície. Portanto, a sua avaliação por inspeção visual só é possível tardiamente. (AGGELIS et al., 2010).

De acordo com Gentil (2011), no processo corrosivo, a transferência de elétrons acontece de forma simultânea e equilibrada. Esse processo é denominado oxirredução, os metais geralmente possuem elétrons livres e apresentam uma tendência de doar ou recebê-los, quando doados os elétrons é gerada a reação de oxidação, em contraponto a substância que reage com metal ganha esses elétrons, é então gerada a reação de redução.

3.1.2 Tipos de Corrosão

A corrosão pode ocorrer através de variadas formas, e sua classificação pode ser feita através da aparência do material corroído. As formas do meio agir com material estão distribuídas em três tipos de corrosão, que são, química, eletroquímica e eletrolítica.

1. Corrosão Química

Acontece quando há ataque de um agente químico diretamente sobre o material. Não há necessidade da presença de água e nenhuma eletricidade é necessária para que essa corrosão ocorra, pois não há transferências de cargas ou elétrons.

No caso de um metal ou liga, o processo consiste numa reação química entre o metal e o meio corrosivo, resultando na formação de um produto de corrosão sobre a superfície metálica, Moreira (2015).

2. Corrosão Eletroquímica

A corrosão eletroquímica é o tipo mais comum de corrosão em metais. Consiste em um processo espontâneo passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrolítico, como água salgada, ar atmosférico, solo úmido, onde ocorrem, simultaneamente, as reações anódicas e catódicas, causando assim, como resultado final, a deterioração do metal. Frauches-Santos, C.et al. (2014).

3. Corrosão Eletrolítica

De acordo com a definição de Moreira (2015), a corrosão eletrolítica se caracteriza por ser um processo eletroquímico, que se dá com aplicações de corrente elétrica externa. Isto significa que é um processo não espontâneo de corrosão. Ela é provocada por correntes de fuga, também chamadas de parasitas ou estranhas.

Quando dois metais diferentes estão em contato direto com um ambiente eletricamente condutor, como a presença de um eletrólito, devido às diferenças nas propriedades químicas e elétricas dos metais, uma corrente elétrica flui entre os metais, resultando na corrosão de um dos metais.

3.1.3 FORMAS DE CORROSÃO

A corrosão é um processo natural que ocorre quando materiais geralmente metálicos reagem com o ambiente ao seu redor, resultando na deterioração gradual desses materiais. Existem variadas formas de corrosão, cada uma delas ocorrendo sob condições específicas e manifestando-se de maneiras diferentes. As principais formas de corrosão incluem:

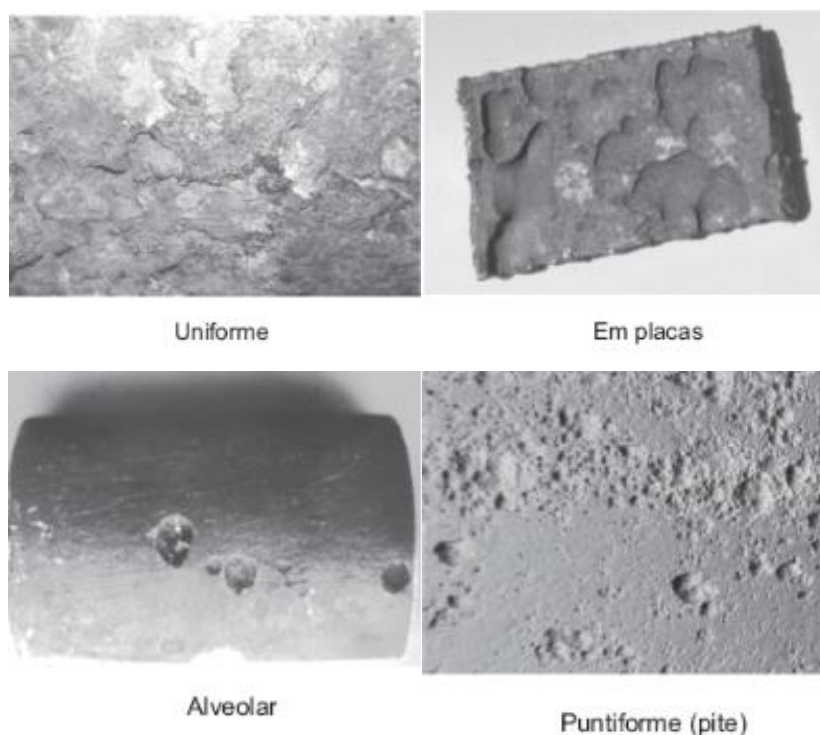
Corrosão Uniforme: Se processa em toda a extensão da superfície, ocorrendo perda uniforme de espessura. Esta é a forma mais básica de corrosão, geralmente é causado pela exposição contínua do metal a um ambiente corrosivo, como a oxidação do ferro para formar ferrugem, Gentil (2011).

Corrosão por Placas: Localiza-se em regiões da superfície metálica e não em toda sua extensão, formando placas com escavações devido aos descolamentos das mesmas, que se desprendem progressivamente, Gentil (2011).

Corrosão Alveolar: Se processa na superfície metálica produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que o seu diâmetro, Gentil (2011).

Corrosão por Pite: A corrosão por pites é outra forma muito localizada de ataque corrosivo, onde pequenos pites ou buracos se formam. Ordinariamente, eles penetram para o interior do material a partir do topo de uma superfície horizontal, em uma direção praticamente vertical, Callister (2020). Geralmente, a corrosão por pites ocorre em ambientes onde a concentração de íons corrosivos é maior em algumas áreas específicas da superfície, levando à formação de pites. A seguir a Figura 1 representa algumas das principais formas de corrosão.

Figura 1: Principais Formas de Corrosão



Fonte: Gentil (2011)

3.2 CORROSÃO NO CONCRETO

Para Pinheiro, Muzardo & Santos (2004), o concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo. Seu consumo anual é da ordem de uma tonelada por habitante. Entre eles, os mais utilizados pelo homem, o concreto perde apenas para a água.

O primeiro relato de utilização de um metal ao cimento surgiu na época dos romanos. Em Paris, no ano de 1770, associou-se ferro com pedra para formar vigas como as modernas, com barras longitudinais na tração e barras transversais ao cortante, Andrade (2016).

O concreto é essencialmente composto por cimento, água, areia e brita. Utilizado para os mais diversos fins, a qualidade, segurança e durabilidade são critérios a serem considerados na sua fabricação.

Em princípio, as armaduras são introduzidas no concreto para proporcionar mais segurança e durabilidade a estrutura. Assim, essas armaduras por serem completamente cobertas pelo concreto ficam protegidas do meio agressivo, como vento, chuva, temperatura e a patologias como a corrosão. A armadura não é suscetível de sofrer corrosão, a não ser que ocorram contaminação e deterioração do concreto, Gentil (2011). Uma vez que ocorrido isto, pode levar ao rompimento dessa proteção e, conseqüentemente, expor o metal as condições agressivas do meio.

Para Helene (1993, p.2),

A perda da proteção pode dar-se principalmente através dos fenômenos de carbonatação e de contaminação por cloretos no concreto de cobrimento da armadura. Fissuração, solicitações cíclicas, execução inadequada, materiais de natureza diversa, ciclos de molhagem e secagem, variação de temperatura e atmosferas agressivas são outros agentes que contribuem para a perda dessa proteção natural, ou para a aceleração de um processo corrosivo ali iniciado.

A corrosão do concreto armado é uma questão preocupante que afeta seriamente a durabilidade e a integridade das estruturas de concreto armado. É causada pela corrosão nas armaduras metálicas, que geralmente são em aço seu material, devido à exposição a agentes corrosivos presentes no ambiente.

Essa corrosão pode ser desencadeada por uma variedade de fatores, incluindo a exposição em áreas marinhas, a presença de cloretos, a cobertura insuficiente das barras de aço, a carbonatação do concreto. Destacando também que a poluição atmosférica e as mudanças climáticas contribuem significativamente para a agravação do problema. No Quadro 1 pode-se observar algumas circunstâncias que contribuem para a formação da corrosão no concreto.

Quadro 1: Tipos de Fatores e Causas de Corrosão no Concreto.

Fatores	Causas	Referência
Mecânicos	Vibrações e erosão	Gentil (2011)
Físicos	Variações de temperatura	Gentil (2011)
Biológicos	Bactérias	Gentil (2011)
Químicos	Ácidos e sais	Gentil (2011)

Fonte: Autor (2023)

O aço desempenha um papel vital na resistência e na capacidade de carregamento das estruturas. Quando as armaduras começam a corroer, elas se expandem, o que pode resultar em fissuras, abrindo o caminho para um processo corrosivo. Para Nascimento (2015), este problema se manifesta em manchas superficiais, fissuras, destacamento do cobrimento de concreto da ferragem e perda de massa das armaduras, resultando em redução na seção de seus componentes. Isso, por sua vez, pode comprometer a integridade estrutural e levar a problemas de segurança.

De acordo com Gentil (2011), as vibrações podem ocasionar fissuras e os líquidos em movimento podem ocasionar erosão, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Quando uma estrutura está sujeita a vibrações constantes, podem causar fadiga no concreto, levando à formação de fissuras, à medida que as mesmas se desenvolvem, a capacidade de carga da estrutura pode ser comprometida. Isso ocorre porque as fissuras enfraquecem o concreto, diminuindo sua capacidade de resistir a cargas.

3.2.1 PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO

As patologias no concreto armado são complicações e defeitos que podem afetar a durabilidade e segurança das edificações. Esse material tem sido utilizado em larga escala, pois essa combinação é eficiente na construção civil pela alta resistência à tração do aço e também pela boa resistência à compressão do concreto, Souza e Santos (2021).

No decorrer do tempo, fatores como a exposição a condições ambientais adversas, erros de projeto, e falta de manutenção podem levar ao surgimento de patologias que comprometem a eficácia do concreto armado como material de construção. Para Cánovas (1988), a maioria das estruturas que entram em colapso, não são ocasionadas por apenas uma manifestação patológica, mas sim por várias, que agem de maneira conjunta, reduzindo a resistência mecânica da estrutura, trazendo graves consequências, como o colapso das mesmas.

Estas condições degenerativas podem manifestar-se de diferentes formas, desde fissuras superficiais até danos estruturais mais graves, tendo o potencial de colocar em risco a segurança do edifício. Além disso, representam custos significativos de reparação e manutenção, que podem impactar os proprietários, usuários e a sociedade como um todo.

Algumas das patologias mais comuns do concreto armado incluem:

Corrosão das Armaduras: Como estruturas de concreto armado são expostas a vários tipos de ambientes, principalmente ao meio atmosférico, o que contribui para a formação da corrosão. Quando o aço de reforço no interior do concreto é exposto à umidade e oxigênio, pode ocorrer a corrosão, enfraquecendo a estrutura e causando fissuras no concreto, conforme a Figura 2.

Figura 2: Corrosão das Armaduras.



Fonte: Tecnosil (2022)

Fissuras: A NBR 15.575:2013 define fissura de um componente estrutural como sendo o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal do componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras (Figura 3) podem surgir devido a várias razões, incluindo movimentação da estrutura, carga excessiva, entre outros. Permitindo também a entrada de umidade na estrutura.

Figura 3: Fissuras no Concreto.



Fonte: Mapa da Obra (2019)

O concreto, por apresentar baixa resistência à tração, as fissuras estarão situadas nos pontos em que há esforços de tração na estrutura. E, naturalmente, apresentará fissuras mesmo em situações em que não existem falhas estruturais. Weimer et. al (2018). Para o mesmo autor, as fissuras podem ocorrer tanto na fase em que o concreto está fresco, quanto na fase em que ele já se encontra endurecido.

Desplacamento: O deslocamento do revestimento é quando a camada superficial do concreto se solta ou descasca, muitas vezes devido à corrosão do aço de reforço ou à presença de cloretos. Como consequência, tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam, Souza e Ripper (1998). Essa patologia pode se observado, conforme a Figura 4.

Figura 4: Desplacamento no Concreto.



Fonte: Silva (2020)

Carbonatação: Segundo Mendes (2010), a carbonatação consiste na diminuição da alcalinidade do cimento, em função da reação do hidróxido de cálcio com compostos do meio, produzindo principalmente sais de cálcio. Comprometendo assim, camada de proteção do aço, pois determina vulnerabilidade no concreto e também expõe as armaduras ao contato com o meio, representado pela Figura 5.

Figura 5: Carbonatação no Concreto.



Fonte: Matildes (2022)

Matildes (2022) descreve sucintamente como ocorre a carbonatação:

1. A água (H_2O) penetra no concreto pelas fissuras;
2. Assim de forma uma fina camada de água;
3. A água dissolve o Cálcio (Ca) formando o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$);
4. Gás carbônico (CO_2) entra nos poros, também pelas fissuras;
5. O gás carbônico (CO_2) reage com a água (H_2O), formando o ácido carbônico (H_2CO_3);
6. O ácido carbônico (H_2CO_3) reage com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) (cristais);
7. O consumo de Cálcio (Ca) diminui o pH do concreto, deixando o aço exposto à corrosão.

Eflorescência: A eflorescência (Figura 6), é uma reação química que ocorre no concreto e nas alvenarias, onde aparecem manchas esbranquiçadas sobre a sua superfície, causadas pela presença da cal livre em qualquer produto que leva o cimento na composição, Matildes (2022).

O concreto contém naturalmente sais solúveis, como sulfatos, cloretos e carbonatos. Quando a água transporta esses sais para a superfície e ocorre a evaporação, os sais precipitam e formam e florescer.

Figura 6: Eflorescência no Concreto.



Fonte: Mapa da Obra (2019)

3.3 TRIÂNGULO DA CORROSÃO

A durabilidade das edificações consiste na capacidade dos elementos estruturais em resistir às agressões do meio ambiente em que estão inseridos. Dessa forma, é essencial que sejam conhecidos as influências e os efeitos que os diferentes tipos de ambientes provocam sobre as estruturas de concreto, Ribeiro (2018).

Para o mesmo autor, em muitas situações, não é fácil nem rápido justificar o porquê de uma estrutura corroída quando tantas outras, em tudo semelhantes e similares, não apresentam ou até nunca apresentarão o problema.

No estudo dos processos corrosivos devem ser sempre consideradas as variáveis dependentes do material metálico, do meio corrosivo e das condições operacionais, pois o estudo conjunto dessas variáveis permitirá indicar o material mais adequado para ser utilizado em determinados equipamentos ou instalações, Gentil (2011).

O triângulo da corrosão é um conceito fundamental, que descreve os três fatores essenciais que precisam estar presentes para que a corrosão ocorra em materiais metálicos. Ainda para Gentil (2011), esses três fatores são: Metal, meio e condições operacionais.

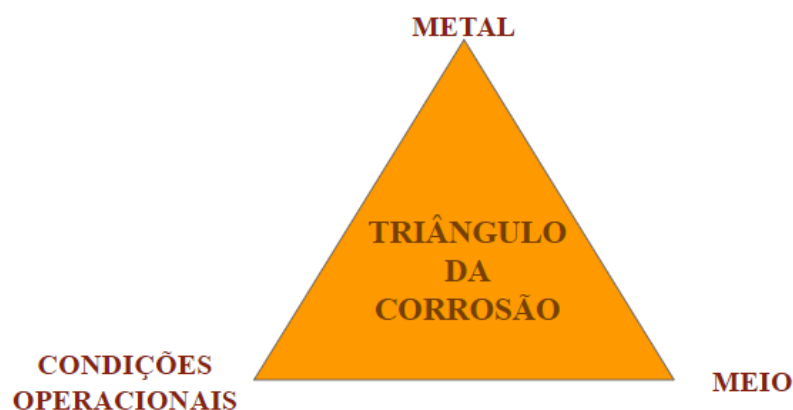
Metal: O primeiro elemento do triângulo da corrosão é o próprio metal. Materiais metálicos são suscetíveis à corrosão, uma vez que suas ligações químicas podem ser enfraquecidas ou rompidas quando expostas a certos ambientes corrosivos.

Meio: atmosférica, pelo solo, induzida por microrganismos, pela água do mar, por sais fundidos, dentre outros. Deve-se destacar a importância que representa a natureza do meio corrosivo que se encontra na imediata proximidade da superfície metálica.

Condições Operacionais: condições climáticas, emprego de fertilizantes, despejos industriais, profundidade, aeração diferencial, contato bimetálico e correntes de fuga.

A Figura 7 apresenta o triângulo da corrosão, com os vértices apontando os parâmetros determinantes à corrosão.

Figura 7: Triângulo da Corrosão.



Fonte: Autor (2023)

Uma vez identificada a ocorrência de algum processo corrosivo, a etapa seguinte consiste no seu estudo para se determinar a extensão do ataque, o seu tipo, a morfologia e o levantamento das suas prováveis causas, Gentil, (2011). O entendimento do triângulo da corrosão é crucial para controlar e prevenir a corrosão, um processo que pode causar sérios danos, perdas econômicas e sociais uma variedade de aplicações industriais e cotidianas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção do presente trabalho, utilizou-se como local de estudo a Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira, na Vila Major Felipe, Município de José da Penha – RN. Foram realizadas pesquisas sobre o tema com a revisão de literatura, utilizando artigos, livros, teses, dissertações, sites acadêmicos e também realizadas visitas ao local, para aprofundamento do estudo corrosivo.

Para analisar e entender o problema, foram realizadas visitas ao local para identificar a atual situação do processo corrosivo, assim como também coletar informações por meio de inspeções visuais e fotográficas para posteriormente identificar e tentar solucionar o problema em questão abordado no respectivo estudo. A Figura 8 identifica detalhadamente a sequência da metodologia de pesquisa para o presente estudo.

Figura 8: Fluxograma da Metodologia de Pesquisa



Fonte: Autor (2023)

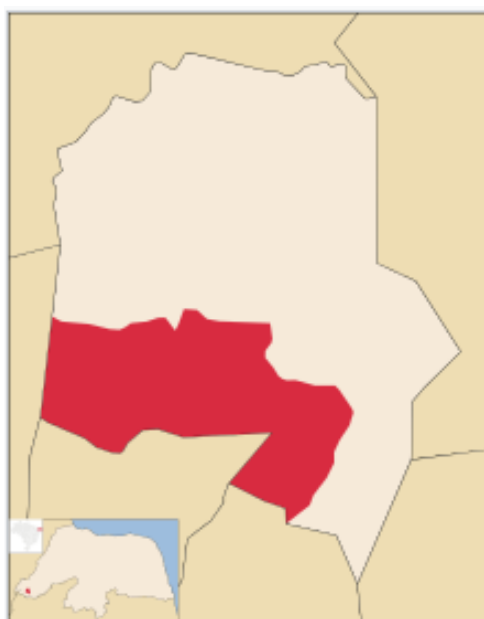
Esse estudo refere-se a corrosão presente nas estruturas de concreto armado na edificação da Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira situada, na Vila Major Felipe (Figura 9), Município de José da Penha – RN localizando-se à 421 Km à oeste da capital Natal, com população de 5.803 habitantes (IBGE, 2022).

O distrito de Major Felipe está distante cinco quilômetros da sede municipal, possui clima tropical com estação seca com temperaturas médias anuais em torno dos 26 °C e índice

pluviométrico de 856 mm/ano, concentrados entre os meses de fevereiro e maio. Conforme o censo brasileiro de 2010, a população total do distrito era de 1.263 habitantes, equivalente a 21,5% da população municipal.

O tipo de solo predominante é o luvisolo, com nível médio ou alto de fertilidade, textura argilosa ou arenosa e a boa drenagem, além do solo podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico. Todo o território distrital está inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, a cobertura vegetal é formada pela caatinga, com espécies de pequeno porte adaptadas a períodos de seca, cujas espécies de plantas possuem folhas pequenas e caducas, que caem durante a estiagem. O distrito é cortado pela rodovia federal BR-405, que faz a ligação com o município de Major Sales e a sede municipal.

Figura 9: Major Felipe



Fonte: Wikipédia, 2023

Na unidade de ensino funciona parte do ensino fundamental da cidade, dividido em dois horários de funcionamento, matutino e vespertino e recebe alunos tanto da comunidade local, como também da zona rural do município. De acordo com a direção da escola, 135 alunos estão matriculados no ano letivo de 2023, com faixa etária entre 6 a 15 anos.

A estrutura do local está distribuída da seguinte forma: sete salas de aula, dois banheiros, direção, cozinha e um pequeno espaço de convivência ao centro do prédio.

A fim de compreender detalhadamente a problemática do local, as visitas foram realizadas sempre acompanhado dos responsáveis da escola para identificar melhor a situação do processo corrosivo, assim como também outras patologias presentes na localidade.

Segundo informações repassadas durante as visitas, foi informado por responsáveis da escola a atual situação do prédio ao departamento administrativo, a fim de que vistorias e medidas corretivas fossem providenciadas.

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1 ESTRUTURA FÍSICA DO OBJETO DE ESTUDO

Durante as visitas foi possível observar que, a estrutura escolar estava bastante deteriorada, uma vez que um dia já foi um local seguro e de aprendizado, agora apresenta um estado de deterioração preocupante, resultado de um processo corrosivo que se instalou ao longo do tempo, comprometendo sua estabilidade, segurança e estética.

A situação em que se encontra a escola é bastante preocupante, visto que esse deve ser um local de aprendizado e crescimento, pois as condições de ensino nessa fase é um aspecto de grande importância para um bom desenvolvimento dos estudantes, para que se desenvolvam em uma sociedade digna e próspera.

A Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira, instituição que um dia já foi um local seguro, aconchegante e de aprendizado para as crianças, agora apresenta um estado de deterioração preocupante, resultado de um processo corrosivo implacável que se instalou ao longo dos anos. O que antes era um edifício imponente e bem-cuidado, agora mostra claramente os sinais de sua luta contra os efeitos devastadores da corrosão.

Segundo informações repassadas durante as visitas, foi informado por responsáveis da escola a atual situação do prédio ao departamento administrativo, a fim de que vistorias e medidas corretivas fossem providenciadas.

É evidente que medidas urgentes de reparo e renovação são necessárias para trazer de volta a segurança dos usuários e a funcionalidade da mesma.

A fachada, que antes exibia uma cor vibrante, agora está desbotada, coberta de manchas e sem nenhuma identificação do local escolar. A tinta que um dia protegeu as paredes parece ter se rendido ao avanço implacável da deterioração por agentes químicos e físicos com o passar do tempo, deixando uma superfície irregular e desgastada, podendo se observar na figura 10.

Figura 10: Parte frontal da escola.



Fonte: Autor (2023)

5.2 CORROSÃO DO CONCRETO ARMADO NOS PILARES

Uma das grandes vantagens do concreto armado em relação a outros materiais de construção, é que ele pode, por natureza e desde que bem executado, proteger a armadura contra a corrosão. Essa proteção baseia-se no impedimento do progresso da corrosão através de uma barreira física e de uma proteção de natureza química, Helene (1993).

A corrosão nos pilares de concreto armado ocorre quando o material metálico introduzido como reforço no concreto começa a se corroer devido a exposição a agentes agressivos.

De acordo com Helene (1993), o mecanismo de corrosão do aço no concreto é eletroquímico com formação de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos de corrosão de cor variando de preto, verde escuro, marrom claro a marrom escuro. Que pode ser observado abaixo, na Figura 11.

Na Figura 11 (A), pode se observar claramente o estado de deterioração do pilar, pelo processo corrosivo de forma uniforme que se processou em toda a extensão nas armaduras e que também causou o deslocamento do concreto expondo as armaduras ao meio, já em estado

avanzado de corrosão. E a Figura 11 (B) evidencia a corrosão nas armaduras que saem do pilar dando suporte ao telhado da edificação.

Nos casos de corrosão das armaduras, evidenciada no local pela Figura 11, o concreto se desagrega quando ocorre um aumento de volume das barras de aço, ou ainda quando acontecem as reações expansivas, que resultam em processo de desagregação bastante acelerado, Souza e Ripper (1998).

Figura 11: Pilares em Corrosão.



(A)

(B)

Fonte: Autor (2023)

Essa situação (Figura 6), provavelmente iniciou-se por meio de fatores químicos, como a presença de sais, devido a interação com o meio ambiente quando este está carregado de sais de cloreto de sódio, na utilização de aditivos ou agregado contendo íons cloreto na fase de produção do concreto, que podem ter penetrado na estrutura de concreto através da porosidade do material. Uma vez dentro, esses sais podem ter causado a corrosão das armaduras metálicas presentes no concreto.

A corrosão das armaduras resulta em um aumento de volume, exercendo pressão sobre o concreto, o que pode levar à formação de fissuras e, eventualmente, à manipulação estrutural. Isso ocorre também através de uma série de reações químicas que envolvem a formação de células de corrosão. Pois de acordo com Nascimento et, al (2015, p.5),

Os metais possuem uma proteção (passivação) feita por uma fina camada protetora na superfície do mesmo devido a presença da base Ca(OH)_2 – de $\text{pH} = 13$. Se o pH da camada passivadora cair para abaixo de 11, há formação de compostos ferrosos expansivos, resultando em um aumento no volume do aço original, o que causa fissuração e lascamento no concreto, desencadeando o problema.

Incluindo os sais e as variações de temperatura que afetam o concreto armado, os mecanismos de segurança, os efeitos nas estruturas e as medidas de prevenção e reparo que devem ser impostas para mitigar esse problema. Visto que compreender esses desafios é essencial para a preservação da integridade das estruturas de concreto armado ao longo do tempo e a garantia de sua longevidade.

5.3 DESPLACAMENTO DO CONCRETO

O deslocamento ocorre quando o concreto se separa da armadura, causando perda de aderência e fragilidade na estrutura. O desgaste das superfícies dos elementos de concreto pode ocorrer, principalmente em pilares e vigas, devido ao atrito, à abrasão e à erosão, Souza e Murta (2012).

Alguns pilares da escola apresentam caso de deslocamento do concreto em estado avançado, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Desplacamento no Concreto.



(A)

(B)



(C)

(D)

Fonte: Autor (2023)

Esse deslocamento pode ter sido causado por uma variedade de fatores, dentre eles, físicos, mecânicos e químicos, incluindo a própria corrosão das armaduras, quando a mesma se manifesta nas barras de aço que reforçam o concreto pode resultar na expansão do metal, exercendo pressão nas camadas de concreto e causando rachaduras e deslocamento.

Também a presença de contaminantes na superfície das armaduras, excesso de água durante a concretagem, falta de aderência entre o concreto e o aço de reforço possivelmente

devido à má qualidade do concreto, ou má compactação durante a concretagem. Resultando em áreas com baixa aderência, tornando-as mais propensas ao deslocamento.

Um projeto estrutural inadequado, com dimensionamento insuficiente das armaduras, pode levar ao deslocamento, especialmente quando a estrutura é submetida a cargas elevadas. Assim, como também a aplicação de cargas que excedem a capacidade de suporte do elemento estrutural também pode contribuir para o deslocamento.

Esse ponto torna-se preocupante, pois com o tempo, pode enfraquecer significativamente a capacidade de carga desses pilares, aumentando o risco de colapso estrutural da escola.

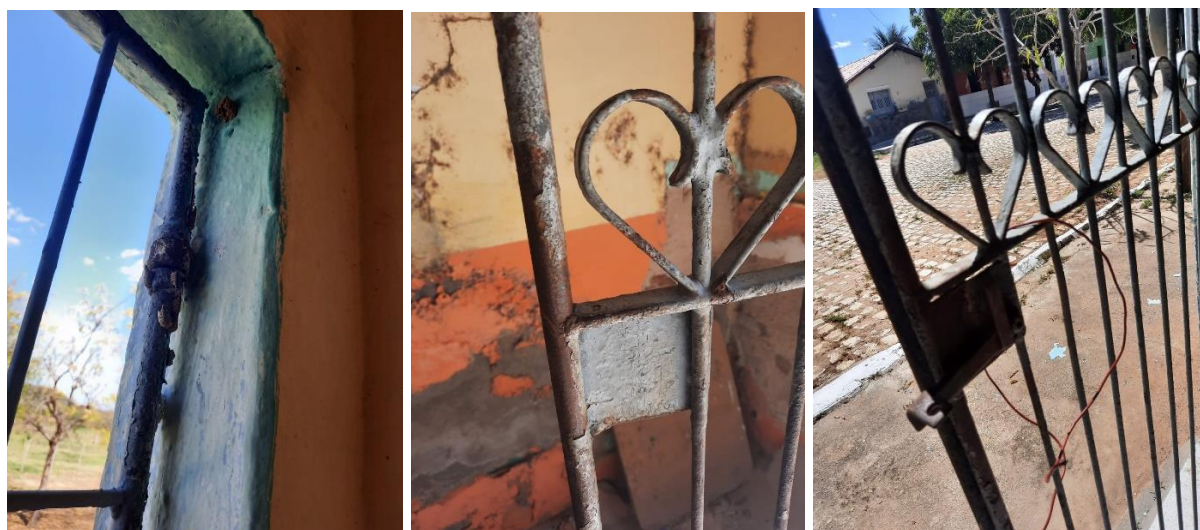
5.4 CORROSÃO NOS PORTÕES

O processo corrosivo também afetou os portões da escola. Os mesmos estão enferrujados e são visíveis na parte frontal do edifício, apresentando pintura desgastada pela ação corrosiva, representando um risco à segurança dos ocupantes, uma vez que esses portões são os meios que mantêm as crianças seguras de quaisquer ameaça fora de suas casas, além de barrar a entrada de pessoas não autorizadas na escola.

A corrosão em portões de aço é um processo natural que ocorre devido à interação do aço com o ambiente ao seu redor. Na Figura 13 evidencia-se esse processo nos dois portões da escola.

Evidenciado a forma de corrosão com base nas identificações de Gentil, (2011), essa forma se enquadra por pites, onde pequenas áreas da superfície dos portões sofrem corrosão intensa, enquanto o restante da superfície permanece relativamente intacto, levando à formação de pequenos buracos. Essa corrosão iniciou-se por meio de fatores físicos como sua exposição ao meio ambiente, a ação das intempéries, a variação de temperatura, chuva, incidência de raios solares.

Figura 13: Portões em Corrosão.



(A)

(B)

(C)

Fonte: Autor (2023)

A falta de manutenção regular, incluindo a reaplicação de protetores permitiu o avanço da corrosão, assim como também a qualidade do revestimento aplicado ao aço, pode ter sido for inadequado ou de baixa qualidade, visto que essas técnicas desempenha um papel crítico na prevenção da corrosão.

Esse caso poderia ser minimizado através da remoção do produto da corrosão, e a aplicação de um revestimento de tinta orgânica com ação inibidora ou material que contenha um metal mais reativo que o aço em sua composição, pois as tintas são revestimentos não metálicos de natureza orgânica, sendo um método convencional bastante utilizado no combate à corrosão pelo baixo custo e fácil aplicação, Oliveira (2012).

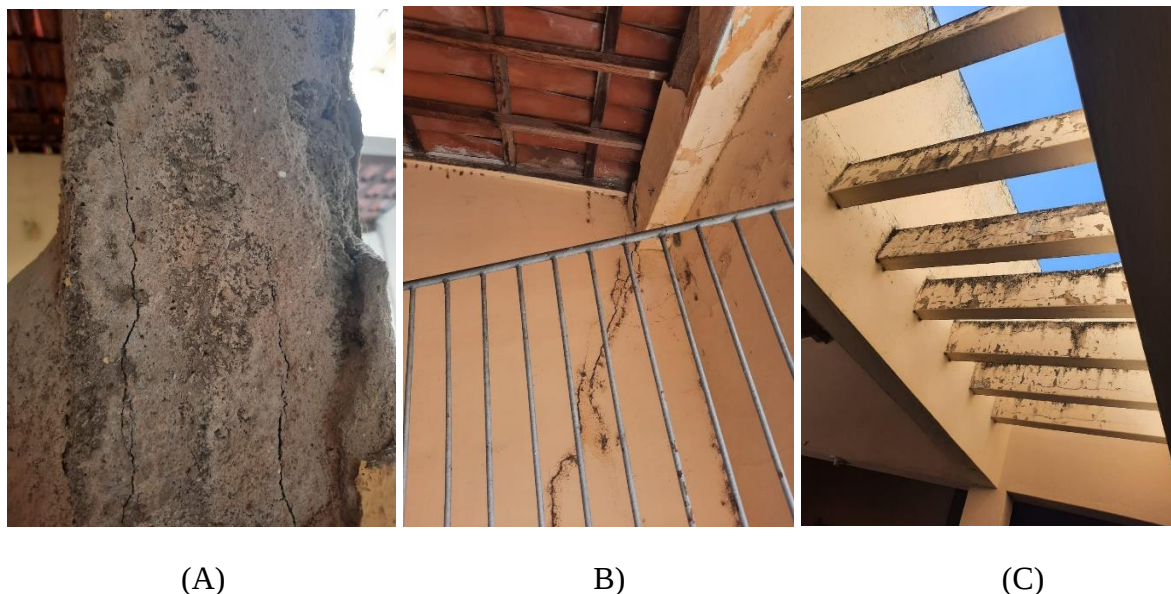
5.5 FISSURAS

Como afirmam Souza e Ripper (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

Alguns mecanismos de fissuração que exigem atenção são as mudanças de volume devidas a gradientes de temperatura e umidade, pressão de cristalização de sais nos poros, sobrecarga, impacto e carga cíclica, exposição a extremos de temperatura, reações químicas expansivas, corrosão das armaduras, concentração de esforços devida à falha de execução e recalques diferenciais, Carasek & Cascudo, (2013).

Conforme a Figura 14 a seguir, as fissuras afetaram os pilares, a parede, e as vigas na parte do teto.

Figura 14: Fissuras na Estrutura.



Fonte: Autor (2023)

Essas fissuras podem ter surgido por uma série de motivos, incluindo fatores físicos, como as variações de temperatura, fatores mecânicos como a movimentação do solo, carga excessiva, entre outros. O que levou a comprometer a estabilidade da estrutura, representando riscos para a segurança de todos que frequentam o esse ambiente escolar.

Por outro lado, as variações extremas de temperatura também representam uma ameaça para o concreto armado. Quando o concreto é submetido a mudanças bruscas de temperatura, ele tende a expandir e contrair, criando prejuízos internos. Esses danos podem causar fissuras, especialmente se o concreto não puder ser projetado ou projetado para acomodar essas mudanças.

Nesse caso, pode se observar fissuras verticais no pilar (A), provavelmente ocasionadas pela sobrecarga que os pilares recebem da estrutura. Na parede (B) possivelmente proveniente da carga excessiva da viga, decorrente da tensão no local a qual é maior que a sua capacidade de resistência. E nas vigas da parte superior (C), apresenta pequenas fissuras horizontais, que pode ter se progredido com a deterioração com o passar do tempo, uma vez que estão expostas as condições ambientais como sol, temperaturas elevadas e chuva.

5.6 TRIÂNGULO DA CORROSÃO NO AMBIENTE ESCOLAR

As variáveis no ambiente de corrosão, que incluem velocidade, temperatura e composição do fluido, podem ter uma influência decisiva sobre as propriedades de corrosão dos materiais que estão em contato com esse ambiente, sendo conveniente classificar a corrosão de acordo com a maneira como ela se manifesta, Callister (2020).

No processo de análise do triângulo da corrosão no local do estudo, classifica-se o meio como o meio atmosférico, pela elevada umidade apresentada. Em relação ao metal, observou-se que o aço foi utilizado como material tanto na estruturação do concreto, como também nos portões. As condições operacionais a que as peças são submetidas incluem fatores como: esforço mecânico, pH, temperatura, e falta de manutenção.

Nas visitas ao local, a situação mostrou-se bastante deteriorada, principalmente nos pilares, em que a corrosão está em estado bem avançado, já expondo as armaduras com o meio, assim como também o deslocamento do concreto nos pilares e paredes. Já os portões e fissuras indicaram menos estado de deterioração. Mas, ainda assim, a estrutura como um todo está contaminada pelo processo corrosivo. A Figura 15, mostra a representação do triângulo da corrosão identificados no local.

Figura 15: Triângulo da Corrosão no Ambiente.



Fonte: Autor (2023)

Para evitar a corrosão, é possível atuar em um ou mais dos elementos do triângulo. Isso pode ser feito através de revestimentos protetores, a escolha de materiais resistentes à corrosão, como também a aplicação de técnicas de proteção, entre outras medidas.

O triângulo da corrosão apresenta os elementos que atuam diretamente no processo corrosivo do ambiente, o conhecimento prévio à cerca desses elementos, facilita a identificação da corrosão e as necessidades exigidas, para a recuperação ou substituição das peças, encontrados em estado de deterioração, Queiroz (2018).

5.7 INTERDIÇÃO DO LOCAL

Fica evidente que medidas urgentes de reparo e renovação são necessárias para trazer de volta a segurança dos usuários e a funcionalidade da mesma.

Ao decorrer das visitas foi possível acompanhar a real situação de deterioração da escola pelo processo corrosivo, e outras patologias instaladas naquele ambiente. Pelo grau de gravidade do problema, no ano letivo de 2022 a gestão municipal resolveu interditar a escola, transferindo as aulas para outro prédio na mesma localidade, para que os estudantes não se prejudicassem com a suspensão da aulas e para que medidas cabíveis fossem tomadas para garantir a segurança das crianças e funcionários da escola.

Como resultado, chegou-se à conclusão de que o espaço físico não apresenta condições seguras nem mesmo após uma possível reforma, devido as patologias encontradas na edificação, sendo, a forma mais correta, a proposta de demolição do mesmo para a construção de um novo espaço escolar.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução desse estudo proporcionou um entendimento aprofundado sobre a corrosão manifestada na Escola Municipal Ariamiro Germano da Silveira, evidenciando a forma como ela se manifesta no ambiente cotidiano e em situações comuns. O presente trabalho teve como objetivo investigar a corrosão em concreto armado, na escola, problema que afeta significativamente a durabilidade e a integridade das suas repartições.

Durante esta pesquisa, foi explorado diversos aspectos relacionados à corrosão, como a mesma se manifesta, as causas, e seus efeitos devastadores em uma estrutura, assim como também efeitos negativos na sociedade, como pode ser constatado no estudo, impactando no aprendizado das crianças, por torna-se um local deteriorado e sem segurança.

A compreensão da corrosão é essencial para a preservação de infraestruturas, equipamentos e objetos metálicos. A educação sobre os processos de corrosão e as estratégias de prevenção desempenha um papel fundamental na mitigação dos efeitos adversos desse fenômeno comum, garantindo um ambiente mais seguro e sustentável para todos.

É extremamente importante se aprofundar no assunto abordado, pois os resultados obtidos no estudo, evidenciou a importância do trabalho em diagnosticar e a aplicar procedimentos preventivos pois, após análise prévia, foi constatado negligência no edifício escolar, seja durante a construção da mesma ou por falta de manutenção.

É considerável destacar que quando se trata de edificações públicas, como escolas, chama-se atenção a necessidade de manutenções por desgastes na estrutura das mesmas. Visto que a deterioração da escola causou um impacto social significativo que vai muito além das paredes da sala de aula. Afetando a qualidade da educação, a saúde e o bem-estar dos alunos, a comunidade local e a moral dos educadores. Portanto, investir na manutenção e renovação das escolas é essencial para promover uma sociedade mais saudável, igualitária e educada.

A escola desempenha um papel fundamental na vida dos alunos e na sociedade como um todo. A sua importância abrange alguns aspectos como o desenvolvimento dos alunos, crescimento pessoal, preparação para o futuro e participação na sociedade de forma íntegra. E para isso, à sempre a necessidade de manter não só uma educação qualidade, mas também uma estrutura e um ambiente seguro e confortável para seus usuários.

Dessa forma, como não se aplica nenhuma medida de solução, manutenção ou reparo na edificação, pois mediante a situação precária em que se encontra a instituição de ensino, optou-se por parte do órgão gestor a construção de uma nova escola para que os estudantes possam ter um ensino de qualidade e segurança nessa fase.

Uma das descobertas mais importantes deste estudo foi a compreensão de que a corrosão em concreto armado é um fenômeno complexo e multifacetado, influenciado por inúmeros fatores, como a qualidade do concreto, a cobertura de concreto, a presença de armaduras contaminadas, a exposição a ambientes agressivos e as condições de manutenção.

Destacando-se que os objetivos desse estudo foram atendidos por completo, que incluiu a verificação da situação do processo corrosivo na escola, a identificação do triângulo de corrosão, evidenciando o material, meio e condições. Propondo como solução do problema a demolição da escola para a construção de um novo espaço escolar.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode-se concluir a importância deste estudo para a construção social e cidadã, pois estas situações são evidentes todos os dias em diversos tipos de obras, majoritariamente de domínio público. Além disso, no que diz respeito às unidades de ensino, enfatiza ainda a necessidade de coletar informações suficientes para melhorar a qualidade do trabalho e estimular a conscientização dos gestores e responsáveis pela qualidade da educação.

Sugere-se trabalhos futuros para um estudo de corrosão em uma escola que envolva identificar áreas de pesquisa que possam contribuir para uma compreensão mais profunda dessas especificidades e seu impacto em diferentes contextos, seguindo algumas sugestões de trabalhos futuros relacionados à corrosão.

Estudo de Materiais e Revestimentos Anticorrosivos: Pesquisar e comparar diferentes materiais e revestimentos anticorrosivos para determinar quais são os mais eficazes em proteção de superfícies metálicas. Podendo incluir uma análise de custos, durabilidade e desempenho em diferentes ambientes. O que poderia ser aplicado na construção da escola, que foi proposto como solução desse estudo.

Corrosão e Sustentabilidade: Avaliar o impacto ambiental da corrosão e desenvolver estratégias sustentáveis para prevenção e reparo, como o uso de técnicas de reciclagem de metais.

Educação Pública sobre Corrosão: Desenvolver programas dentro da educação pública para aumentar a conscientização sobre os efeitos da corrosão e promover práticas de manutenção adequadas.

8. REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.931: **Execução de estruturas de concreto: procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003.

ADDIS, Bill. **Edificação ação - 3000 Anos de Projeto**. Cap. 1: Engenharia e Construção na Antiguidade. Disponível: <https://staticsshoptime.b2w.io/sherlock/books/firstChapter/6843657.pdf>. Acesso em Setembro de 2023. ANTONIAZZI, J. P. **Patologia da Construção: Abordagem e Diagnóstico**. Curso de Engenharia Civil, UFMS, Santa Maria/RS, 2009.

AGGELIS, DG et al. **Uso combinado de termografia e ultrassom para caracterização de fissuras subterrâneas em concreto**. Construção e Materiais de Construção, v. 24, n. 10, pág. 1888-1897, 2010.

ANDRADE, Bruno Souza Oliveira. **Concreto Armado: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas**. Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia, do Curso de Especialização em Construção Civil – UFMG – CCEC, Rio de Janeiro- RJ, 2016.

CALLISTER JR., William D. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução**. Grupo GEN, 2020. *E-book*. ISBN 9788521637325. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637325/>. Acesso em: 28 set. 2023.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. Pini, 1988.

CARASEK, H; CASCUDO, O. **Notas de aula da disciplina de patologia das construções para a turma de engenharia civil**. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2013.

FRAUCHES-SANTOS, Cristiane et al. **A corrosão e os agentes anticorrosivos**. Revista virtual de química, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.

FERREIRA, P. R. R.; MEIRA, G. R.; BARBOSA, D. C.; CARVALHO.; ANDRADE J.; **Influência do grau de corrosão das armaduras na eficiência do método de realcalinização para tratamento de estruturas de concreto carbonatadas**. Revista HOLOS, p.2, 2017.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. edição: 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese apresentada a Universidade de São Paulo – USP, São Paulo -SP, 1993.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020..**

MAPA DA OBRA. **4 sinais de problemas com o concreto. Votorantim Cimentos**. 2019. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/4-sinais-de-problemas-com-concreto/>. Acesso em: 01 Out. 2023.

MATILDES, Caio Messias. **CONCRETO ARMADO E SUAS PATOLOGIAS**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXXII, Nº. 000225, 06/09/2022. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/concreto-armado-e-suas-patologias>. Acessado em: 26/09/2023.

MENDES, Luiz Carlos; et al. **Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental**. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, 6., 2010, Córdoba.

MENDES, Luiz Carlos; et al. **Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental**. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, 6., 2010, Córdoba, p. 8.

MOREIRA, Renata Ferreira da Silva. **A corrosão e seus aspectos na engenharia civil**. Revista Obras Civis, v. 7, n. 1, p. 36-40, 2015.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante. **Corrosão em armaduras de concreto**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

OLIVEIRA, Antônio Roberto. **Corrosão e Tratamento de Superfície**, 2012. Disponível em: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/corr_trat_superf/161012_corr_trat_superf.pdf. Acesso em: 01 out. 2023

PANNONI, Fábio Domingos. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. Gerdau Açominas, 2004.

PINHEIRO, MUZARDO & SANTOS, **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios** – Monografia apresentada a USP – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos - USP – EESC, São Paulo - SP 2004.

QUEIROZ, Maria Gerlania de Oliveira. **Estudo e análise do processo corrosivo no açougue público da cidade de São Miguel/ RN**. Pau dos Ferros, 2018.

RIBEIRO, Daniel. **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto**: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788595152359. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152359/>. Acesso em: 27 set. 2023.

SANTOS, Roberto Eustaquio. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008.

SOUZA, Marilsa Inês; MURTA, Mirna Moreira. **Patologias, recuperação e reforço estrutural em concreto armado**. 2012.

SOUZA, Pamela Scari; SANTOS, Odair. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 24, n. 24, p. 1-11, maio 2021. ISSN 2595-6531. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/548>. Acesso em: 25 set. 2023.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

WEIMER, Bianca F.; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas**. Grupo A, 2018. *E-book*. ISBN 9788595023970. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023970/>. Acesso em: 26 set. 2023.

WIKIPÉDIA. Major Felipe. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Major_Felipe. Acesso em: 08 set de 2023.