CAPÍTULO 10 · Parte I · Deterioração e ensaios
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/r6mqvz41
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/de4kt871

DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO SUBTERRÂNEA EXPOSTA A FERTILIZANTES E AGROTÓXICOS: ESTUDO DE CASO EM TANGARÁ DA SERRA - MT

Renata Rossi Carvalho de Oliveira[1]*; Yasmin Jorge Rodrigues[2]; João Victor de Morais Pereira[3]; Aguida Gomes de Abreu[4] e Danielle Evangelista Vitalino Cardoso[5]
*Autor de contato: renata.rossi@unemat.br

[1, 2, 3] Acadêmicos, Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Tangará da Serra/MT, Brasil
[4,5] Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharias e da Saúde - FACABES, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Tangará da Serra/MT, Brasil

RESUMO

Este artigo analisa a degradação de uma estrutura subterrânea de concreto armado da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Tangará da Serra – MT, exposta a fertilizantes e agrotóxicos. O estudo foi realizado por meio de observações visuais, resultados de ensaios de potencial de corrosão, interpretados conforme a ASTM C876, e ensaios colorimétricos com fenolftaleína para verificar a carbonatação do concreto. Os resultados do ensaio eletroquímico indicaram valores médios de potencial de corrosão de -480 mV nas vigas e -532 mV nos pilares, caracterizando uma alta probabilidade de corrosão ativa das armaduras. O ensaio de carbonatação indicou a diminuição da alcalinidade do concreto, o que favoreceu a despassivação. Conclui-se que a umidade, associada à presença de agrotóxicos e/ou fertilizantes acelerou a degradação e reduziu a vida útil da estrutura, reforçando a necessidade da adoção de medidas preventivas quando da execução de estruturas de concreto em ambientes rurais.
Palavras-chave: agrotóxico; potencial de corrosão; edificação subterrânea, carbonatação.

ABSTRACT

This study analyzes the degradation of an underground reinforced concrete structure at the Universidade do Estado de Mato Grosso, in Tangará da Serra, MT, Brazil, exposed to fertilizers and pesticides. The investigation was conducted through visual inspections, corrosion potential measurements interpreted in accordance with ASTM C876, and colorimetric tests using phenolphthalein to assess concrete carbonation. The electrochemical test results indicated average corrosion potential values of −480 mV in the beams and −532 mV in the columns, characterizing a high probability of active reinforcement corrosion. The carbonation test revealed a reduction in the alkalinity of the concrete, promoting reinforcement depassivation. It was concluded that moisture, combined with the presence of pesticides and/or fertilizers, accelerated the degradation process and reduced the service life of the structure. The findings highlight the importance of adopting preventive measures during the construction of concrete structures in rural environments.
Keywords: pesticides; corrosion potential; underground structure; carbonation.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado baseia sua longevidade em um sistema de proteção dupla: a barreira física, composta pelo cobrimento, e a barreira química, originada pela alta alcalinidade da pasta de cimento hidratada. Segundo Farias e Silva (2018), essa alcalinidade promove a formação de uma camada passivadora de óxidos no aço, que o mantém imune à corrosão.

A durabilidade das estruturas de concreto armado tem sido um dos temas mais discutidos na engenharia civil contemporânea, uma vez que a vida útil de projeto (VUP) é frequentemente reduzida por manifestações patológicas precoces. No Brasil, a norma NBR 6118 (ABNT, 2023) estabelece requisitos quanto à classe do concreto, relação água cimento máxima, consumo mínimo de cimento e cobrimento mínimo da armadura, correlacionando-os à Classe de Agressividade Ambiental (CAA). A Secretaria de Assuntos Estratégicos do Brasil (2020) relatou que o país ocupa o quarto lugar no consumo mundial de fertilizantes (atrás dos Estados Unidos, Índia e China). Conforme Martins *et al.* (2025), estruturas situadas em ambientes rurais como os depósitos de fertilizantes e agrotóxicos são vulneráveis à ação destes agentes, estando expostos, segundo a norma, à classe de agressividade IV, muito forte, que corresponde a um elevado risco de deterioração da estrutura.

A estrutura objeto deste estudo de caso está inserida em um ambiente agrícola, e além de exposta aos agentes nocivos, encontra-se enterrada. Trata-se de um lisímetro de pesagem, equipamento no qual são desenvolvidas pesquisas com culturas em diferentes condições de exposição. Assim, além da presença de agentes nocivos, a existência de umidade constante no solo atua como um veículo facilitador para a entrada de agentes deletérios na estrutura, comprometendo a proteção natural proporcionada pelo concreto à armadura.

No contexto específico deste estudo de caso em Tangará da Serra - MT, a estrutura localizada no campo experimental do curso de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) é submetida a um cenário de agressividade severa devido à infiltração de defensivos agrícolas e fertilizantes químicos, associado à presença de umidade. Conforme destacado por Peres *et al*. (2021), as manifestações patológicas em estruturas raramente decorrem de uma causa única, sendo geralmente o resultado da combinação de falhas de execução, cobrimentos insuficientes e um ambiente de exposição mais severo do que o previsto inicialmente em fase de projeto.

Nesse sentido, o diagnóstico das manifestações em estruturas subterrâneas exige uma avaliação que vai além da inspeção visual. A interação entre a matriz cimentícia porosa e os compostos químicos do solo agrícola pode gerar reações de degradação da pasta e a consequente despassivação das armaduras. Logo, este trabalho tem como principal objetivo analisar como os agentes agressivos disponíveis no ambiente aceleram os processos eletroquímicos de corrosão em uma infraestrutura crítica de pesquisa universitária.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compreensão dos mecanismos de degradação do concreto armado exige o estudo aprofundado do fenômeno da corrosão, que é, essencialmente, um processo eletroquímico de oxirredução. Segundo Rodrigues *et al*. (2021), para que a corrosão se instale e se mantenha, é necessária a coexistência de um ânodo, um cátodo, um caminho elétrico (armadura) e um eletrólito (solução dos poros do concreto). Em estruturas subterrâneas, como é o caso do objeto de estudo, o solo saturado garante a presença constante de umidade, o que reduz a resistividade elétrica do concreto e facilita a formação de pilhas eletroquímicas.

Uma das principais causas para o início da corrosão é a carbonatação. Este processo ocorre quando o dióxido de carbono (CO_2) difunde-se pelos poros do concreto e reage com o hidróxido de cálcio, reduzindo o pH da pasta de valores próximos a 13 para cerca de 9. Rodrigues *et al*. (2021) ressalta que essa queda de alcalinidade destrói a camada passivadora do aço, dando início ao período de propagação da corrosão. Em áreas agrícolas, esse efeito pode ser agravado pela presença de ácidos orgânicos e compostos químicos que atacam os hidratos do cimento, aumentando a permeabilidade da matriz (Martins *et al.*, 2025; Maraveas, 2020).

A espessura e a qualidade do cobrimento são os fatores determinantes para retardar o avanço desses agentes. Conforme demonstrado por Rocha *et al.* (2014) e Medeiros *et al*. (2017), a relação entre o cobrimento real e a frente de agressão define a probabilidade de início da corrosão. Quando o cobrimento é falho ou poroso, o tempo de iniciação, que se refere à fase em que os agentes agressivos caminham em direção à armadura, é drasticamente reduzido, levando a estrutura prematuramente para a fase de propagação, onde ocorre a perda de seção do aço e o surgimento de fissuras.

Por fim, deve-se considerar que a corrosão em ambientes rurais é influenciada pela presença de íons que podem acelerar a cinética das reações anódicas. Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015) explicam que o meio ambiente atua como um catalisador se for rico em agentes que promovam a despassivação. No caso de estruturas em contato com defensivos agrícolas, a sinergia entre o ataque químico superficial e a carbonatação cria um cenário de degradação complexo, exigindo métodos de diagnóstico como o potencial de corrosão e a colorimetria por fenolftaleína para a correta avaliação do dano estrutural (Gobbi, 2021).

3. METODOLOGIA

A estratégia investigativa deste trabalho fundamentou-se na engenharia diagnóstica, combinando a pesquisa bibliográfica em normas técnicas (NBR 6118), literatura consolidada (Helene, 1993; Brito, 1997) e estudos recentes (Martins *et al.*, 2025; Maraveas, 2020), seguidos de uma inspeção visual efetuadas na edificação subterrânea e ensaios realizados *in loco*.

3.1 Caracterização da unidade experimental (lisímetro)

O objeto de estudo consiste em uma edificação subterrânea de caráter experimental, denominada lisímetro, concebida para abrigar sistemas de monitoramento da variação de umidade do solo. A estrutura possui um pé-direito de 2,0 m e uma área projetada de aproximadamente 25 m² (5,0 m x 5,0 m), situada no campus da UNEMAT em Tangará da Serra - MT. Sua execução e início de operação datam do período entre 2010 e 2014, o que permite avaliar o desempenho do material após cerca de uma década de exposição severa. As imagens da Figura 1 são registros fotográficos da edificação realizados durante seu período de construção:

Figura 1 – Lisímetro em fase de construção, vista do nível do terreno (a) e vista interna (b)



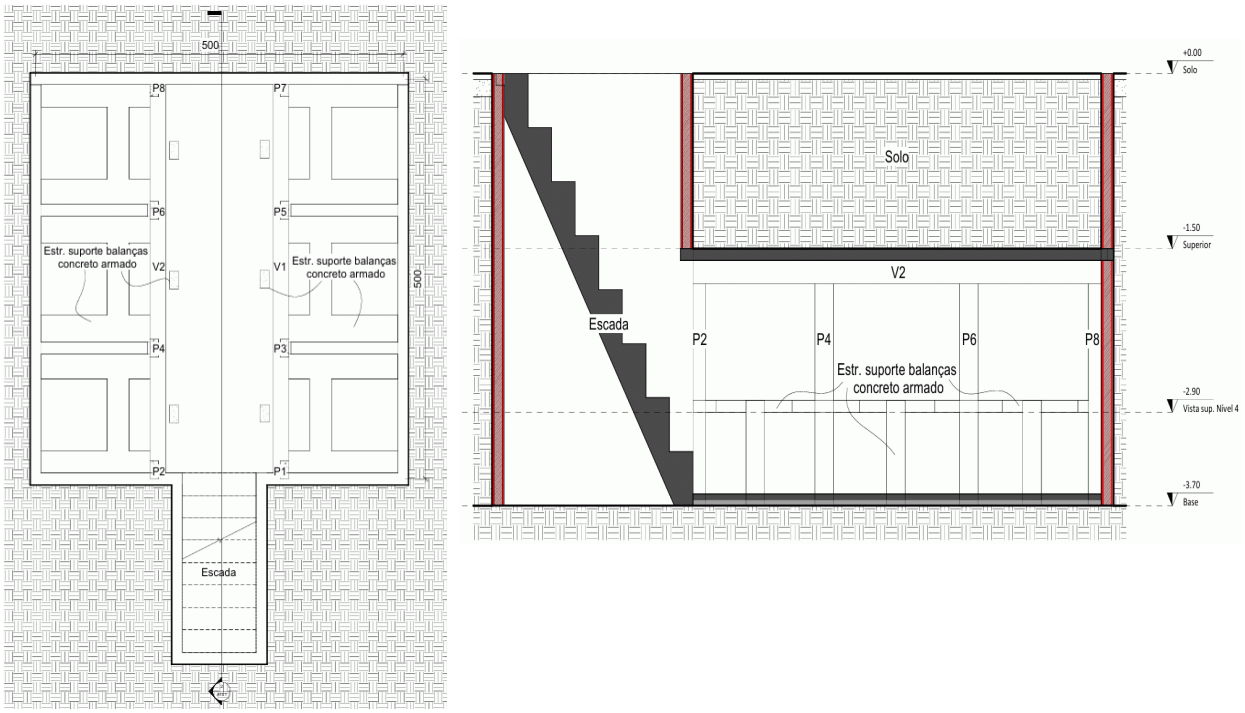
Fonte: os autores.

3.2 Ensaios realizados e coleta de dados

A coleta de dados foi estruturada em duas fases distintas, visando o levantamento da sintomatologia e a realização de ensaios para avaliação da estrutura. As inspeções iniciais ocorreram nos dias 14 e 22 de outubro de 2025, focando na anamnese da estrutura e na identificação de sinais evidentes de degradação, como manchas, fissuras e destacamento do concreto. Conforme Peres *et al*. (2021), o diagnóstico preciso depende dessa leitura preliminar das causas para evitar intervenções ineficazes. Assim, por meio dessas inspeções e registro de informações, foi possível reproduzir a planta e demarcar os elementos estruturais (pilares e vigas) que seriam analisados nesse espaço experimental. A disposição dos elementos estruturais é apresentada na Figura 2.

Em uma segunda fase, realizada em 25 de fevereiro de 2026, a investigação foi aprofundada com a execução do ensaio de potencial de corrosão. Este procedimento eletroquímico permite mapear a estrutura e determinar a probabilidade de corrosão ativa nas armaduras, mesmo em regiões sem desplacamento visível. A realização das leituras seguiu os preceitos de Helene (1993) e Rocha *et al.* (2014), e critérios estabelecidos na ASTM C 876, correlacionando os níveis de potencial medidos com a probabilidade de corrosão da armadura da estrutura.

Figura 2 – Planta da edificação subterrânea e corte, com vista das vigas, pilares e escada de acesso.



Fonte: os autores.

Nesta data, procedeu-se ao ensaio colorimétrico para determinar a espessura de concreto carbonatada. Este ensaio é fundamental para determinar se a reserva alcalina do concreto foi consumida pelo dióxido de carbono ou por ataques químicos externos, despassivando o aço. Segundo Brito (1997) e Couto (2017), a profundidade da frente carbonatada em relação ao cobrimento real é o indicador primário do estágio de vida útil em que a estrutura se encontra.

3.2.1 Ensaio de Potencial de Corrosão

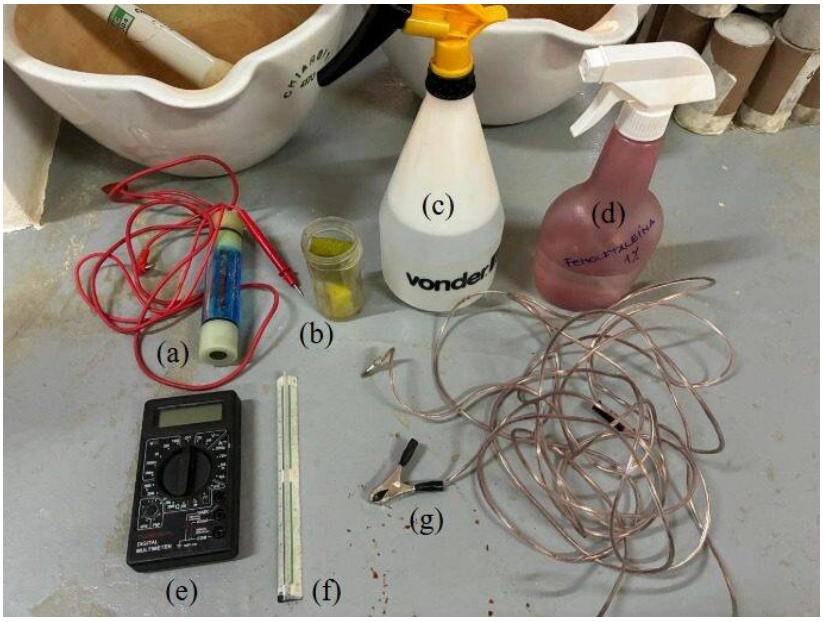
Para avaliar o estado eletroquímico das armaduras foi utilizada a técnica de Medição do Potencial de Corrosão, empregando-se um eletrodo de referência de Cobre/Sulfato de Cobre ($Cu/CuSO_4$). Esse ensaio é considerado um método não destrutivo e permite determinar a probabilidade de ocorrência de corrosão ativa na estrutura.

Neste trabalho, a interpretação dos resultados seguiu os critérios da norma ASTM C876, conforme discutido por Helene (1993) e Rocha *et al*. (2014). Foram considerados os seguintes critérios de análise:

- Potenciais superiores a -200 mV: indicam baixa probabilidade de corrosão (inferior a 10%);
- Potenciais entre -200 mV e -350 mV: zona de incerteza ou corrosão incipiente;
- Potenciais mais negativos que -350 mV: indicam alta probabilidade de corrosão ativa (superior a 90%).

Os itens utilizados no ensaio para a leitura dos potenciais de corrosão foram o multímetro, cabos e conexões, solução condutora com detergente líquido, esponja e eletrodo de $Cu/CuSO_4$. A Figura 3 mostra os equipamentos e materiais utilizados na realização dos experimentos.

Figura 3 – Materiais utilizados nos ensaios para determinação do potencial de corrosão e espessura da camada carbonata: (a) eletrodos de $Cu/CuSO_4$; (b) esponja; (c) solução de água e detergente; (d) solução alcoólica de fenolftaleína a 1%; (e) multímetro; (f) escalímetro; (g) cabo com conectores com 5 metros de extensão



Fonte: os autores.

Um esquema de montagem do ensaio para leitura do potencial é ilustrado na Figura 4 (a), e na Figura 4 (b) a execução do ensaio na viga 1.

Figura 4 – Execução do ensaio de potencial de corrosão: (a) Esquema de montagem do ensaio para leitura do potencial de corrosão; (b) Leitura do potencial de corrosão na viga 1



Fonte: os autores.

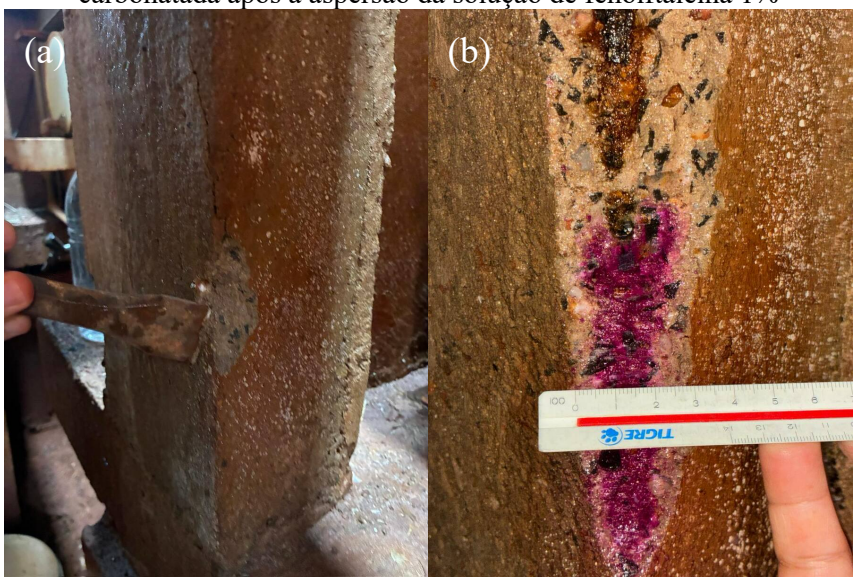
Considerando a localização subterrânea do lisímetro, a interpretação técnica foi criteriosa, pois o elevado teor de umidade e a presença de íons provenientes de defensivos agrícolas podem reduzir a resistividade elétrica do concreto, facilitando o fluxo de correntes de corrosão. Conforme destaca a literatura especializada, "a presença de umidade e oxigênio é fundamental para a manutenção das

reações anódicas e catódicas" (Soares; Vasconcelos; Nascimento, 2015, p. 5), sendo este um fator crítico em estruturas em contato direto com o solo saturado.

3.2.2 Ensaio de carbonatação

A determinação da profundidade de carbonatação foi realizada por meio do método colorimétrico, utilizando a aspersão de uma solução de fenolftaleína (1% em álcool etílico) sobre o corpo de prova recém-fraturado, conforme o método CPC18 da RILEM, registrado na Figura 5:

Figura 5 – Execução do ensaio de carbonatação: (a) Apicoamento do pilar 3; (b) leitura de profundidade carbonatada após a aspersão da solução de fenolftaleína 1%



Fonte: os autores.

Este ensaio visa identificar a perda de alcalinidade do concreto, fator preponderante para a despassivação do aço. A fenolftaleína é um indicador de pH que altera sua coloração conforme o meio em que se encontra, torna-se carmim (rosa-fúcsia) em regiões com pH superior a 9,5, e permanece incolor em pH menor que 8,3 (região carbonatada), considerando-se que o pH do concreto normalmente varia entre 12,5 e 14 (DIN EN 14630, 2007; Brito, 1997; Cadore, Viecili, Arndt, 2025).

4. RESULTADOS E ANÁLISE

A localização da estrutura em área rural impõe uma condição de exposição crítica. Como destacam Maraveas (2020) e Gobbi (2021), o meio ambiente exerce influência direta na cinética corrosiva, sendo que a presença constante de culturas agrícolas sobre a laje e em seu entorno imediato submete o concreto ao contato com fertilizantes e defensivos químicos. Estes agentes, aliados à umidade intrínseca do solo, configuram uma Classe de Agressividade Ambiental (CAA) elevada, exigindo do concreto uma impermeabilidade que a estrutura atual parece não sustentar, o que acaba sendo evidenciado nas análises visuais feitas na estrutura. Com isso, é possível verificar o grau de degradação da estrutura por meio dos registros fotográficos mais recentes dela, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Edificação subterrânea experimental atualmente, com manifestações na viga 1 e pilar P5 (registros feitos entre os anos de 2025 e 2026)



Fonte: os autores.

Nas inspeções visuais foram constatadas a ocorrência de manchas e desplacamentos que, segundo Souza *et al*. (2020), indicam que o volume dos produtos de corrosão já superou a resistência à tração do cobrimento de concreto. A falha no cobrimento real, muitas vezes inferior ao especificado em projeto, permitiu o avanço acelerado da frente de carbonatação (Rocha *et al*., 2014) e o acesso dos demais agentes agressivos.

Para além disso, após a realização do ensaio de potencial de corrosão, observou-se que os valores dos potenciais variaram entre - 240 mV e - 660 mV, constando uma média aritmética -479,76 mV nas vigas e entre -350 mV e -640 mV, e média aritmética de -531,53 mV nos pilares. Na Tabela 1 são apresentados a amplitude dos valores de potencial lidos e a conclusão feita a partir das médias obtidas, conforme critérios da estabelecidos na ASTM C 876.

Tabela 1 – Resultados mínimos e máximos do ensaio de potencial de corrosão e análise final dos valores numéricos médios para vigas e pilares

Resultados dos Potencial de corrosão (mín. e máx.)	Média aritmética do potencial de corrosão	Análise dos resultados
Vigas		
-240mV -660mV	- 479,76 mV	Mais negativos que -350 mV, indicam uma alta probabilidade de corrosão ativa superior a 90%, segundo os critérios da ASTM C 876
Pilares		
-350mV -640mV	-531,53 mV	

Fonte: os autores.

Por conta da alta probabilidade de corrosão, obtida após o ensaio (Tabela 1) e constatado visualmente (Figura 6), infere-se que a estrutura está degradada em demasia devido à ação agressiva do meio, posto que a sinergia entre a acidez proveniente de defensivos agrícolas e a

umidade do solo pode ter levado a uma redução da resistividade elétrica do concreto, catalisando as reações de oxirredução nas barras de aço (Soares; Vasconcelos; Nascimento, 2015).

Do mesmo modo, conforme a ABNT NBR 6118:2023, a estrutura em questão se enquadra na zona de classe de agressividade IV, representada pelo ramo industrial, se encaixando no quesito de elementos em contato com solo contaminado, apresentando agressividade “muito forte” e risco de deterioração da estrutura “elevado”. Segundo Couto (2017), a carbonatação ocorre devido ao processo de difusão do CO_2, e, esse processo, é muito lento e diretamente relacionado com as condições ambientais.

A profundidade da frente de carbonatação observada é baixa para a região avaliada, aproximadamente, 1 cm. No entanto, se considerar o cobrimento insuficiente em relação a classe de agressividade ambiental, que requer cobrimento mínimo de 5 cm, verifica-se que as armaduras estão mais suscetíveis ao avanço da carbonatação.

Dessa forma, averigua-se que a estrutura apresenta um comprometimento significativo, tendo em vista o nível de deterioração observado tanto no concreto quanto nas barras. Cruzando-se estes dados, conclui-se que o processo corrosivo também pode ter sido desencadeado pela perda da reserva alcalina do concreto. A Figura 5 ilustra a resposta cromática do concreto fraturado após a aspersão do indicador de fenolftaleína, evidenciando a ausência de coloração carmim na camada de cobrimento.

Embora a estrutura não tenha sido exposta às condições consideradas ideais para a carbonatação, a profundidade de neutralização observada é passível de atenção redobrada. Fica evidente que, a ação combinada entre a porosidade da matriz e a agressividade do ambiente subterrâneo permitiu que a frente de carbonatação ultrapassasse a barreira física do cobrimento, comprometendo a proteção química do aço e expondo a armadura à oxidação.

No caso específico da estrutura subterrânea em estudo, tem-se em conta que a umidade constante do solo e a presença de efluentes com agentes químicos agrícolas podem mascarar e/ou atenuar a difusão gasosa. Ainda, conforme Maraveas (2020), em ambientes agrícolas o ataque por ácidos orgânicos e nitratos pode "mimetizar" o efeito da carbonatação, reduzindo drasticamente o pH da pasta de cimento e expondo as armaduras a um meio eletroliticamente ativo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso realizado na unidade experimental na UNEMAT de Tangará da Serra – MT permite concluir que a interação entre agentes químicos de origem agrícola (defensivos e fertilizantes) e estruturas subterrâneas de concreto armado configura um cenário patológico de elevada complexidade eletroquímica. A agressividade do meio, potencializada pelo manejo agrícola intensivo, desencadeou reações deletérias que comprometeram a segurança estrutural e a vida útil de serviço em um período inferior a 15 anos, evidenciando uma obsolescência precoce frente às previsões da NBR 6118 (ABNT, 2023).

O diagnóstico revelou que o mecanismo de degradação é de natureza multifatorial. A sinergia entre o pH naturalmente ácido do solo latossólico regional e a lixiviação de sais provenientes de fertilizantes, acelerou drasticamente a cinética de despassivação das armaduras e consequente corrosão.

Entende-se que a permeabilidade da matriz cimentícia, agravada pela ausência de ventilação sistêmica e por falhas críticas na estanqueidade (impermeabilização), atuou como o vetor facilitador para o transporte de íons agressivos até o interior do concreto. Conforme preconiza Helene (1993), a falha na barreira física do cobrimento expõe a vulnerabilidade da proteção química, resultando na desintegração progressiva da pasta de cimento.

A aplicação de métodos de diagnóstico físico-químico e eletroquímico revelou-se indispensável para a caracterização do dano. O mapeamento do potencial de corrosão, utilizando eletrodo de referência de $Cu/CuSO_4$, permitiu delimitar as zonas de corrosão ativa. Complementarmente, o ensaio de aspersão de fenolftaleína confirmou a exaustão da reserva alcalina em profundidades superiores ao cobrimento real, validando a hipótese de neutralização da pasta por agentes externos (BRITO, 1997).

Também, este trabalho evidencia a necessidade urgente de ampliar o conhecimento sobre a durabilidade de estruturas em ambientes rurais, visto que a escassez de literatura específica sobre o impacto de agroquímicos na matriz do concreto dificulta a prescrição de medidas preventivas eficazes. Portanto, sugere-se a intensificação de pesquisas experimentais e a difusão científica sobre o tema, visando o desenvolvimento de concretos de alto desempenho e sistemas de proteção superficial resilientes às severas solicitações químicas do ecossistema agrícola.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Tangará da Serra, pelo suporte acadêmico e estrutural, bem como a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C-876- Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.** ASTM-C-876-91 (R99).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BRITO, Nelson Emilio Díaz. **Avaliação do grau de corrosão das armaduras em estruturas com concreto carbonatado.** 1997. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1997.

CADORE, Bianca Carlin; VIECILI, Maycon Jonas Consalter; ARNDT, Josué Augusto. Avaliação e diagnóstico de estrutura de concreto armado exposta a ambiente de alta agressividade: estudo de caso de um reator de uma indústria alimentícia. **Congresso Brasileiro de Patologia das Construções (CBPAT)**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1–13, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.12773096. Disponível em: https://anais.cbpat.org.br/cbpat/article/view/33. Acesso em: 15 abr. 2026.

CASSAVARA, Fernanda Torres Gonçalves *et al.* **Carbonatação em estruturas de concreto armado.** In: 2º Congresso Tudo é Ciência, UniFOA, Volta Redonda, 2023.

COUTO, Rafael Aredes. **Avaliação probabilística da vida útil de estruturas de concreto armado sujeitas à carbonatação**. 2017.

FARIAS, Gabriela Cipriano de; SILVA, Daiane dos Santos da. Análise da evolução da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto ao longo do tempo. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil UNESC,** Criciúma, 2018.

GOBBI, Andressa *et al*. Estudo Comparativo Das Manifestações Patológicas No Concreto Armado Em Ambientes De Alta Agressividade. **Novas Dinâmicas Das Engenharias: Atualidades e Perspectivas: Volume 1**, 2021.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** 1993. 231 f. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

MARAVEAS, Chrysanthos. Durability issues and corrosion of structural materials and systems in farm environment. **Applied Sciences**, v. 10, n. 3, p. 990, 2020.

MARTINS, Monalisa Coelho et al. Reinforced concrete exposed to external ammonium sulfate attack in fertilizer factories: test method focused on reinforcement corrosion, migration coefficient, and microstructural changes. **Journal of Building Engineering**, v. 104, p. 112112, 2025.

MEDEIROS, Marcelo HF *et al.* Potencial de corrosão: influência da umidade, relação água/cimento, teor de cloretos e cobrimento. **Revista IBRACON**, v. 10, p. 864-885, 2017.

PERES, Rebeca Valim *et al*. Patologia em concreto armado: avaliação de corrosão, fissuras e manchas. **RECIEC - Revista Científica de Engenharia Civil UniEVANGÉLICA,** Anápolis, v. 4, n. 2, 2021.

ROCHA, Francielle C. *et al*. Influência da espessura de cobrimento e da contaminação por cloretos nas leituras de potencial de corrosão de armaduras. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil,** Goiânia, v. 8, n. 2, p. 43-53, 2014.

RODRIGUES, Romain *et al*. Reinforced concrete structures: A review of corrosion mechanisms and advances in electrical methods for corrosion monitoring. **Construction and Building Materials**, v. 269, p. 121240, 2021.

Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Estrutura organizacional**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/acesso-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas-pr/2021/secretaria-especial-de-assuntos-estrategicos-relatorio-de-gestao/secretaria-especial-de-assuntos-estrategicos-estrutura-organizacional. Acesso em: 10 abr. 2026.

SOARES, Arthur Pimentel Falcão; VASCONCELOS, Lívia Tenório; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. **Corrosão em armaduras de concreto.** Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Alagoas, v. 3, n. 1, p. 177-189, 2015.

SOUZA, Gabriel M. de *et al*. **Corrosão de armaduras em uma edificação em concreto armado no município de Pouso Alegre.** TCC (Graduação em Engenharia Civil), Pouso Alegre, 2020.