

Corrosão & Proteção

Revista da Associação Brasileira de Corrosão • ISSN 0100-1485 • Ciência e Tecnologia em Corrosão

Ano 22 | nº 83, abril 2026



Norma ABNT NBR 17277

Proteção Catódica de Armaduras de Aço
Carbono em Estruturas de Concreto:
uma importante conquista para a
engenharia brasileira

A **Revista Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968.

ISSN 0100-1485

DIRETORIA EXECUTIVA ABRACO
Biênio 2025/2027

Presidente

Luiz Paulo Gomes

Vice-presidente

Carlos Alexandre Martins da Silva

Diretores

Carlos Roberto Patrício

Danilo Natalio Sanches

Emílio Duarte Lana Júnior

Juliane Carera Marin

Luiz Guilherme Araújo Prata

Conselho Editorial

Caroline Sousa – ABRACO

Laerce de Paula Nunes – IEC

REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

Revisão Técnica

Célia Aparecida Lino dos Santos

Neusvaldo Lira de Almeida

Zehbour Panossian

Jornalista Responsável

Luis Monteiro (Mtb 17055/RJ)

Redação e Publicidade

ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão

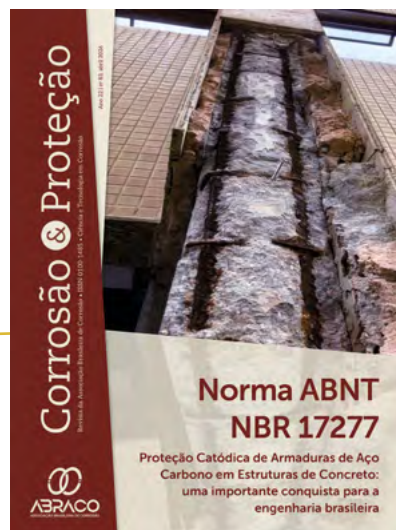
Fotografias

Arquivo ABRACO, arquivos pessoais, Can Stock Photo, Depositphotos, Dollar Photo, Fotos Públicas, Pexels, Shutterstock e Stock Unlimited.

A **Revista Corrosão & Proteção** é um veículo eletrônico concebido, desenvolvido e editado pela ABRACO. O periódico é publicado trimestralmente no site da Associação (www.abraco.org.br/revistas). A ABRACO não se responsabiliza, nem de forma individual, nem de forma solidária, pelas opiniões, ideias e conceitos emitidos nos textos, por serem de inteira responsabilidade de seus autores.

Nesta edição

- 03** Editorial
- 05** ARTIGO CIENTÍFICO
Passivação e corrosão de armaduras de aço carbono em matriz de cimento belítico-sulfoaluminoso contendo cloretos
Guilherme Y. Koga, Blandine Albert, Virginie Roche, Ricardo P. Nogueira
- 11** ARTIGO CIENTÍFICO
Distintas formas de corrosão das armaduras de estruturas em concreto armado: uma revisão
Tatiana Conceição Machado Barretto, Igor Machado da Silva Parente
- 18** ARTIGO TÉCNICO
Novo marco na detecção e monitoramento da biocorrosão
Marcia Lutterbach
- 22** INFORME DE MERCADO:
Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação - Pesquisa no Recife aposta em biotecnologia para enfrentar prejuízo trilionário causado pela corrosão
- 26** Notícias ABRACO
- 28** ESPAÇO DO INSPETOR:
Gilson de Campos Souza e Franciscando Braz Gomes
- 32** Empresas associadas



Proteção Catódica de Armaduras em Estruturas de Concreto: um novo marco normativo para a engenharia brasileira

É com grande satisfação que compartilhamos uma importante conquista para a engenharia brasileira: a publicação da ABNT NBR 17277 - Proteção Catódica de Armaduras de Aço Carbono em Estruturas de Concreto - Requisitos, resultado do trabalho desenvolvido no âmbito da normalização técnica brasileira.

A nova norma é resultado do trabalho conduzido no âmbito do Comitê Brasileiro de Corrosão da ABNT, por meio da Comissão de Estudos de Proteção Catódica, reunindo especialistas, pesquisadores e profissionais do setor que contribuíram para a construção de um referencial técnico sólido e alinhado às melhores práticas internacionais.

A corrosão das armaduras é um dos principais fatores de deterioração de estruturas de concreto, afetando pontes, viadutos, obras portuárias, plataformas e diversas infraestruturas essenciais para o desenvolvimento do país. Nesse cenário, a proteção catódica se destaca como uma das soluções mais eficazes para o controle da corrosão e para o aumento da durabilidade dessas estruturas.

A publicação da ABNT NBR 17277 representa, portanto, um avanço significativo para a engenharia nacional. Ao estabelecer requisitos técnicos para o projeto, implantação e avaliação de sistemas de proteção catódica em armaduras de aço carbono em estruturas de concreto, a norma contribui para ampliar a confiabilidade das soluções aplicadas, fortalecer a cultura de manutenção preventiva e promover maior segurança e vida útil às obras de infraestrutura.

Esse importante resultado evidencia também a relevância da normalização técnica como instrumento de desenvolvimento do setor. O trabalho colaborativo entre especialistas, instituições e entidades técnicas demonstra que o conhecimento compartilhado é fundamental para a evolução da engenharia e para o enfrentamento dos desafios associados à corrosão.

A Associação Brasileira de Corrosão tem orgulho de acompanhar e apoiar iniciativas que fortalecem a base técnica do país e contribuem para a disseminação das melhores práticas de prevenção e controle da corrosão.

Nesta edição da revista, destacamos esse avanço normativo e convidamos nossos leitores a refletirem sobre o papel da proteção catódica no aumento da durabilidade das estruturas e na preservação dos ativos de infraestrutura que sustentam o desenvolvimento do Brasil.

Boa leitura a todos.

Luiz Paulo Gomes

Presidente da ABRACO



Anuncie na Revista Corrosão & Proteção

Um veículo que leva
seu anúncio ao alcance
de quem realmente tem
interesse na área.

INFORMAÇÕES:

marketing@abraco.org.br



PASSIVAÇÃO E CORROSÃO DE ARMADURAS DE AÇO CARBONO EM MATRIZ DE CIMENTO BELÍTICO-SULFOALUMINOSO CONTENDO CLORETOS

Guilherme Y. Koga^a, Blandine Albert^a, Virginie Roche^b, Ricardo P. Nogueira^c

^aPesquisador - LafargeHolcim R&D, França

^bProfessora - Université de Grenoble Alpes, França

^cProfessor - Khalifa University of Science and Technology, Emirados Árabes Unidos

Introdução

O cimento tradicional, chamado Portland, é utilizado principalmente para produzir o concreto. Aços baixo carbono são inseridos aos concretos a fim de melhorar suas propriedades, principalmente sob tração. Isto somente é possível pelo fato dos aços de baixo custo serem naturalmente passivados graças à solução intersticial básica dos concretos Portland.

Entretanto, a manufatura de cimentos Portland é responsável pela emissão de 5 - 7% de todo gás carbônico [1]. Assim, as empresas estão à procura de cimentos menos poluentes [2,3]. Dentre eles, destaca-se o

cimento sulfoaluminoso [4] cuja emissão de CO₂ é 30% inferior em relação ao cimento Portland graças à:

- Menor teor de calcário no cru;
- Menor temperatura de clínquerização (~1250°C em vez de 1450 °C);
- Clínquer mais fácil de ser moído, consumindo menor energia.

Os cimentos sulfoaluminosos ainda estão em estágio de desenvolvimento. Para aplicações que exigem concreto armado de baixo custo, estudos sobre corrosão são necessários, especialmente referente à corrosão induzida por cloretos.

O cimento Portland é utilizado principalmente para produzir o concreto, o qual é comumente reforçado por armaduras de aço de baixo custo. Entretanto, a manufatura deste cimento é responsável pela emissão de 5 - 7% de todo CO₂ antropogênico. Dentre os cimentos menos poluentes, destaca-se o cimento belítico-sulfoaluminoso (chamados de BYF) cuja emissão de CO₂ é 30% inferior em relação ao cimento Portland. Os cimentos BYF ainda estão em estágio de desenvolvimento e estudos sobre passivação em matrizes contendo cloretos são inexistentes. Considerando-se concretos à base de cimento Portland, a norma francesa *NF EN 206* limita o teor de cloretos à 0.4% em relação à massa de cimento. Se tal limite é respeitado, o reforço em aço se passiva independentemente da presença inicial de íons cloretos. No presente trabalho, investigou-se se tal limite permite a passivação de aços embebidos em matrizes BYF. Diferentes técnicas foram aplicadas durante 365 dias de teste tais como monitoramento do potencial, medidas de resistência à polarização, polarização anódica potenciodinâmica e espectroscópica de impedância eletroquímica. Em suma, pôde-se verificar que a adição de 0.4% de Cl em relação à massa de cimento não impede a passivação do aço embebido em argamassa Portland e BYF. O nível de proteção é tão satisfatório quanto o observado em amostras não contaminadas.

Palavras-chave: Cloretos, Cimento belítico-sulfoaluminoso, Durabilidade de concreto armado, Passivação.

Metodologia

O intuito foi o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação discriminante e reprodutível. Foi decidido de se trabalhar majoritariamente com amostras de argamassa reforçada com aços baixo carbono. Após a fabricação das amostras, estas foram monitoradas em condições controladas em laboratório. Tal escolha proporciona equilíbrio entre condições que asseguram hidratação da matriz cimentícia e corrosão dos reforços em aço.

Os materiais foram escolhidos com o intuito de serem representativos do que se encontra na prática. Considerou-se reforço em aço baixo carbono (0.2 % peso). O cimento sulfoaluminoso estudado é oriundo de um teste industrial e o cimento de referência um cimento Portland comercial da LafargeHolcim França. Deste ponto em diante, os cimentos sulfoaluminosos estudados serão abreviados por BYF, pois as principais fases que o constituem são a Belita, a Ye'elemita e a Ferrita. O cimento Portland usado como referência, por sua vez, será abreviado por OPC do inglês *Ordinary Portland Cement*.

O estudo de corrosão foi conduzido majoritariamente em argamassa contaminada com cloretos ao invés de concreto, pois as dimensões

das amostras são mais apropriadas para análises em laboratório.

Tratando-se de um fenômeno eletroquímico, o risco e a cinética de corrosão dos reforços em aço foram avaliados essencialmente empregando-se técnicas eletroquímicas. Métodos clássicos tais como medidas de potencial e de resistência à polarização linear foram aplicados. Adicionalmente, foi empregado a espectroscopia de impedância electroquímica (EIS, de sua sigla em inglês) a fim de se distinguir finamente as contribuições eletroquímicas oriundas da argamassa e do reforço em aço. Inspeções visuais foram igualmente utilizadas na confirmação, ou não, das indicações eletroquímicas.

Resultados e discussão

As matérias-primas tais como o cimento, água, areia ou mesmo alguns aditivos são susceptíveis de conter íons cloretos durante a fabricação de concretos. Neste caso, o filme passivo não tem tempo de se formar antes da exposição aos íons cloretos. Assim, uma competição entre passivação e corrosão induzida por cloretos se estabelece.

Considerando-se concretos à base de cimento Portland, a norma *NF EN 206* limita o teor

de cloretos à 0.4% em relação à massa de cimento. Se tal limite é respeitado, o reforço em aço se passiva independentemente da presença inicial de íons cloretos. Experimentos foram realizados com o intuito de verificar se tal limite permite a passivação de aços embebidos em matrizes BYF. Nós nos interessamos, igualmente, no impacto de íons cloretos na hidratação de cimentos BYF. As evoluções de potencial, $E_{\text{half-cell}}$, e de densidade de corrente de corrosão, i_{corr} , para todas as amostras são mostradas na Figura 1.

Síntese da interpretação a partir da Figura 1:

OPC (W/C = 0.50), Figura 1a e b:

- Adição de até 0.4% de Cl: Pouca influência sobre a passivação. As amostras apresentam potenciais ligeiramente inferiores em relação às amostras não contaminadas. Adicionalmente, as evoluções da densidade de corrente de corrosão são semelhantes, sendo o tempo de passivação similares independentemente do teor de íons cloretos adicionados.
- Adição de 1.0% de Cl: Deterioração notável de $E_{\text{half-cell}}$ e i_{corr} , resultando em corrosão mais severa em relação às amostras não contaminadas.

BYF (W/C = 0.50), Figura 1c e d:

Adição de até 0.4% de Cl: A cinética de passivação é diminuída em presença de íons cloretos. Após 60 dias de monitoramento, o $E_{\text{half-cell}}$ aumenta e a i_{corr} diminui suficientemente para atingir a região de transição ativa-passiva. Finalmente, a partir de 180 dias de hidratação, os valores de i_{corr} são suficientemente baixos para indicar passivação efetiva.

Adição de 1.0% de Cl: Assim que para as amostras OPC, a adição de 1.0% de Cl provoca corrosão pronunciada e impede a passivação.

BYF (W/C = 0.67), Figura 1e e f:

Adição de até 0.2% de Cl: Inicialmente, induz corrosão pronunciada. Entretanto, após

60 dias, a i_{corr} diminui em direção a valores inferiores a $0.1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. O $E_{\text{half-cell}}$ aumenta e atinge valores correspondentes a baixa probabilidade de corrosão após 180 dias.

Adição de 1.0% Cl: Induz corrosão severa, provocando fissuração das amostras em menos de um ano.

Em suma, pôde-se verificar que a adição de 0.4% de Cl em relação à massa de cimento não impede a passivação do aço embebido em argamassa OPC (W/C = 0.50) e BYF (W/C = 0.50). O nível de proteção é tão satisfatório quanto o observado em amostras não contaminadas. A única diferença constatada é o tempo necessário para a passivação efetiva o qual é superior para amostras produzidas usando-se o cimento BYF. Para as amostras de argamassa reforçada BYF (W/C = 0.67), o teor admissível é de 0.2%. Independentemente da formulação, adições de 1.0% são proibidas por provocarem corrosão não desprezíveis.

As adições de NaCl também impactaram o desenvolvimento da microestrutura da argamassa. Parece que estas adições possuem efeito de acelerador de hidratação para amostras OPC, Figura 2a, e de retardante para amostras BYF, Figura 2b.

Os resultados das análises de água ligada e de resistência à compressão, Figura 3, corroboram as indicações provenientes das análises de impedância, Figura 2.

Para o cimento OPC, a adição de NaCl acelera a hidratação nos primeiros 14 dias o que se traduz em resistências à compressão superiores em relação às amostras sem NaCl. Entretanto, a adição de NaCl diminui a hidratação do cimento BYF. Conseqüentemente, os valores de resistência à compressão são inferiores.

Conclusões

- Teores de cloretos de até 0.4% em relação ao cimento são admissíveis tanto para argamassas reforçadas OPC quanto para BYF com razão água/cimento de 0.5. Neste caso, o reforço em aço baixo carbono se passiva de modo eficaz.

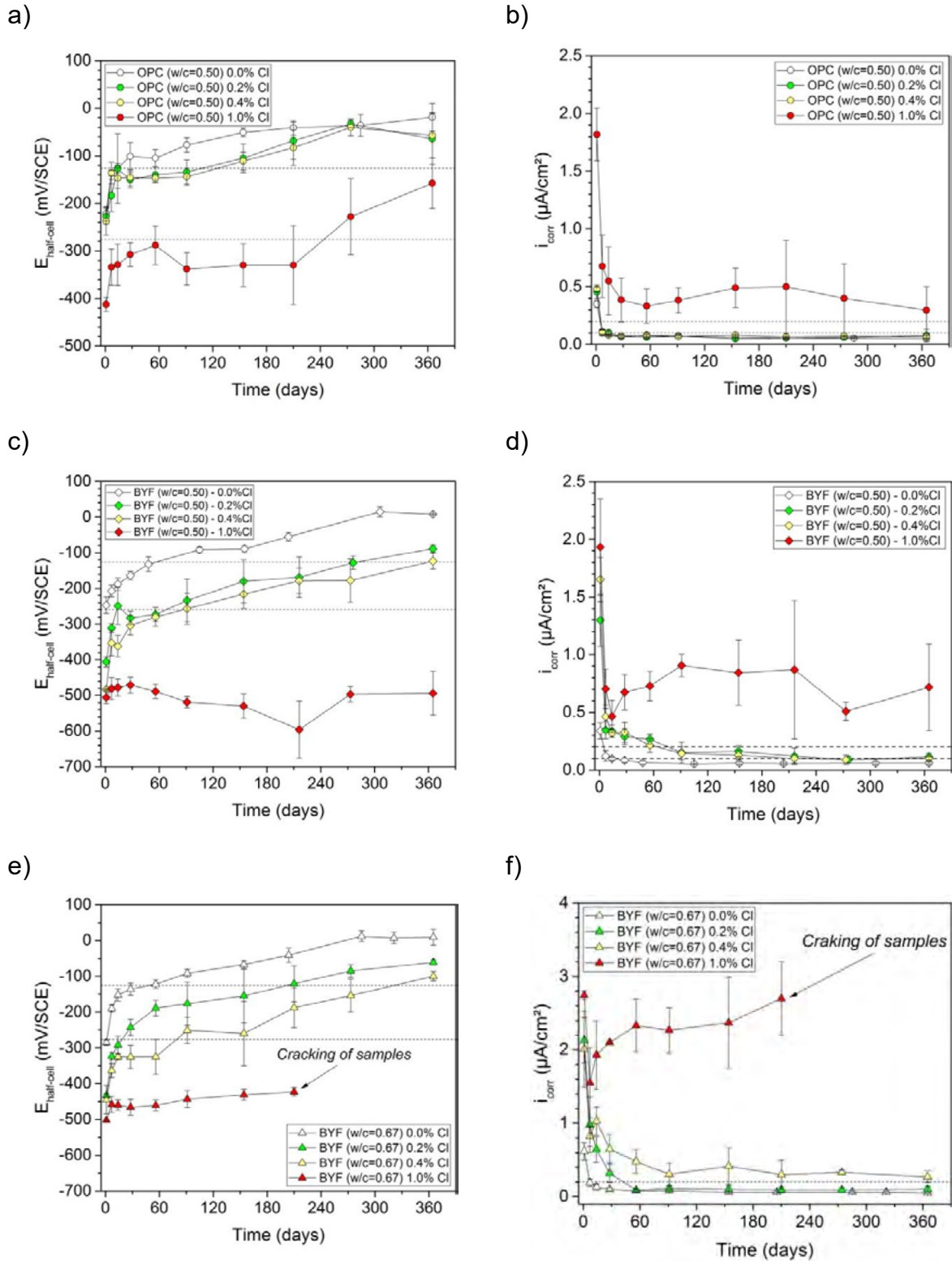


Figura 1 - Evolução do $E_{half-cell}$ e da i_{corr} de argamassas reforçadas: Portland, W/C = 0.50, (a) e (b); BYF, W/C = 0.50, (c) e (d); BYF, W/C = 0.67, (e) e (f).

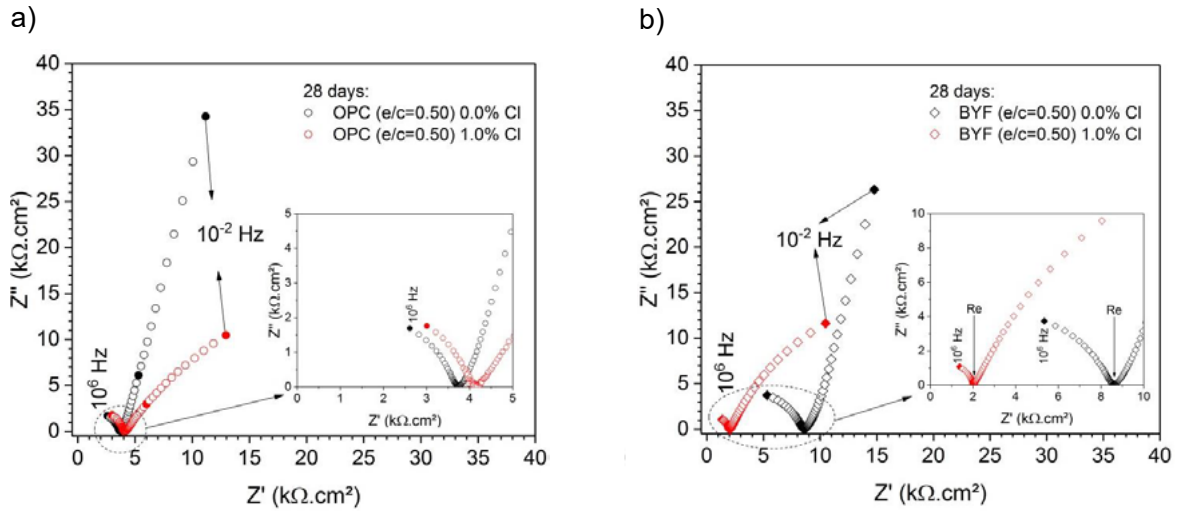


Figura 2 - Diagramas de Nyquist os quais mostram o duplo impacto da adição de NaCl sobre as argamassas reforçadas OPC (a) e BYF (b).

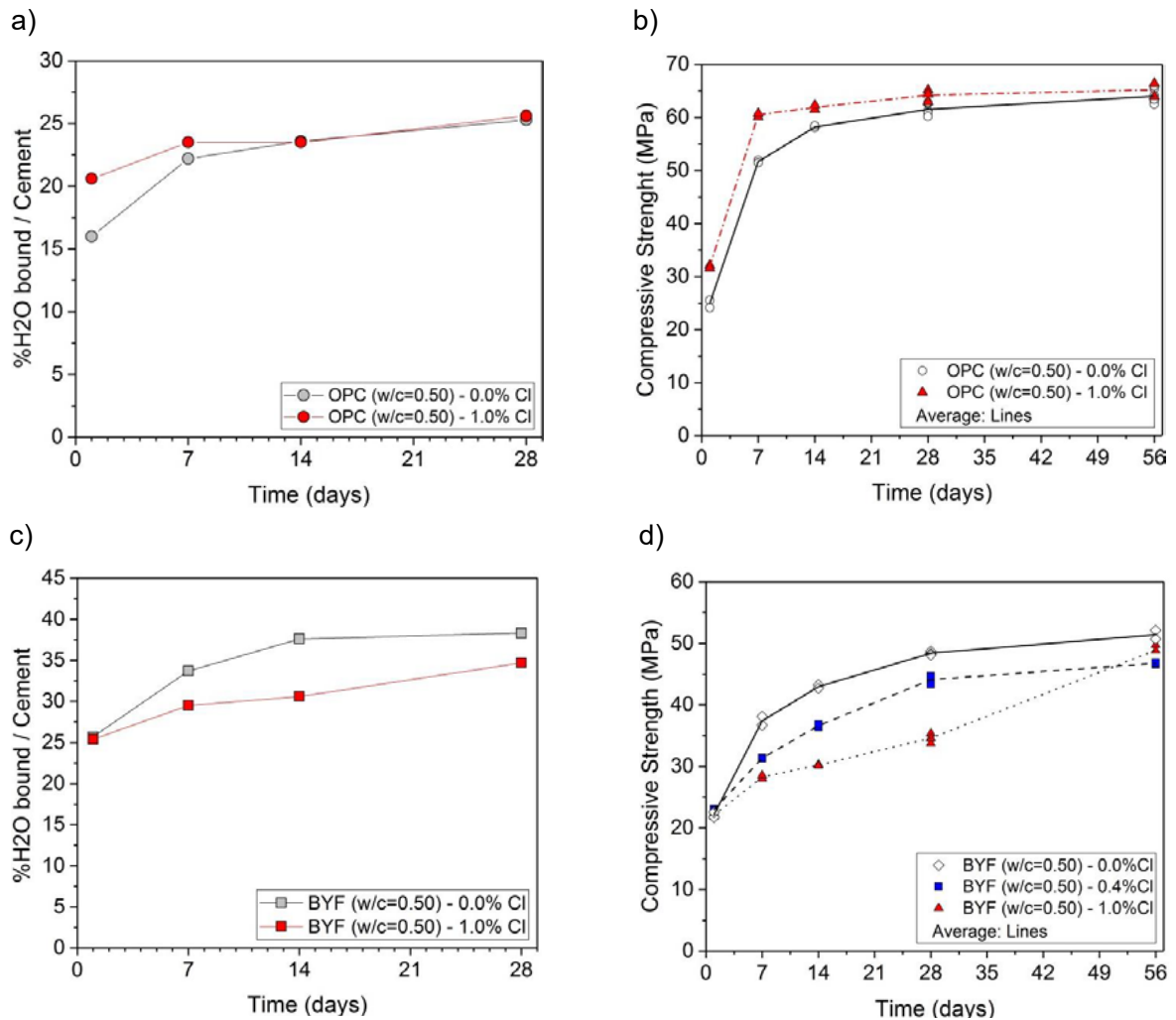


Figura 3 - Evolução da água ligada em função do tempo para pastas de cimento a) OPC e c)BYF. Evolução em função do tempo das resistências à compressão de argamassas à base de cimento b) OPC e d) BYF.

- O aumento da razão água cimento de 0.50 para 0.67 diminui a tolerância aos cloretos de 0.4% para 0.2% para argamassas reforçadas BYF.
- A adição de cloretos acelera a hidratação da ye'lemita e retarda a hidratação da belita e ferrita. O efeito global é um efeito de retardo da hidratação do cimento BYF.

Referências bibliográficas

[1] M.S. Imbabi, C. Carrigan, S. McKenna, Trends and developments in green cement and concrete technology, Int.

J. Sustain. Built Environ. 1 (2012) 194-216. doi:10.1016/j.ijsbe.2013.05.001.

[2] K.L. Scrivener, V.M. John, E.M. Gartner, Eco-efficient cements: Potential, economically viable solutions for a low-CO₂, cement-based materials industry, Paris, 2016. <http://lmc.epfl.ch/files/content/users/184559/files/2016-UNEPReport-Complete6.pdf>.

[3] J.S. Damtoft, J. Lukasik, D. Herfort, D. Sorrentino, E.M. Gartner, Sustainable development and climate change initiatives, Cem. Concr. Res. 38 (2008) 115-127. doi:10.1016/j.cemconres.2007.09.008.

[4] M. Schneider, M. Romer, M. Tschudin, H. Bolio, Sustainable cement production - Present and future, Cem. Concr. Res. 41 (2011) 642-650. doi:10.1016/j.cemconres.2011.03.019.

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

DISTINTAS FORMAS DE CORROSÃO DAS ARMADURAS DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO: UMA REVISÃO

Tatiana Conceição Machado Barretto^a, Igor Machado da Silva Parente^b

^aDoutorando, Engenheiro Civil - Universidade Federal da Bahia

^bMestrando, Engenheiro Civil - Universidade Federal da Bahia

Introdução

Patologia das construções necessita de uma avaliação multidisciplinar com o objetivo de se estudar as origens da 'doença', suas formas de manifestação e atuação. Para ser considerado um sintoma patológico, é necessário que o mesmo danifique alguma das exigências da estrutura, sejam elas as capacidades mecânica, estética ou funcional. (1).

Há uma relação direta entre patologia e desempenho da estrutura, já que a medida da primeira depende da segunda. Outros dois pontos importantes para a análise das patologias são o tempo e as condições de exposição. Esses fatores estão associados a o conceito de durabilidade, vida útil e desempenho. (1).

Os agentes causadores de manifestações patológicas possuem diversas origens, desde falha humana, tanto no projeto como execução, até problemas com a estrutura química dos componentes dos materiais, ou ainda, ataques de agentes agressivos ao material concreto e às armaduras. Para uma melhor compreensão das causas e origens, estas foram divididas e detalhadas em três grandes grupos: causas intrínsecas de manifestações patológicas, causas extrínsecas, e processo físico de deterioração do concreto armado. (2).

O conhecimento aprofundado das causas de deterioração do concreto é de suma importância, visto que possibilitará identificar, e desta forma evitar as possíveis causas de degradação

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo, por esse motivo é muito importante estudar este tipo de material e as estruturas em que são utilizados. Muitas construções são confeccionadas com concreto armado são atingidas por diversas patologias, tanto na pasta, quanto nas armaduras, ocasionadas por fatores físicos e químicos. Uma das principais patologias que atingem o concreto armado é a corrosão de suas armaduras. Porosidade, exposição a agentes agressivos são os principais fatores que promovem a despassivação da armadura e permitem com que ocorra a degradação da mesma. Porém, para que haja corrosão são necessários três fatores: eletrólito, ddp e oxigênio. Muitas estruturas em concreto armado sofrem corrosão eletroquímica com presença de oxigênio e formação de óxido de ferro, a conhecida "corrosão vermelha", onde o agente agressivo, em geral os íons cloretos, entram em contato com a armadura e promovem a degradação. Mas essa não é a única forma de corrosão das armaduras, pode-se encontrar, em condições especiais, e a com ausência de oxigênio, ou corrosão negra. Neste trabalho, serão discutidas as formas de corrosão que atingem as armaduras de concreto armado.

Palavras-chaves: Concreto armado, corrosão, corrosão negra, corrosão por correntes de fuga.

Concrete is one of the most used materials in the world, so it is very important to study this type of material and the structures in which they are used. Many constructions are made with reinforced concrete are affected by several pathologies, both in the pulp and in the armors, caused by physical and chemical factors. One of the main pathologies that affect reinforced concrete is the corrosion of its reinforcement. Porosity, exposure to aggressive agents are the main factors that promote the destabilization of the armature and allow degradation of the same. However, for corrosion, three factors are needed: electrolyte, potential difference and oxygen. Many structures in reinforced concrete undergo electrochemical corrosion with the presence of oxygen and the formation of iron oxide, the so-called "red corrosion", where the aggressive agent, usually chloride ions, comes into contact with the reinforcement and causes degradation. But this is not the only form of corrosion of the armor, it can be found, under special conditions and the absence of oxygen, or black corrosion. In this paper, the forms of corrosion that affect reinforced concrete reinforcement will be discussed.

Keywords: reinforced concrete, corrosion, Blackrust.

do concreto, que, podem ser de origem química, por conta das reações de troca entre um fluido agressivo e componentes da pasta de cimento endurecida, reações envolvendo hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento endurecida e reações envolvendo formação de produtos expansivos, e podem ser de origem física.

As causas químicas de deterioração podem ser internas ao material ou externas, como o ataque químico devido à ação de íons agressivos, como cloretos, sulfatos, dióxido de carbono, entre outros. (3). A corrosão das armaduras é uma das principais patologias que atingem o concreto. Fatores como porosidade, exposição a agentes agressivos promovem a despassivação da armadura, aliados a presença de um eletrólito, ddp e oxigênio, permitem com que ocorra a degradação da mesma. Mas o processo corrosivo

pode se apresentar de formas distintas nas armaduras, a mais comum, "corrosão vermelha", ou em condições especiais, as corrosões por correntes de fuga e a ausência de oxigênio, ou corrosão negra. Este trabalho trata-se de uma revisão de literatura, em que serão discutidas as formas de corrosão que atingem as armaduras de concreto armado.

Corrosão das Armaduras de Estruturas em Concreto Armado

Define-se corrosão como sendo um processo de deterioração dos materiais, com perda de massa, devido à ação do meio ambiente. Este processo ocorre de forma espontânea devido à necessidade dos materiais em atingir seu estado de menor energia, ou seja, mais estável. Na natureza, em seu estado de menor energia, os

metais são encontrados na forma de compostos (sob a forma de óxidos ou sais metálicos, na forma de sulfetos, carbonatos e silicatos) (4).

A corrosão pode ser classificada como química ou eletroquímica. A primeira, também chamada de corrosão seca, ocorre na presença de gases com a formação de uma película de óxido. A segunda, chamada de aquosa, só ocorre em presença de umidade e de um eletrólito, havendo movimento de elétrons ao longo de trechos da armadura e movimento iônico através do eletrólito (1). Segundo Helene (5), o mecanismo predominante de corrosão em concreto armado é o eletroquímico. Quando se trata de um processo eletroquímico, a corrosão pode ser classificada também, como sendo a reação de oxi-redução da superfície dos materiais, onde ocorre um fluxo de elétrons e íons entre a região catódica e anódica com formação de uma pilha eletroquímica (6).

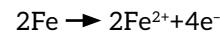
Como se trata de um mecanismo eletroquímico, para que ocorra a corrosão são necessários fatores, como a presença de um eletrólito, diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos (7). Para que se inicie o processo torna-se necessário a despassivação da armadura, que permite a propagação do fenômeno e depende de diversos condicionantes que irão determinar a sua intensidade e velocidade. Alguns dos principais elementos que contribuem com o desenvolvimento da corrosão em armaduras de concreto armado são a umidade e temperatura. A primeira devido à presença da água que atua como eletrólito durante o processo eletroquímico e a segunda promovendo o estímulo e aceleração da velocidade da reação de oxi-redução, favorecendo o transporte de íons (4).

A passivação é relativa à perda de reatividade química de certos metais e ligas sob condições particulares. Sua formação se dá em ambiente altamente alcalino onde forma-se uma película protetora de caráter passivo. O concreto possui uma alta alcalinidade oriunda das reações de hidratação dos silicatos de cálcio (C_3S e C_2S), que liberam certa porcentagem de $Ca(OH)_2$ promovendo a passivação da armadura (8).

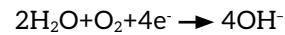
Alterações no pH do interior de uma estrutura de concreto armado torna a película passiva instável, causando o fenômeno de despassivação, a qual pode ser provocada pela ação de agentes agressivos, tais como: dióxido de carbono (CO_2) e cloretos (8).

Para Ribeiro (8), a corrosão da armadura pode ser equacionada resumidamente da seguinte forma:

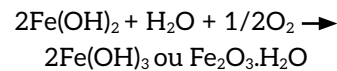
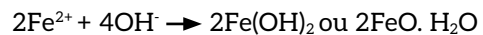
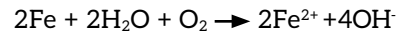
- a) Na região do ânodo, o ferro perde elétrons, acarretando na dissolução do metal (processo de oxidação):



- b) Na região do cátodo, em meios neutros e aerados, se processa a redução:



- c) Tendo como reação global, as seguintes reações de corrosão, com formação da ferrugem:



O mecanismo é ilustrado na Figura 1.

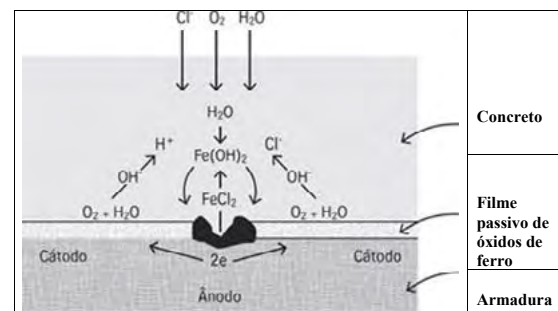


Figura 1 - Modelo de corrosão da armadura. (7)

Diversas são as consequências advindas do processo corrosivo em estruturas de concreto armado. Tal ação provoca a redução do desempenho estrutural das construções civis, reduzindo seu tempo de vida útil. Um grande problema relativo à corrosão é devido ao fato de que diversas propriedades estruturais podem ser afetadas de forma simultânea, intensificando a degradação da estrutura (9).

As principais consequências da corrosão na armadura do concreto se apresentam na forma de perda de aderência entre o aço e o concreto, redução da área da seção transversal das barras de armadura, desenvolvimento de tensões radiais de tração que afetam o concreto, deslocamento do concreto, alteração da capacidade de resistência à tração, entre outros (6).

- I. Aderência entre o aço e o concreto: Uma vez iniciada a corrosão, a aderência entre o aço e o concreto é prejudicada pelo acúmulo de produtos de corrosão ao longo da barra de armadura.
- II. Redução da área da seção transversal das barras de armadura: ao ser atacada por agentes causadores de corrosão, a exemplo dos cloretos, na armadura são formados pites. Nestes pontos, a seção de armadura pode ficar comprometida, com elevada redução da mesma, o que pode levar a ruptura total de certos trechos da barra.
- III. Desenvolvimento de tensões de tração, fissuração e deslocamento: Os produtos formados na corrosão, ocupam um volume maior (de 3 a 10 vezes) que do aço original. Este aumento de volume cria altas tensões internas contra o concreto circundante (superiores a 15 MPa), o que gera sua fissuração e o deslocamento na direção paralela à armadura corroída, que facilita a penetração de agentes agressivos, como o Cl^- , CO_2 , (10) (9). A Figura 2 ilustra o efeito dos produtos de reação.

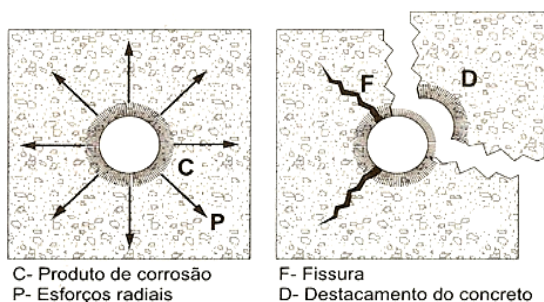


Figura 2. Esforços produzidos pelos produtos de corrosão, levando à ruptura do concreto. (10).

Santos (7) expõe que a corrosão eletroquímica está baseada na ocorrência um desequilíbrio elétrico entre metais diferentes ou entre

distintas partes do mesmo metal. Tal configuração exemplifica a chamada pilha de corrosão ou célula de corrosão que tem seu processo iniciado após a ruptura do filme passivo.

Corrosão Negra

Existem alguns casos em que há ausência de oxigênio nos poros do concreto, como quando ocorre a imersão da estrutura em água. O processo de corrosão do aço nestes casos é denominado de corrosão anaeróbica e, apesar do seu estudo ser importante para inúmeras áreas como por exemplo calhas de maré e em estruturas de pontes, incluso cabos de pré-esforço em suas vigas, existindo muito pouca informação na literatura sobre esse processo e a formação da ferrugem. (8) (11)

A corrosão do aço é um processo eletroquímico que necessita de oxigênio na presença de umidade para ocorrer. O produto de corrosão, geralmente, ocupa um volume algumas vezes maior do que o aço não corroído, o que origina fissuras no concreto. Quando há restrição de oxigênio em ânodos ativos pode ser originada a ferrugem negra (Figura 3) formada pelo processo de corrosão anaeróbica. Este tipo de ferrugem não é expansivo, por esse motivo, a corrosão gerada no concreto armado é um dos mais difíceis de serem detectados e considerado mais grave do que a corrosão normal, devido ao fato de estar presente muito tempo antes de ocorrer evidências visíveis na superfície do concreto (11).



Figura 3 - Ferrugem negra em viga de borda. Fonte: (11)

Segundo O'Donovan et. al (11), para que a corrosão anaeróbica ocorra, são necessárias algumas condições concomitantes: disponibilidade de

oxigênio no cátodo; existência de um meio que condicione o livre fluxo de elétrons da região anódica para sítios catódicos; e o ânodo está em um ambiente com deficiência em oxigênio.

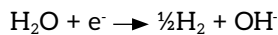
O fluxo de elétrons de locais anódicos para catódicos é conseguido quando a resistividade elétrica do concreto é reduzida a menos de 12 kΩcm. Essa redução é conseguida devido à presença de íons altamente condutores, como cloretos ou nitratos. É importante saber que, taxas de corrosão do aço sob condições anaeróbias variam de 0,1 a 7,0 μm por ano. (11)

As condições anaeróbicas em concreto armado podem ocorrer quando o ânodo está desprovido de oxigênio por fatores como sistemas de impermeabilização de concreto, acumulação da camada de ferrugem, revestimento em reforço de aço ou dentro de concreto submerso. (11)

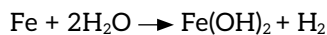
A corrosão do aço é um processo eletroquímico e em condições anaeróbias a reação de interesse é a dissolução anódica de ferro:



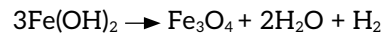
A redução catódica:



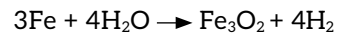
A reação de corrosão global pode ser escrita como:



A reação de Schickor converte $\text{Fe}(\text{OH})_2$ para Fe_3O_4 :



Alternativamente, a formação de Fe_3O_4 pode se rescreita como:



Na Figura 4 podem ser observados os mecanismos de corrosão anaeróbica da literatura para a formação de ferrugem preta e verde.

O produto de corrosão resultante pode apresentar coloração verde ou preta, por este fato é conhecido como ferrugem verde ou negra. Imagina-se que o produto verde seja um complexo de cloreto já o produto negro é uma combinação de óxido férrico e ferroso. (11)

A ferrugem negra é descrita como sendo um produto esponjoso e solúvel em água. Este não é um material cristalino e ocupará espaços disponíveis, tais como vazios e poros, ou planos de fratura dos concretos (se a fissuração estiver presente por outras causas) sem exercer pressão expansiva sobre o mesmo. É possível que ocorram manchas de ferrugem na superfície do concreto, pois o produto da corrosão é relativamente instável, podendo migrar lentamente para a superfície onde, se o oxigênio é mais abundante, pode formar manchas de ferrugem marrom/laranja convencionais, ou seja,

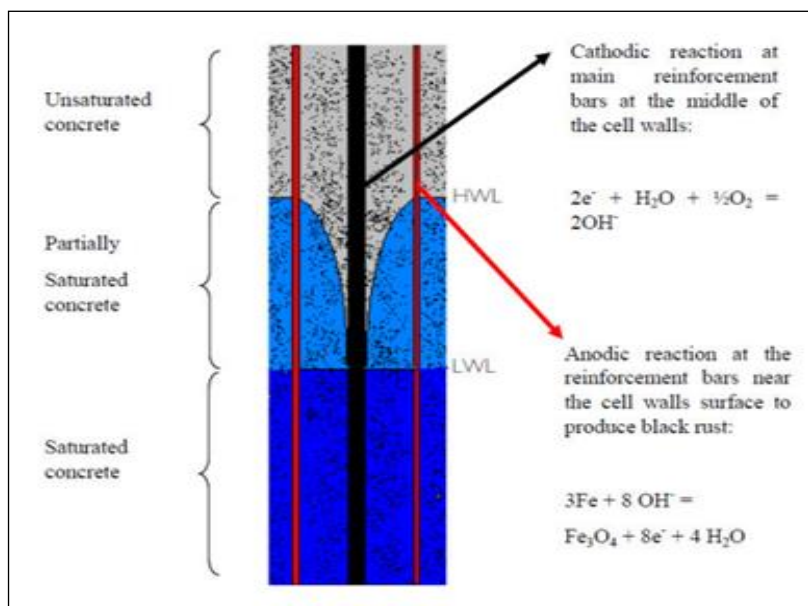


Figura 4 - Formação de ferrugem negra em canalizações. (11)

converte a ferrugem negra em óxido férrico, ou pode simplesmente ser perdido na água do mar (Figura 5). Portanto, o período inicial após a ruptura do concreto pode ser crucial para que a presença de corrosão anaeróbia sejam identificados corretamente. (11)



Figura 5 - Corrosão negra. Fonte: (11)

Uma vez que existem poucos sinais exteriores deste mecanismo, e embora este processo seja geralmente lento, uma perda significativa de metal pode ocorrer ao longo do tempo com subsequente perda de integridade estrutural e possível falha súbita e catastrófica. Mesmo o concreto sendo de alta qualidade e densidade, pode corroer por este mecanismo. (11)

A presença de corrosão anaeróbica pode ser indicada pelos seguintes métodos de detecção: observação da coloração vermelha da ferrugem presente na superfície do concreto, medição de potenciais de meia-célula, teste de continuidade elétrica, teste de cloretos e perfurações no concreto. (11)

Conclusões

Entender as causas de degradação do concreto armado ajuda a criar estruturas mais duráveis, e que não passem por muitas intervenções corretivas ao longo de sua vida útil, ganhando em qualidade, economia e atendendo as novas necessidades competitivas e exigências de sustentabilidade do setor da construção.

As formas mais difundidas que visam garantir a durabilidade do concreto armado incluem: assegurar cobertura mínima das armaduras

e adequado fator água/cimento em função dos macros e microclimas, correto adensamento e cura do concreto. Porém, de acordo com pontos abordados nesse trabalho, essas medidas podem não ser suficientes para combater a corrosão das armaduras de estruturas de concreto. Observou-se que fatores externos, não ligados diretamente a construção, como o ambiente de exposição, mas devem ser considerados no projeto, são decisivos e de extrema importância.

O tema é bastante amplo e importante, o que gera grande quantidade de livros, dissertações, teses e outras publicações. As medidas de combate dos fatores degradantes do concreto passam por um bom planejamento, boa execução e realização de manutenções periódicas. De acordo com a regra de Sitter, o custo inicial para a construção de uma obra em que são observadas medidas de combate dos fatores degradantes são mais altos quando comparados a construções que não tomam essas precauções e podem estar em meios agressivos de deterioração, porém, esse custo é recuperado à longo prazo, uma vez que é mais caro executar intervenções corretivas do que intervenções preventivas.

Portanto, é necessária a ciência dos vários fatores envolvidos na durabilidade das estruturas de concreto e quanto antes são realizadas ações de combate à esses agentes mais econômica irá ficar a construção.

Referências bibliográficas

- (1) ISAIA, G. C. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, v.1 e v. 2, IBRACON: São Paulo, 2005.
- (2) GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Monografia. UFRJ. Rio de Janeiro. 2015.
- (3) NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ed. São Paulo: PINI, 1997. p. 503-510.
- (4) RIBEIRO, D. V.; ALMEIDA, F.C.R.A.; CUNHA, M.P.T.; HELENE, P.R.L.; LOURENÇO, M.Z.; SALES, A.; DE SOUSA, C.A.C. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Brasil, 2014. v. 1. 244p.
- (5) HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. 3ª reimpressão (fev. 96). São Paulo, PINI, IPT, 1986.
- (6) FORTES, LYTTELTON REBELO, **Corrosão na armadura do concreto armado e sua avaliação pela técnica**

- do potencial de eletrodo**, dissertação de mestrado UFCE. Fortaleza, 1995. 228p.
- (7) SANTOS, Aleison Vilas-Bôas dos. **Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido à carbonatação**. Revista online IPOG – Especialize. 2015.
- (8) RIBEIRO, D.V. **Influência da Adição da Lama Vermelha nas propriedades e na corrosibilidade do concreto armado**. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2010. 260 p.
- (9) GRAEFF, Ângela Gaio. **Avaliação experimental e modelagem dos efeitos estruturais da propagação da corrosão em elementos de concreto armado**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.
- (10) CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia, GO: Editora UFG, 1997.237p.
- (11) O'DONOVAN, R.; O'Rourke, B. D.; Ruane, K.D; Murphy, J.J. "Anaerobic Corrosion of Reinforcement", Key Engineering Materials, Vols. 569-570, pp. 1124-1131, 2013.
- (12) SANTOS, L. **Avaliação da resistividade elétrica do concreto como parâmetro para a previsão da iniciação da corrosão induzida por cloretos em estruturas de concreto**. 161p. Dissertação (Mestrado em estruturas), Departamentode Estruturas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- (13) RODRIGUES, Joaquim. Corrosão no concreto armado; A proteção Catódico Concreto Armado. **Revista Recuperar** nº 33, p. 4 -27 Rio de Janeiro, Ed. Thomastec, 2000.
- (14) SANTOS, Aleison Vilas-Bôas dos. **Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido à carbonatação**. Revista online IPOG – Especialize. 2015.
- (15) CASIMIRO, Paulo Jorge Nico. **Materiais de contacto com água para consumo humano, mecanismos de degradação e contaminação**. 2010. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2010.
- (16) BOTELHO, A. P.; SILVA, D. S. **Corrosão de Armadura em Estruturas de Concreto Armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, Belém, Pará. 2008. 85p.
- (17) CORSINI, R. Ambientes Agressivos. **Revista Téchné**. Edição 196. Editora PINI. São Paulo, SP. 1 julho 2013. P. 36-39. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/196/artigo294033-1.aspx>> Acesso em 22 dezembro 2016.
- (18) FIGUEIREDO, E. P. **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, IBRACON, Cap. 27, p.829 – 855, V. 2, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005
- (19) GENTIL, V. **Corrosão**. 4º ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003. 341p.
- (20) LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2008. 56p.
- (21) LIMA, M.G. **Ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto**, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, Cap. 24, p.713 – 772, V.1, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo 2011
- (22) Geraldo C. Isaia, São Paulo 2011
- (23) LIMA, M.G. **Ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto**, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, Cap. 21, p.733 – 751, V.1, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005
- (24) METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais** IBRACON. 3ª edição. 2008. 674p.
- (25) POLDER, R. B.; ROOIJ, M. R. Durability of marine concrete structures – field investigations and modelling. **Heron Journal**, Vol. 50, Nº 3, 2005, p. 133 – 153.
- (26) PONTE, Maria José J. S.. **Capítulo 3 – Formas de Corrosão**. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná. 2012.

NOVO MARCO NA DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA BIOCORROSÃO

Marcia Lutterbach

A biocorrosão, ou MIC (Microbiologically Influenced Corrosion), resulta de alterações na interface metal-meio associadas à atividade e/ou presença de microrganismos, organizados em biofilmes, que modificam localmente as condições químicas e eletroquímicas do sistema, favorecendo o desenvolvimento de processos corrosivos.

Ao longo das últimas décadas, diversos estudos têm demonstrado que a MIC representa um desafio significativo para a integridade de estruturas metálicas em diferentes ambientes industriais, incluindo sistemas de transporte de óleo e gás, tanques de armazenamento e redes de distribuição de água, com impactos diretos na segurança operacional, na confiabilidade dos ativos e nos custos de manutenção (RAO & MULKY, 2023).

De acordo com a Association for Materials Protection and Performance (AMPP), o custo global da corrosão é estimado em cerca de US\$ 2,5 trilhões por ano, representando aproximadamente 3,4% do PIB mundial. Embora a AMPP não publique valores isolados exclusivamente para MIC, análises técnicas associadas à entidade indicam que uma fração significativa desses custos pode estar relacionada à atividade microbiana, especialmente em sistemas da indústria de óleo e gás (AMPP, 2024).

No entanto, Alabbas, F. M. & Mishra, B. (2013), reportaram que na indústria de petróleo e gás, a MIC causa de 20 a 40% dos casos graves de corrosão e que de 70 a 95% dos vazamentos em dutos podem ter sido ocasionados por MIC.

A biocorrosão tem sido amplamente reportada em diversos sistemas da indústria de óleo e gás, especialmente em ambientes onde há presença de água, baixo escoamento, nutrientes e condições favoráveis à formação de biofilmes, sendo esses locais os que devem ser priorizados em programas de monitoramento microbiológico e inspeção interna. Dutos com essas características são frequentemente afetados, na parte inferior interna, onde ataques localizados e perfurações associadas à atividade microbiana são recorrentes (ALABBAS et al., 2013). Sistemas de injeção de água, tanto onshore quanto offshore, também são locais críticos, pois a introdução de água rica em microrganismos e nutrientes favorece a colonização microbiana e a corrosão localizada ao longo das linhas e equipamentos (VIGNERON et al., 2017). Outros locais com grande incidência de MIC são os tanques de armazenamento e separadores, especialmente nas regiões de interface óleo-água, devido à estratificação de fases e

formação de biofilmes sob depósitos (VIDELA e HERRERA, 2009).

Historicamente, os estudos sobre MIC concentraram-se principalmente nas bactérias reductoras de sulfato (BRS) (SRB, em inglês), devido à produção de sulfeto e à sua reconhecida agressividade corrosiva (KOERDT et al., 2025).

Nesse caso, a corrosão está predominantemente associada a processos mediados por metabólitos, nos quais o sulfato atua comoceptor final de elétrons e é reduzido a sulfeto durante o metabolismo anaeróbio. O sulfeto gerado reage quimicamente com o ferro, formando sulfetos metálicos e promovendo a desestabilização da camada passiva, além de favorecer gradientes eletroquímicos que aceleram a dissolução do metal. Esse modelo, amplamente descrito na literatura clássica de MIC, consolidou as BRS como os principais microrganismos de interesse em ambientes ricos em sulfato (WADE; SKOVHUS; LEE, 2025).

Recentemente, Koerdt et al. (2025) publicaram o importante trabalho, **From genes to Black Rust: Genomic insights into corrosive methanogens**, que demonstrou o relevante papel que as arqueias metanogênicas (produtoras de metano) têm desempenhado em processos de corrosão, mesmo em ambientes onde o sulfato é limitado ou ausente. Diferenças metabólicas fundamentais entre BRS e arqueias metanogênicas resultam em mecanismos distintos de MIC, refletindo não apenas a diversidade fisiológica desses microrganismos, mas também a forma como interagem com superfícies metálicas.

Por décadas, esse grupo foi considerado secundário nos processos de MIC, principalmente devido à ausência de metabólitos corrosivos diretos, como o sulfeto, característicos da MIC por BRS. Os autores demonstram que determinadas arqueias metanogênicas são capazes de promover corrosão severa por um mecanismo de corrosão direta (E-MIC), no qual o ferro metálico (Fe^0) atua como doador primário de elétrons para o metabolismo metanogênico, distinguindo claramente esse processo da MIC mediada por sulfeto, típico do grupo das BRS (KOERDT et al., 2025). Esses resultados ampliam e consolidam o conceito de que a avaliação do risco de MIC

deve ser baseada em biomarcadores genéticos e vias de transferência de elétrons, e não apenas em indicadores químicos clássicos.

No estudo com biomarcadores de microrganismos relevantes para MIC, Lahme et al. (2023) também evidenciaram que nem todas as metanogênicas são corrosivas. Esses microrganismos são comuns em dutos, mas apenas uma fração possui *micH*, gene responsável por corrosão severa. A enzima codificada por *micH* atua como mediadora da captação direta de elétrons do aço metálico (Fe^0). Essa transferência direta acelera a reação catódica, aumentando significativamente a taxa de oxidação do ferro.

Em ambientes da indústria de óleo e gás, em sistemas onde o sulfato está disponível, as BRS tendem a dominar metabolicamente, promovendo corrosão por meio da produção de sulfeto, formação de sulfetos de ferro e intensificação de reações eletroquímicas na interface metal-fluido. Nesses casos, a MIC manifesta-se frequentemente como corrosão localizada (*pitting*), associada a biofilmes ricos em sulfeto e gradientes químicos acentuados ao longo da superfície interna dos dutos (WADE; SKOVHUS; LEE, 2025).

Por outro lado, em dutos de gás natural, sistemas de transporte com baixa disponibilidade de sulfato ou em condições altamente anaeróbias, as arqueias metanogênicas podem assumir um papel mais relevante. Esse tipo de MIC pode ser particularmente desafiador do ponto de vista operacional, pois ocorre sem os indicadores químicos clássicos normalmente associados à corrosão biológica, dificultando o diagnóstico precoce (KOERDT et al., 2025).

Wade, Skovhus e Lee (2025) ressaltam que muitos estudos de campo falham ao não distinguir esses mecanismos, levando a interpretações simplificadas e, por vezes, a estratégias de mitigação ineficazes. Por exemplo, tratamentos focados exclusivamente nas BRS podem não ser eficazes em sistemas onde a corrosão é predominantemente impulsionada por transferência direta de elétrons mediada por metanógenos.

Originalmente, a microbiologia aplicada à MIC baseava-se em contagens microbianas por meio

de cultivo de grupos relacionados à biocorrosão, uma abordagem qualitativa e que subestima a real quantidade de microrganismos, uma vez que é amplamente reconhecido que cerca de 99% dos microrganismos ambientais não são cultiváveis em laboratórios. Cultivos de BRS, por exemplo, são longos e trabalhosos, em média 28 dias de crescimento e cultivo sob anaerobiose, além de não refletir adequadamente a população microbiana presente. Essas metodologias apresentam limitações significativas, não refletindo a complexidade metabólica observada em sistemas reais.

As técnicas de biologia molecular independem de cultivo e representam atualmente importante avanço no estudo da MIC, ao permitirem a caracterização rápida, sensível e específica das comunidades microbianas associadas ao processo corrosivo, como é o caso dos microarranjos de DNA (Microarrays), sequenciamentos de nova geração (NGS) e PCR (Polymerase Chain Reaction) em tempo real (qPCR). A aplicação do qPCR para quantificação de BRS, por exemplo, evidencia a maior sensibilidade do método em relação às técnicas clássicas de cultivo e sua capacidade de detectar microrganismos não cultiváveis. Ressaltamos que algumas dessas técnicas fornecem resultados em horas, sendo especialmente úteis para o monitoramento rápido e a avaliação do potencial microbiológico associado à MIC (Lutterbach-et al., 2011). As análises por biologia molecular vêm cada vez mais sendo aplicadas no estudo da MIC, com uma diminuição considerável do tempo de resultados e precisão, quando comparada com a técnica de cultivo. Hoje em dia inclusive, há disponível no mercado robustos equipamentos portáteis de biologia molecular que podem ser levados a campo com resultados confiáveis, sendo liberados em menos de 2 horas.

No estudo de técnicas biomoleculares aplicada a MIC, onde o foco foi características genéticas funcionais, Lahme et al. (2022), em seu disruptivo trabalho **Detection and monitoring of corrosive oilfield microorganisms via novel biomarker technologies** fornecem evidências moleculares robustas de que nem todas as BRS são igualmente corrosivas, e que o potencial de MIC está ligado a características genéticas

funcionais específicas, e não apenas à presença taxonômica do grupo, ou seja, os microrganismos possuem cluster gênico (conjunto de genes funcionalmente associados) que são responsáveis pela corrosão, são biomarcadores diretamente associados aos mecanismos de corrosão, como também observado em metanogênicas. No caso das BRS, esse gen micC está presente em subgrupos específicos de BRS, altamente corrosivas. Esse mecanismo resulta em taxas de corrosão muito superiores às causadas apenas pela produção de H₂S (LAHME et al., 2022).

Lahme et al. (2025) observaram que biofilmes responsáveis por corrosão severa do aço carbono apresentaram consistentemente um cluster gênico, ausente em sistemas com baixo potencial corrosivo, explicando por que ambientes com condições operacionais semelhantes podem apresentar comportamentos corrosivos distintos. O estudo evidencia que determinadas BRS são capazes de promover corrosão direta eletroquimicamente mediada (E-MIC), por meio de transferência direta de elétrons entre o metal e o biofilme, sem depender exclusivamente da produção de sulfeto. Vale destacar que esta técnica consegue assim diferenciar microrganismos funcionalmente corrosivos de populações metabolicamente semelhantes, porém inofensivas.

Desta forma, a detecção de micH e micC, para metanogênicas e BRS, respectivamente, já pode ser considerada um indicativo de MIC, o que pela detecção de metabólitos microbianos ou pela observação da corrosão e de seus produtos, seria identificada tardiamente, representando um risco para a integridade. Isso permitirá a priorização de inspeções, monitoramento sério da biocorrosão, otimização do uso de biocidas e a prevenção proativa de falhas associadas à MIC.

Essa abordagem baseada em biomarcadores explica por que ambientes operacionais aparentemente semelhantes podem apresentar comportamentos corrosivos radicalmente distintos. Sistemas que apresentam elevadas populações de BRS ou metanogênicas podem, em muitos casos, não desenvolver corrosão significativa quando os biomarcadores funcionais micC e micH estão ausentes. Por outro lado, a presença desses genes,

mesmo em concentrações microbianas relativamente baixas, está associada a taxas de corrosão severas, refletindo mecanismos de transferência direta de elétrons entre o metal e o biofilme. Na prática, esses resultados demonstram que programas para monitoramento de MIC, baseados apenas em parâmetros microbiológicos tradicionais, como contagem de BRS, sulfeto ou H₂S, são estruturalmente limitados para avaliar o risco real de MIC, reforçando a necessidade de monitoramento funcional baseado em genes associados diretamente aos mecanismos eletroquímicos de corrosão. A utilização dessas novas técnicas permite priorização de inspeções, definição de estratégias de mitigação mais eficazes e redução do risco de falhas prematuras no sistema de óleo e gás (LAHME et al., 2025).

Alguns pesquisadores, inclusive, já adotam os termos SRP (Sulfate-Reducing Prokaryotes) ou APS (Anaerobic Prokaryotes that Reduce Sulfate) quando os resultados são obtidos por técnicas biomoleculares, uma vez que essas abordagens se baseiam na detecção de genes funcionais específicos. Por outro lado, a utilização do termo SRB (Sulfate Reducing Bacteria) tem sido, preferencialmente, associada a resultados obtidos por métodos de cultivo, nos quais a classificação é baseada predominantemente na atividade metabólica observada e não na caracterização genética dos microrganismos.

A partir do momento em que essas técnicas conseguem diferenciar microrganismos funcionalmente corrosivos de populações metabolicamente semelhantes, porém inofensivas, os estudos de MIC obtêm uma resposta que há muito se almeja. Nos meus mais de 35 anos de experiência no estudo da biocorrosão, não era raro me deparar com situações de ambientes semelhantes, porém nem todos apresentavam corrosão, ou ambiente com população numerosa de BRS sem problemas de corrosão e vice-versa, sendo que as arqueias metanogênicas nem eram um grupo presente na rotina de monitoramento. Esse estudo de biomarcadores representa o estágio mais avançado da biologia molecular aplicada à MIC disponível nos dias de hoje, significando um avanço estratégico para o gerenciamento

da MIC. É um novo marco no monitoramento da biocorrosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RAO, Padmalatha; MULKY, Lavanya. Microbially Influenced Corrosion and its Control Measures: A Critical Review. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, v. 9, p. 1-25, 26 jun. 2023. DOI: 10.1007/s40735-023-00772-7.
- AMPP - Association for Materials Protection and Performance. Cost of corrosion. Houston: AMPP, 2024. Disponível em: <<https://www.ampp.org>>. Acesso em: 2025.
- ALABBAS, F.M.; MISHRA, B. (2013). Microbiologically Influenced Corrosion of Pipelines in the Oil & Gas Industry. In: Marquis, F. (eds) *Proceedings of the 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48764-9_426
- ALABBAS, F. M. et al. Influence of sulfate reducing bacterial biofilm on corrosion behavior of low-alloy, high-strength steel (API-5L X80). *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 78, p. 34-42, 2013.
- VIGNERON, A. et al. Microbial communities involved in corrosion of oil production facilities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 101, p. 707-721, 2017.
- VIDELA, H. A.; HERRERA, L. K. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. *International Microbiology*, v. 12, p. 19-28, 2009.
- KOERDT, Andrea et al. From genes to Black Rust: Genomic insights into corrosive methanogens. *FEMS Microbes*, Oxford, v. 6, 2025, artigo xtaf018. DOI: 10.1093/femsmc/xtaf018
- WADE, S. A.; SKOVHUS, T. L.; LEE, J. S. To what end? A review of recent trends in microbiologically influenced corrosion research 1990 to 2023. *Corrosion*, v. 81, n. 7, p. 637-645, 2025. DOI: 10.5006/4710.
- LUTTERBACH, M. T. S.; CONTADOR, L. S.; GALVÃO, M. M.; OLIVEIRA, V.; ARAÚJO, M.; PIMENTA, G. S. Real-time PCR Applied to Quantification of Sulfate-Reducing Bacteria in Bottom Water from Fuel Tanks. In: *CORROSION 2011*, Houston, USA, 2011. NACE International.
- LAHME, S. et al. Detection and monitoring of corrosive oilfield microorganisms via novel biomarker technologies. *Society of Petroleum Engineers*, 2022. SPE-211238-MS. DOI: 10.2118/211238-MS.
- LAHME, S.; MAND, J.; LONGWELL, J.; ENNING, D. Detection of a conserved multi-heme cytochrome gene cluster in severely corrosive sulfate-reducing biofilms. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 205, p. 106154, 2025. DOI: 10.1016/j.ibiod.2025.106154.

BIOGRAFIA

Marcia Lutterbach é bióloga, doutora em Microbiologia pelo Instituto de Microbiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Possui mais de 35 anos de experiência no estudo da biocorrosão. Foi responsável pela implantação e gestão do Laboratório de Biocorrosão e Biodegradação no Instituto Nacional de Tecnologia (LABIO/INT), onde atuou até sua aposentadoria. Em 2025, recebeu o prêmio ISMOS Fellow Award em reconhecimento à sua trajetória no estudo da biocorrosão. Atualmente, atua como consultora em biocorrosão por meio da Márcia Lutterbach Consultoria e como profissional associada ao Centro de Tecnologia de Dutos e Terminais (CTDUT).

Contato: marciatsl@gmail.com

INSTITUTO AVANÇADO DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Pesquisa no Recife aposta em biotecnologia para enfrentar prejuízo trilionário causado pela corrosão

Este estudo foi realizado pelos pesquisadores Alexandre Augusto Paredes Selva Filho, Bruno Augusto Cabral Roque, Kaio Wédann de Oliveira, Leonie Asfora Sarubbo, Rita de Cássia Freire Soares da Silva e Yslla Emanuely da Silva Faccioli.

Um problema silencioso, mas trilionário, desafia diariamente a indústria global: a corrosão de estruturas metálicas. Estimativas internacionais apontam que os danos causados por esse fenômeno chegam a US\$ 2,5 trilhões por ano, valor equivalente a cerca de 3,4% do PIB mundial. É nesse cenário que pesquisadores do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação-IATI, sediado no Recife, desenvolvem uma tecnologia baseada em biotecnologia para aumentar a durabilidade de equipamentos e reduzir custos operacionais em setores estratégicos da economia.

A equipe do instituto trabalha no desenvolvimento de um revestimento anticorrosivo sustentável capaz de proteger estruturas metálicas expostas a ambientes agressivos, como plataformas *offshore*, navios, portos e instalações energéticas.

A solução utiliza biossurfactantes produzidos por microrganismos, capazes de formar uma película protetora sobre superfícies metálicas e reduzir o contato do material com agentes corrosivos. A proposta integra o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), abordagem que busca substituir compostos sintéticos tradicionais por alternativas mais sustentáveis.

Segundo os pesquisadores, a tecnologia já atingiu nível intermediário de maturidade tecnológica (TRL 5), estágio em que a inovação ultrapassa a fase inicial de laboratório e passa a ser testada em condições que simulam ambientes reais de operação.

“Já realizamos ensaios laboratoriais acelerados e também testes com corpos de prova metálicos expostos a ambientes corrosivos, como água do mar em regiões estuarinas. Esses experimentos permitem avaliar a formação da película protetora e a redução da taxa de corrosão ao longo do tempo”, explica Rita de Cássia Freire Soares da Silva, pesquisadora sênior do IATI e responsável pelo projeto no instituto.

Os biossurfactantes utilizados na formulação são produzidos por bactérias do gênero *Pseudomonas* e por leveduras, microrganismos capazes de sintetizar moléculas com propriedades tensoativas a partir de diferentes fontes de carbono, incluindo matérias-primas renováveis e subprodutos industriais, como óleos residuais e milhocina.

“Esses compostos apresentam características importantes, como biodegradabilidade e baixa toxicidade, o que amplia seu potencial para

aplicações industriais que buscam soluções tecnológicas mais sustentáveis”, afirma a pesquisadora.

A tecnologia está sendo desenvolvida principalmente como revestimento aplicado diretamente sobre superfícies metálicas, criando uma barreira protetora contra agentes corrosivos. Dependendo da formulação final, os biossurfactantes também poderão ser utilizados como aditivos em sistemas anticorrosivos já existentes, ampliando a eficiência desses materiais.

Os setores com maior potencial de aplicação inicial incluem indústria naval, óleo e gás, estruturas *offshore*, instalações portuárias e geração de energia, áreas onde a corrosão representa um dos principais fatores de desgaste e aumento de custos operacionais.

Estudos indicam que a adoção de tecnologias mais eficientes de controle da corrosão poderia reduzir entre 15% e 35% das perdas globais associadas ao problema, gerando economias de centenas de bilhões de dólares para a indústria mundial.

Linha de Pesquisa Biotecnologia: Corrosão metálica

A equipe envolvida nos projetos de inibição de biocorrosão por meio do uso de insumos biotecnológicos e formulações sustentáveis é composta por pesquisadores com formação e atuação complementares, voltados ao desenvolvimento das atividades da linha de pesquisa.

A Profa. Dra. Leonie Asfora Sarubbo tem atuação na formação de recursos humanos e orientou membros desta equipe ao longo de suas trajetórias na pós-graduação, incluindo a Dra. Rita de Cássia Freire Soares da Silva. Essa trajetória contribui para a coesão científica do grupo e para a integração

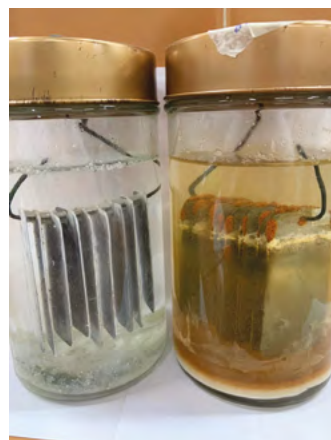
das abordagens adotadas no desenvolvimento das pesquisas, especialmente no uso de insumos biotecnológicos.

A liderança da linha de pesquisa é exercida pela Dra. Rita de Cássia Freire Soares da Silva, pesquisadora sênior do IATI, com experiência nas áreas de corrosão metálica e biocorrosão. Sua atuação envolve a definição dos estudos, a condução das abordagens experimentais e o desenvolvimento de formulações, além da articulação entre o desenvolvimento científico e as demandas industriais, com foco na aplicação de inibidores de corrosão de base biotecnológica.

A equipe conta ainda com a Dra. Yslla Emanuely da Silva Faccioli, doutora pelo programa RENORBIO/UFRPE, com tese relacionada à temática de corrosão e biocorrosão, contribuindo com abordagens voltadas ao uso de compostos biotecnológicos como agentes inibidores. Complementando a equipe, Kaio Wêdann de Oliveira, mestre e doutorando na área, atua no desenvolvimento experimental, especialmente na avaliação da eficiência de formulações e dos mecanismos de inibição de corrosão em estruturas de concreto armado.

O grupo também inclui o Dr. Alexandre Augusto Paredes Selva Filho, pesquisador





com doutorado em área correlata, com atuação na análise físico-química e no estudo dos processos interfaciais envolvidos na biocorrosão, contribuindo para o aprimoramento das formulações. Por fim, Bruno Augusto Cabral Roque, doutorando e pesquisador atuante nos projetos, participa da execução experimental, com foco na validação de bioprodutos e no escalonamento de soluções.

De forma integrada, a equipe reúne competências em biotecnologia, corrosão, microbiologia aplicada e desenvolvimento de formulações, articulando pesquisa científica e aplicação tecnológica no desenvolvimento de soluções para o controle da corrosão em sistemas industriais.

Mais informações:

Instagram: @iatioficial

Site: www.iati.org.br



MISSÃO, VISÃO E VALORES

MISSÃO: Promover a qualificação técnica, o desenvolvimento tecnológico e o conhecimento em corrosão e proteção anticorrosiva, com atuação em treinamentos, certificações, eventos, elaboração de normas e recomendações técnicas, por meio da integração entre especialistas, empresas, entidades e universidades, contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão.

VISÃO: Manter a liderança nacional e ampliar sua projeção internacional como referência na difusão do conhecimento e na promoção da integridade de ativos, reunindo especialistas, empresas e instituições dedicadas à corrosão e à proteção anticorrosiva.

VALORES

Excelência Técnica e Científica: compromisso com a qualidade e rigor no desenvolvimento e disseminação do conhecimento em corrosão e proteção anticorrosiva;

Ética e Transparência: atuação íntegra e transparente em todas as relações e processos, promovendo a confiança entre associados, parceiros e sociedade;

Inovação e Sustentabilidade: busca contínua por soluções inovadoras que contribuam para a sustentabilidade e integridade dos ativos, protegendo o meio ambiente e a sociedade;

Colaboração e Pluralidade: valorização da diversidade de ideias e experiências, promovendo a união e o intercâmbio entre profissionais, empresas e instituições do setor;

Comprometimento com o Desenvolvimento Nacional: dedicação ao fortalecimento da indústria nacional por meio da capacitação, certificação e promoção de boas práticas em corrosão e proteção anticorrosiva.

ATIVIDADES

Cursos: Ministra cursos em sua própria sede, que conta com modernas instalações. Também são realizados cursos em parceria com importantes instituições nacionais de áreas afins e cursos In Company, sempre com instrutores altamente qualificados.

Eventos: Organiza periodicamente diversos eventos como: congressos, seminários, palestras, workshops e fóruns, com o objetivo de promover o intercâmbio de conhecimento e informação, além de compartilhar os principais avanços tecnológicos do setor.

Qualificação e Certificação: Mantém um programa de qualificação e certificação de profissionais da área de corrosão e técnicas anticorrosivas, por meio do seu Conselho de Certificação e do Bureau de Certificação.

CB-43: Coordena o CB-43 – Comitê Brasileiro de Corrosão, que abrange a corrosão de metais e suas ligas no que concerne à terminologia, requisitos, avaliação, classificação, métodos de ensaio e generalidade. O trabalho é desenvolvido desde 2000, após aprovação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Comunicação: Utiliza canais de comunicação para informar ao mercado e à comunidade técnico-empresarial todas as novidades da área, conquistas da Associação, dos filiados e de parceiros, por meio de boletins eletrônicos, site, redes sociais e revista.

ASSOCIE-SE À ABRACO E APROVEITE SEUS BENEFÍCIOS:

Descontos em cursos e eventos técnicos

Descontos significativos nas aquisições de publicações na área de corrosão e proteção anticorrosiva

Descontos em anúncios na Revista Corrosão & Proteção

Recebimento de exemplares da Revista Corrosão & Proteção

Inserção do perfil da empresa no site institucional da ABRACO

E MUITO MAIS! PARTICIPE DO DESENVOLVIMENTO DA ÁREA!

PARCERIA COM H&M HUBBER REALIZA WORKSHOP EXCLUSIVO PARA A PETROBRAS NO RIO DE JANEIRO

No dia 21 de janeiro de 2026, a ABRACO cedeu seu espaço no Rio de Janeiro para a realização do workshop “Preservação de Ativos com Revestimentos Elastoméricos à Base de Borracha Líquida”, promovido pela HM Rubber. O encontro configurou-se como um evento exclusivo direcionado à PETROBRAS, reunindo profissionais técnicos, especialistas e representantes da alta gestão das unidades offshore, com foco em integridade, confiabilidade operacional e preservação de ativos industriais.

O workshop teve como objetivo apresentar soluções técnicas inovadoras voltadas à proteção anticorrosiva, à mitigação de mecanismos de degradação e à ampliação da vida útil de ativos críticos, especialmente em ambientes severos, como os encontrados em operações offshore. A programação foi estruturada para proporcionar uma experiência de uso real, conectando teoria, critérios normativos e aplicabilidade prática dos produtos da HMR em cenários de alta exigência técnica.

O evento destacou a parceria institucional entre a ABRACO e a HM Rubber, empresa pioneira e referência nacional na fabricação de revestimentos protetivos e impermeabilizantes à base de borracha líquida de alta performance. Com atuação consolidada desde 2010, a HM Rubber desenvolve soluções tecnológicas voltadas à integridade e preservação de ativos, simplificando procedimentos técnicos,

reduzindo etapas construtivas e entregando proteção eficaz para superfícies metálicas e de concreto expostas a agentes corrosivos, umidade, intempéries e variações térmicas, fatores críticos em operações industriais e offshore.

Durante o workshop, os participantes tiveram acesso a conteúdos técnicos aprofundados, conduzido pelo especialista Fábio Kränkel, que abordou critérios de especificação técnica, preparo de superfície, seleção de sistemas multicamadas e desempenho dos revestimentos elastoméricos em serviço, considerando requisitos de normas, manutenção e confiabilidade operacional.

A programação incluiu ainda uma demonstração prática, permitindo aos participantes vivenciar a aplicabilidade prática com os produtos da HM Rubber, observando aspectos reais como flexibilidade, aderência, capacidade de acomodar movimentações, facilidade de aplicação e versatilidade em geometrias complexas, características fundamentais para ativos offshore e áreas críticas.

Ao apoiar a realização do workshop por meio da cessão de espaço, a ABRACO reafirma sua missão de estimular a troca de experiências, promover a atualização técnica e aproximar profissionais, empresas e soluções inovadoras voltadas à preservação de ativos e à proteção contra a corrosão.





Uma trajetória de muito trabalho, estudo e 25 anos de experiência profissional

Este é Gilson de Campos Souza, inspetor de pintura nível I. Nascido há 42 anos em São José do Norte, no Rio Grande do Sul, já acumula 25 anos de experiência profissional.

Confira seu depoimento a seguir:

Minha trajetória na área de pintura teve início em fevereiro de 2000 com a pintura predial, e em 2006 ingressei na área industrial.

Hoje tenho mais de 25 anos no setor de pintura, com formação em Inspetor de Pintura nível I, certificado pela ABRACO/SNQC; certificação como Inspetor nível II I-CORR; e Inspetor de Pintura nível II em processo de qualificação.

Em 2006 comecei a trabalhar na área industrial, na Bunge Fertilizantes, como ajudante de pintura. Em 2008 ingressei na empresa WTorre Engenharia como ajudante de pintura. Quatro anos depois, migrei para a Refinaria Riograndense, onde trabalhei como pintor industrial. No mesmo ano fui a Ecovix, prestando serviço no Estaleiro Rio Grande nos projetos da P-66, P-67 e P-68, também como pintor industrial até o final de 2013.

Em 2014 fui trabalhar na construção do Estaleiros do Brasil LTDA., no Consórcio GPO/COMSA, como encarregado de transporte, até início de 2015, quando iniciei uma nova jornada: fui para o Estaleiros do Brasil LTDA (EBR) como ajudante e marinheiro, até final de 2017, no término do projeto P-74.

Em outubro de 2019, voltei para o EBR - desta vez como pintor industrial - participando

de um projeto que finalizou em janeiro de 2020. Em seguida, fui dispensado, mas retornei em março, na mesma função. A partir daí, minha carreira deslanchou.

Fui pintor RT, pintor airless e pintor letrista. No final de 2021, me inscrevi no curso de Inspetor de Pintura nível I, que iniciou em março do ano seguinte. Em junho fiz as provas de certificação, com aprovação em 9 disciplinas, mas fiquei reprovado em Abrasivo. Em agosto fui classificado como encarregado de pintura, e em dezembro consegui a certificação. Enfim, fechei 2022 com mais uma vitória.

Ainda no EBR, em março de 2023, passei para o setor de Qualidade e, em agosto, conquistei a função de inspetor de pintura, que exerci até o término do projeto, em final de outubro de 2024. Ao longo da minha trajetória neste estaleiro, participei de vários projetos: P-74 Petrobrás, MODEC, SBM OFF SHORE, NOV e SAIPEM.

Logo em seguida, fui convidado para trabalhar em uma mineradora, em Minas Gerais, prestando serviço para a MIP Engenharia como inspetor de pintura nível I. Paralelo a isso, comecei a fazer o curso Inspetor de Pintura nível II, no qual estou em processo de qualificação, atualmente.

Em janeiro de 2025, a Estrutural Engenharia me chamou para atuar na Refinaria Alberto Pasqualini, em Canoas (RS), como inspetor de pintura. Fiquei no projeto até final de agosto e, em dezembro, a empresa me convidou novamente, e estou na equipe até hoje.

Tenho trabalhado bastante, mas não deixo de me dedicar ao aperfeiçoamento



profissional, visando sempre minha evolução. Já participei de vários cursos na ABRACO, como: Curso Técnico Teórico sobre Ensaio em Tintas Anticorrosiva (Ceta), Mitigação de Interferências Elétricas de Linhas de Transmissão em Dutos Terrestres, Evolução das Tintas de Manutenção Industrial entre outros.

De ajudante a Inspetor de Pintura Nível 2: uma trajetória construída com esforço, disciplina e propósito

Conheça a história de Franciscando Braz Gomes, 35 anos, brasileiro, natural do Piauí, esposo e pai de dois filhos.

Confira seu depoimento
a seguir:

Minha história é a prova de que o sucesso não depende de onde a gente começa, mas da determinação em continuar.

Tenho 17 anos de atuação na área de Pintura Industrial. Minha jornada começou em 2009, como ajudante. Foi ali, no chão de fábrica, enfrentando os desafios do dia a dia, que tive meus primeiros aprendizados – sempre com humildade, respeito às normas e muita vontade de aprender.

Com dedicação e consistência, evolui para a função de pintor, onde encontrei minha verdadeira vocação. O que antes era apenas trabalho passou a ser propósito.

Depois, assumi a posição de encarregado, uma fase de muita responsabilidade, na qual tive a oportunidade de liderar equipes e fortalecer não só meu conhecimento técnico, mas também meu compromisso com pessoas, prazos e qualidade.

Sempre em busca de crescimento, dei mais um passo importante ao me qualificar como Inspetor de Pintura Nível 1, conquistando minha certificação em 2022. E hoje celebro, com muito orgulho, mais uma grande conquista: tornei-me Inspetor de Pintura Nível 2.

Ao longo dessa trajetória, tive a oportunidade de atuar em grandes projetos industriais, como refinarias (REVAP, REPAR, RECAP), TRANSPETRO, plataformas offshore (P58),



siderurgia (ArcelorMittal), termoelétricas (UTEMA e UTENT), celulose (Bracell), mineração (Nexa) e fertilizantes (Eurochem). Cada experiência contribuiu para que eu me tornasse um profissional mais sólido e preparado.

Atualmente, faço parte de um projeto de grande relevância nacional: a construção da Ponte Rio Tocantins, em Marabá - PA, no qual atuo por meio do consórcio formado pelas empresas EGTC (Grupo Queiroz Galvão) e Barbosa Melo. É um ambiente de alto nível técnico, onde o aprendizado é constante e o crescimento é coletivo.

Mais do que uma conquista individual, reconheço que toda essa caminhada é resultado do convívio com grandes profissionais, da troca de experiências e do fortalecimento de um networking sólido, construído com respeito e profissionalismo.

A pintura industrial mudou a minha vida. Eu lembro de quando comecei... via aqueles profissionais de capacete branco, com rádio na cintura na área de trabalho. Eu passava próximo às salas de reunião, via a gerência discutindo os avanços da obra – e aquilo despertava em mim uma vontade enorme de fazer parte daquele meio. Hoje, esse sonho se realiza dia após dia.

Depois que conheci a ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão, minha visão profissional mudou ainda mais. É uma escola reconhecida mundialmente, que forma e transforma profissionais com excelência, elevando o nível técnico da nossa área.

Sou grato a Deus, ao meu esforço e às pessoas que me fortaleceram ao longo do caminho para eu chegar até aqui. Agradeço de coração à minha esposa, à minha mãe, aos gestores que confiaram e continuam confiando no meu trabalho – e também aos bons profissionais que tive a honra de liderar quando atuei como encarregado. Cada um deles fez parte da minha evolução e contribuiu para o profissional que me tornei hoje.

E deixo um recado para você que está começando ou quer crescer na área: venha fazer parte desse time campeão. Invista em conhecimento, se qualifique e acredite – porque é possível chegar lá.

Minha história não é apenas sobre alcançar o Nível 2 – é sobre não desistir, mesmo quando o caminho é difícil.

Se eu puder deixar uma mensagem final, é esta: não importa onde você esteja hoje. Faça o básico bem-feito. Respeite o processo. Tenha disciplina, fé e perseverança. O crescimento é consequência.

A Pintura Industrial não é apenas uma profissão – é uma oportunidade de transformação de vida.

E eu sou prova de que tudo é possível.



EMPRESAS E ENTIDADES ASSOCIADAS

A IDEAL SOLUÇÕES ANTICORROSIVAS EIRELI ME
www.aideal.com.br/site/

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.
www.advancetintas.com.br

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS
www.akzonobel.com/international

BBOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.
www.bbosch.com.br

CENTRO DE TECNOLOGIA EM DUTOS
www.ctdut.org.br

COVESTRO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE POLÍMEROS LTDA.
www.covestro.com

CPL ENGENHARIA LTDA.
www.cplengenharia.com.br

DE NORA DO BRASIL LTDA.
www.denora.com

DEEPWATER
www.stoprust.com

G P NÍQUEL DURO LTDA.
www.grupogp.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.hita.com.br

HKM METAIS LTDA.
www.hkmmetais.ind.br

IEC INSTALAÇÕES E ENG^a DE CORROSÃO LTDA.
www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO BRAS. DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS – IBP
www.ibp.org.br

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT
www.ipt.br

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT
www.int.gov.br

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.
www.jotun.com

LGE COMERCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.lgeserv.com.br

METAL SALES COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE METAIS LTDA.
www.metalsales.ind.br

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S/A
www.petrobras.com.br

PRESSERV DO BRASIL LTDA.

<https://presserv.com/brazil/>

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

www.promarpintura.com.br

REFRAMAX ENGENHARIA LTDA.

www.reframax.com.br

RENNER COATINGS

www.rennercoatings.com

RJR SERVIÇOS E LOCAÇÕES

www.gruposervjato.com.br

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A

www.sacor.com.br

SHERWIN-WILLIAMS DO BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA.

www.https://sherwin.com.br/

SMARTCOAT - ENGENHARIA EM REVESTIMENTOS LTDA.

www.smartcoat.com.br

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA – BRASIL

www.tbg.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.

www.tsbrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.

www.tecnofink.com

TINÓCO ANTICORROSÃO LTDA.

www.tinocoanticorrosao.com.br

TRANSPETRO - PETROBRAS TRANSPORTE S/A

www.transpetro.com.br

WEG TINTAS LTDA.

www.weg.net

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.

www.zerust.com.br

ZINCOLIGAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

www.zincoligas.com.br

ZINGA METALL BRASIL COMÉRCIO DE PRODUTOS E SERVIÇOS PARA
CORROSÃO LTDA.

www.zingabr.com



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

Av. Venezuela, 27 • Sl. 412/418 • Centro • Rio de Janeiro • CEP 20081-311

www.abraco.org.br

Facebook: facebook.com/abraco.oficial

LinkedIn: linkedin.com/in/abraco

Instagram: [@abraco_br](https://instagram.com/abraco_br)

Youtube: Associação Brasileira de Corrosão

SETORES

Associados: secretaria@abraco.org.br

CB-43: cb43@abraco.org.br

Comunicação: marketing@abraco.org.br

Eventos: eventos@abraco.org.br

Financeiro: financeiro@abraco.org.br

Qualificação e Certificação: qualificacao@abraco.org.br

Treinamentos: cursos@abraco.org.br