

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325464698>

LATINCORR2006_353 – INVESTIGAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DO BENZOTRIAZOL COMO INIBIDOR DE CORROSÃO DO AÇO CARBONO CA-50 EM MEIO ALCALINO.

Conference Paper · May 2006

CITATIONS

0

READS

80

2 authors:



Marina Martins Mennucci

University of Aveiro

35 PUBLICATIONS 144 CITATIONS

SEE PROFILE



Isolda Costa

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

236 PUBLICATIONS 3,364 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Corrosion of implantable metallic biomaterials [View project](#)



Corrosion Protection of Electro galvanized Steel by environmentally friendly conversion coatings. [View project](#)



INVESTIGAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DO BENZOTRIAZOL COMO INIBIDOR DE CORROSÃO DO AÇO CARBONO CA-50 EM MEIO ALCALINO.

Marina Martins Mennucci¹, Isolda Costa²

Abstract

The aim of this study was to evaluate two chemical compounds (additives) as potential corrosion inhibitors for reinforcement steel (carbon steel CA-50). The additives tested were sodium nitrite and benzotriazole. The tests used in this investigation were electrochemical impedance spectroscopy and potentiodynamic polarization.

All compounds were used in the concentration of 0.5 wt. % and they were added to a solution that simulates the composition of the water inside the pores of concretes. To this solution was also added sodium chloride (3.5 wt. %) to simulate the corrosive effects of seawater. The corrosion resistance of the carbon steel (CA-50) was evaluated in the solutions with and without additives. In the concentration used, only benzotriazole showed a significant inhibiting effect, whereas the other additive tested caused only a slight increase in the impedance of the carbon steel used.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a proteção frente à corrosão do aço carbono CA-50, devido ao ataque por íons cloreto em meio alcalino, por inibidores de corrosão, especificamente o nitrito de sódio e o benzotriazol. O aço CA-50 é um dos mais utilizados para armaduras em estruturas de concreto armado. A concentração utilizada, de ambos os aditivos, foi 0,5 % em massa. A eficiência dos compostos foi avaliada em meio que simula a composição química da água de poro com adição de cloreto, por métodos eletroquímicos, especificamente curvas de polarização potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica. Observou-se efeito benéfico nos dois tipos de inibidores testados, sendo que o benzotriazol obteve uma melhor eficiência na concentração adotada. Os resultados indicaram que o benzotriazol pode ser uma alternativa viável à substituição do nitrito em aplicações de construção civil, isto é, em meios alcalinos, principalmente devido às vantagens de menor toxicidade.

Palavras-chave: inibidores de corrosão, benzotriazol, nitrito, armaduras de aço carbono, concreto armado.

¹ Mestranda do IPEN/USP, Engenheira Civil

² Ph.D., Profª do Programa de Pós Graduação do IPEN/USP.

1 - INTRODUÇÃO

A maioria das patologias de estruturas de concreto armado causam ou são causadas pela corrosão, da armadura contida no concreto, para que isso não ocorra existem métodos preventivos como o uso de inibidores de corrosão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade de diversos compostos como inibidores de corrosão para armaduras de aço de construção civil. Foram testados o nitrito de sódio e o benzotriazol, na concentração de 0,5 % (massa). O primeiro destes compostos é um inibidor comprovadamente eficiente para aços de construção civil [1-4]. A literatura, todavia, não estabelece de forma definitiva se o outro aditivo testado é ou não efetivo para aços de construção civil, porém é eficiente para vários metais em meio ácido e cobre em meio alcalino [5-7].

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O efeito dos aditivos na resistência à corrosão do aço carbono foi investigado por métodos eletroquímicos em solução que simula a composição da água de poros, com adição de 3,5% (massa) de cloreto de sódio, para simular a agressividade da água do mar.

O material utilizado neste estudo foi o aço CA-50. Eletrodos de trabalho deste aço foram preparados a partir de barra com aproximadamente 10 mm de diâmetro. Após corte, as amostras deste aço foram embutidas em resina epóxi de cura a frio, deixando uma área de cerca de 0,63 cm² para exposição ao meio de ensaio. A outra face foi conectada eletricamente a fio de cobre. A superfície de exposição ao meio de ensaio foi lixada com lixas d'água nas seqüências, 320, 400 e 600, e em seguida lavada com água destilada.

Os meios de ensaio usados foram as seguintes soluções: (1) solução que simula a composição química da água de poro do concreto (0,01N de NaOH, 0,05N de KOH [8-9]); (2) solução descrita em (1) com adição de cloreto de sódio (3,5% NaCl); (3) solução descrita em (2) com adição de 0,5% em massa de nitrito de sódio e (4) solução descrita em (2) com adição de 0,5% em massa de benzotriazol.

Para os ensaios eletroquímicos adotou-se um sistema de três eletrodos com eletrodo de Ag/AgCl e fio de platina como eletrodos de referência e contra-eletrodos, respectivamente. Os ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) foram realizados utilizando-se interface eletroquímica (Solartron SI 1287) acoplada a um analisador de resposta em frequências (Solartron SI 1260), ambos acoplados a um computador e controlados pelo software Zplot. As medidas de EIE foram realizadas potenciostaticamente no potencial de corrosão (E_{corr}) na faixa de frequências de 10⁴ Hz a 10⁻² Hz, aplicando-se tensão com amplitude de 10 mV e obtendo-se 8 pontos por década. Os ensaios de polarização potenciodinâmica foram realizados por meio de potenciostato (Solartron SI 1287) na faixa de -0,25 V a 0,25 V em relação ao potencial de circuito aberto, a uma taxa de varredura de 0,5 mV/s. Os ensaios foram conduzidos à temperatura de 20 °C e a solução manteve-se naturalmente aerada durante todo o ensaio. Os reagentes utilizados eram todos de grau analítico.

Após preparação da superfície, os eletrodos foram imersos nos meios de ensaio, permanecendo imersos durante 6 dias antes da realização dos ensaios de EIE e polarização. Neste período o potencial de circuito aberto tornou-se estável, permitindo a validação dos resultados obtidos do ensaio de EIE.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 1 e 2 mostram a influência do tempo de imersão nas soluções com aditivos com 1 e 6 dias de imersão. A Figura 1 compara os resultados de EIE para o aço no meio com nitrito com diferente tempo de imersão, mostrando que com o aumento do tempo de imersão obtêm-se respostas menos capacitivas. Também ocorreu uma diminuição na impedância com o aumento do tempo de imersão do aço na solução com benzotriazol, mesmo sendo uma diminuição mais discreta, como se pode observar na Figura 2.

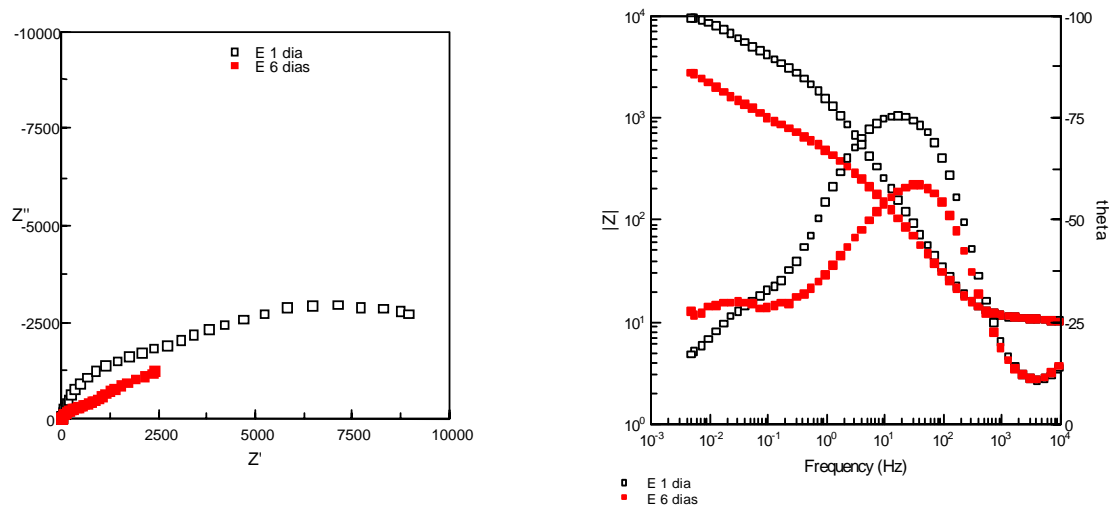


Fig. 1 – Diagramas de Nyquist (esquerda) e de Bode (direita) para o aço CA-50 em meios de água de poro com 3,5% (massa) de cloreto de sódio com adição de 0,5% (massa) de nitrito de sódio com 1 (preto) e 6 (vermelho) dias de imersão.

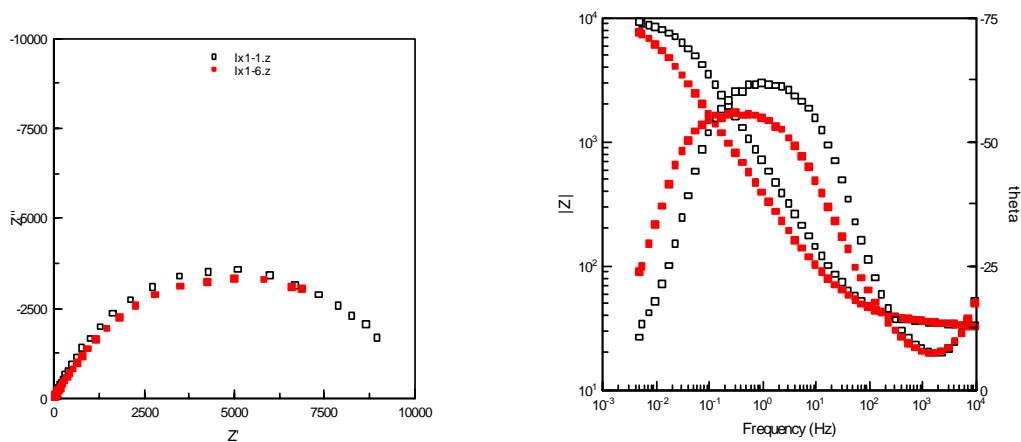


Fig. 2 – Diagramas de Nyquist (esquerda) e de Bode (direita) para o aço CA-50 em meios de água de poro com 3,5% (massa) de cloreto de sódio com adição de 0,5% (massa) de benzotriazol com 1 (preto) e 6 (vermelho) dias de imersão.

Os resultados de EIE das três soluções (a referencial, a com nitrito e a com benzotriazol) com seis dias de imersão são apresentados na Figura 3. Os diagramas de Nyquist e Bode mostram o aumento da impedância com a adição dos inibidores na solução referencial. O diagrama de Bode para o meio com cloreto indica a presença de duas constantes de tempo bem distintas, o mesmo ocorre para o meio com nitrito, enquanto o meio com benzotriazol indica apenas uma. Estes resultados sugerem a quebra da película passiva pelo cloreto, presente em altas concentrações, causando a exposição de áreas significativas do substrato. A constante de tempo a altas frequências deve estar relacionada à película remanescente na superfície do aço, enquanto aquela a baixas frequências deve-se provavelmente a processos de transferências de carga, relacionados com o substrato metálico.

Por apresentar o mesmo mecanismo, a concentração adotada de nitrito mostra-se insuficiente para cobrir a maior parte da superfície do aço. Já a concentração adotada de benzotriazol apresentou apenas uma constante de tempo, mostrando que apesar dos resultados terem indicado que o filme formado no meio contendo benzotriazol não seja suficiente para cobrir toda a superfície do aço, este predomina na maior fração da área exposta ao meio de ensaio.

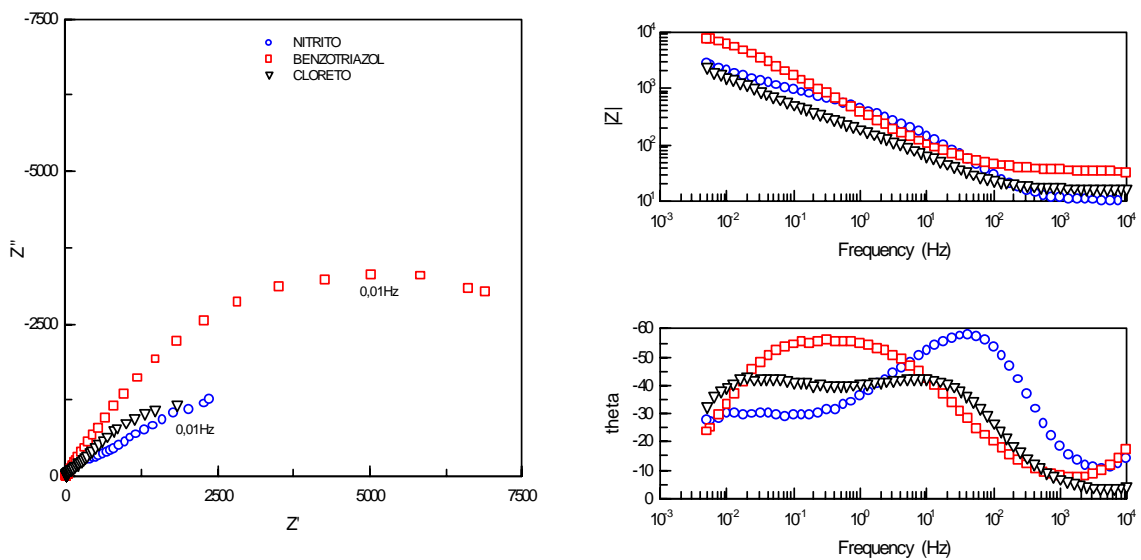


Fig. 3 – Diagramas de Nyquist (esquerda) e de Bode (direita) para o aço CA-50 em meios de água de poro com 3,5% (massa) de cloreto de sódio (meio de referência - preto), meio de referência com adição de 0,5% (massa) de nitrito de sódio (azul) e meio de referência com adição de 0,5% (massa) de benzotriazol (vermelho) com 6 dias de imersão.

A eficiência dos inibidores testados foi estimada com base nos valores de $1/|z|$ a 10mHz e também com base nos valores de i_{corr} , e os resultados são dados nas tabelas 1 e 2. Eficiência da ordem ou superior a 70% foi obtida apenas para o benzotriazol na concentração adotada. Outras concentrações dos inibidores benzotriazol e nitrito de sódio estão sendo estudadas para investigar o efeito desta na eficiência de inibição.

Tabela 1: Eficiência dos inibidores usando os valores de $1/|Z|$ na frequência de 10mHz, tirados da figura anterior.

SOLUÇÃO	$ Z $ (Ohm.cm ²)	$1/ Z $ (1/Ohm.cm ²)	EFICIÊNCIA
REFERENCIAL (Cl)	1458,5	$6,8563 \cdot 10^{-4}$	-----
NITRITO	2058,1	$4,8588 \cdot 10^{-4}$	29,1%
BENZOTRIAZOL	6007,5	$1,6645 \cdot 10^{-4}$	75,7%

Tabela 2: Eficiência dos inibidores usando os valores de i_{corr} tirados da curva de polarização.

SOLUÇÃO	E_{CORR} (V)	i_{corr} (μ A/cm ²)	EFICIÊNCIA
REFERENCIAL(Cl)	-0,78	10	-----
NITRITO	-0,71	6	40%
BENZOTRIAZOL	-0,76	1,3	87%

As curvas de polarização do aço nos diversos meios testados são apresentadas na Figura 4. Observa-se que todos os aditivos, nas quantidades adotadas, tiveram efeito inibidor na corrosão do aço em comparação ao meio sem aditivos. A menor taxa de corrosão está associada ao meio com benzotriazol, como mostrado na Tabela 2, e o maior potencial de corrosão foi obtido para o meio com nitrito, já esperado por se tratar de um inibidor anódico. Nota-se também que o principal efeito do benzotriazol foi na polarização da reação anódica.

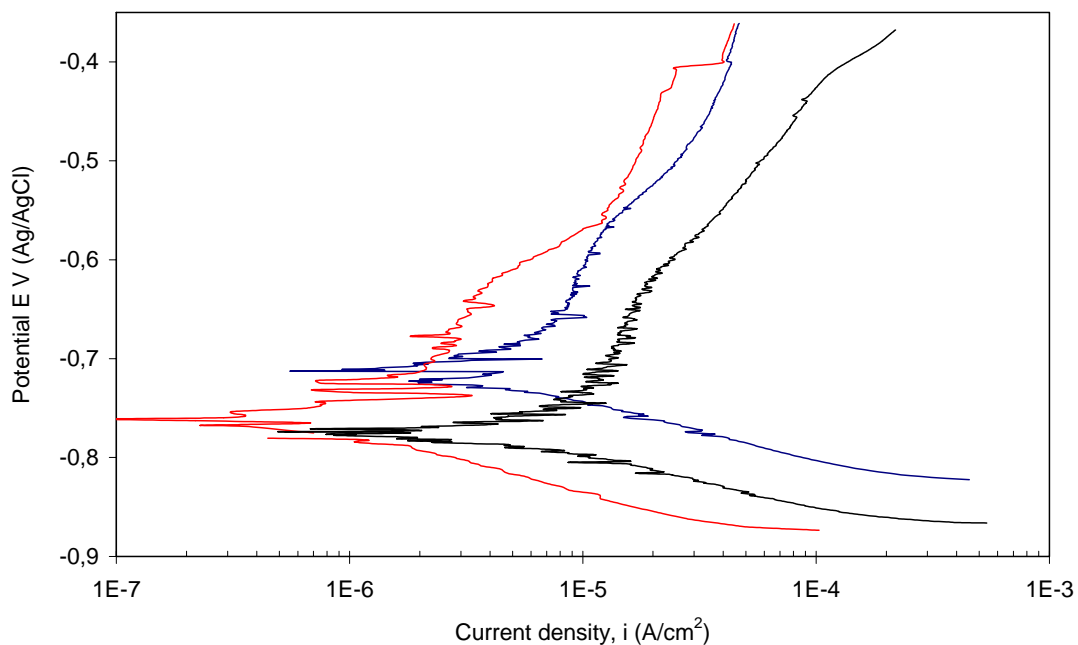


Fig. 4 – Curvas de polarização potenciodinâmica para o aço CA-50 em solução de água de poro com 3,5% de cloreto de sódio (meio de referência - preto), meio de referência com adição de 0,5% (massa) de nitrito de sódio (azul) e meio de referência com adição de 0,5% (massa) de benzotriazol (vermelho) com 6 dias de imersão.

4 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que para a concentração adotada dos aditivos nitrito de sódio e o benzotriazol, apenas o benzotriazol teve efeito inibidor de corrosão significativo para o aço CA-50, enquanto o aditivo nitrito, não se mostrou um inibidor eficiente na concentração usada. As técnicas eletroquímicas, EIE e curvas de polarização, produziram resultados que se complementaram, auxiliando na confirmação dos resultados.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AL-AMOUDI, S.B., MASLEHUDDIN M., LASHARI A.N., ALMUSSALLAM, A.A. Effectiveness of corrosion inhibitors in contaminated concrete. **CEMENT & CONCRETE COMPOSITES**. n°. 25. 2003. 439-449p.
- [2] LIMA, M. G. **Inibidores de corrosão – Avaliação da eficiência frente à corrosão de armaduras provocadas por cloretos**. 1996. 174p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [3] LIMA, R. C. **Avaliação da eficiência de inibidores de corrosão em reparos de estruturas de concreto**. 2000. 169p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [4] TRITTHART, J., BANFILL P. F. G. Nitrite binding in cement. **CEMENT AND CONCRETE RESEARCH**, n° 31, 2001. 1093-1100p.
- [5] GUEDES, I.C. **Eficiência dos inibidores de corrosão benzotriazol, n-feniltiouréia e cloreto de hexadeciltrimetil amônio quaternário para ferro puro, aço carbono e aço arbl em meio de ácido sulfúrico**. 1996. 178p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [6] TAMIL SELVI,S.; RAMAN,V.; RAJENDRAN N. Corrosion inhibition of mild steel by benzotriazole derivatives in acidic medium. **Journal of applied electrochemistry**, 33:1175-1182, 2003.
- [7] ZHANG, D.; GAO, I.; ZHOU G. Inhibition of copper corrosion in aerated hydrochloric acid solution by heterocyclic compounds containing a mercapto group. **Corrosion Science**. 46 (2004) 3031-3040.
- [8] ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini. 1992. 104p.
- [9] CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**. São Paulo: Pini. 1997. 138-152p, 165-177p, 202-218p.