

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## **Efeito inibidor dos ânions carboxilatos e benzoato na corrosão de armaduras de concreto armado**

Almeida, P.<sup>a</sup>; Silva, T.M.V<sup>b</sup>, Silva, E.F.C<sup>c</sup>, Tamborim, S.M.M.<sup>d</sup>

### ***Abstract***

The mechanism of the corrosion process in reinforced concrete depends on the corrosive environment, the materials used and the operating conditions. Many techniques have been studied to retard corrosion, these techniques can be divided into techniques for increasing the resistance of concrete to the penetration of chloride ions, or by increasing the corrosion resistance of the armor. Among these techniques, the corrosion inhibitors are a good alternative as it can be added to the concrete mass during the homogenization, which provides a homogeneous distribution of the inhibitor. In the study were used two kinds of adsorption inhibitors, the sodium benzoate and carboxylate ions. The accelerated corrosion tests show a significant decrease of the current, and reduced values of mass loss of the armor in the presence of inhibitors. Furthermore, results suggest a synergistic behavior as inhibitors when used together have higher corrosion reduction compared to using separate them.

**Keywords:** corrosion, concrete.

### **Resumo**

O mecanismo do processo corrosivo em concreto armado depende do meio corrosivo, dos materiais utilizados e das condições operacionais. Diversas técnicas têm sido estudadas para retardar a corrosão, podendo ser divididas em técnicas para aumento de resistência do concreto à penetração de íons cloreto ou pelo aumento da resistência da armadura à corrosão. Dentre estas técnicas os usos de inibidores de corrosão constituem uma boa alternativa no sentido que estes podem ser adicionados à massa do concreto durante a etapa de amassamento, o que proporciona uma distribuição homogênea do inibidor. No presente trabalho foram utilizados dois tipos de inibidores de adsorção: o benzoato de sódio e íons carboxilatos. Ensaios de corrosão acelerados mostram uma diminuição significativa da corrente, e redução nos valores de perda de massa da armadura na presença dos inibidores. Mais ainda, resultados apontam para um comportamento sinérgico pois os inibidores quando utilizados juntos apresentam maior redução da corrosão comparado ao uso separadamente.

**Palavras-chave:** corrosão, concreto.

### **Introdução**

A liga de aço utilizada em armaduras de concreto armado, a liga CA50A (1), trata-se de uma liga ferrosa e como tal apresenta ruptura da camada passiva em pH maior que 8 ou pH menor que 12 (2). Esta ruptura da camada passiva pode ocorrer pela ação local dos íons cloretos, ou

<sup>a</sup> Mestranda em engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia - Unipampa

<sup>b</sup> Graduanda em engenharia civil - Unipampa

<sup>c</sup> Graduando em engenharia agrícola, Unipampa

<sup>d</sup> PHD em ciências dos materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Unipampa

seja, a presença destes íons provoca uma dissolução pontual desta película e, dada a presença de água e oxigênio, facilita o início do processo corrosivo (2,3). Esta ruptura da camada protetora de passivação pelos cloretos gera pequenas áreas ativas, com um pH muito baixo, que funcionam como ânodo e nas quais, o metal é dissolvido e/ou corroído.

De 80 substâncias orgânicas testadas como inibidores de corrosão induzida por cloretos em barras de aço carbono em ambiente alcalino os grupos funcionais e/ou funções químicas que apresentaram bons resultados quanto a proteção contra a corrosão foram os grupamentos amínicos ou carboxílicos (4). Efeitos como a posição e número de substituintes na estrutura química, a influência dos grupos elétron-doadores e elétron-atratores, assim como o efeito do comprimento da cadeia de carbono das substâncias químicas utilizadas como inibidores da corrosão no concreto armado são fatores imprescindíveis para a diminuição da suscetibilidade à corrosão. De fato, o processo de adsorção do inibidor de corrosão sobre a barra de aço na estrutura de concreto armado é regulado pela combinação de um efeito indutivo e de ressonância na densidade de elétrons da molécula. Neste sentido, a redução dos processos corrosivos em armaduras de concreto armado a partir da utilização de benzoato de sódio ( $C_6H_5COONa$ ) e íons carboxilatos ( $-COOH$ ) na etapa de amassamento do concreto armado é proposta neste trabalho como uma alternativa de prevenção contra a corrosão.

## Metodologia

Os materiais utilizados na presente pesquisa foram:

- ✓ Cimento CPV-ARI;
- ✓ Areia (4,8mm);
- ✓ Brita (19 mm);
- ✓ Água fornecida por abastecimento local (Corsan);
- ✓ 0,5 ml de emulsão inibidora de corrosão (carboxilatos oriundos de óleo de soja)/m<sup>3</sup> de concreto;
- ✓ Benzoato de sódio;

Após a mistura dos materiais foram moldados os corpos-de-prova, de acordo com a NBR 5738 (2008), cujas relações composicionais estão mostradas na Tabela 1. As designações CP/normal, CP/Benzoato, CP/Carboxilato e CP/Benzoato/Carboxilato se referem aos traços finais ajustados mostrados na Tabela 1. Após 28 dias foram realizados os ensaios de compressão axial para teste de resistência e os ensaios de corrosão acelerada (ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada) denominado ensaio CAIM. Para os ensaios de corrosão acelerada foram confeccionados corpos-de-prova prismáticos, apresentando dimensões de 10 cm x 20 cm x 10 cm com um segmento de barra de aço (com comprimento de 15 cm) posicionado internamente, com auxílio de espaçadores de plásticos e com um fio de cobre enrolado com cerca de 45 cm para fora do corpo de prova para possibilitar o contato elétrico ao polo positivo de uma fonte de potencial em determinada voltagem e sob determinado tempo de atuação (Figura 1). O polo negativo da fonte foi conectado a um fio de cobre de grande área superficial e imerso na mesma solução de simula água do mar onde o corpo-de-prova estará mergulhado.

Para garantir que os concretos tenham alguma similaridade, se estabeleceu, como parâmetro de controle, que o abatimento de tronco de cone das misturas frescas ficasse em 120 mm  $\pm$  20 mm (NBR 7223, 1982), e que o teor de argamassa seja de 52%.

O ensaio de corrosão acelerado foi monitorado durante o tempo total de duração, sendo realizadas leituras de trinta em trinta minutos para verificar a corrente individual de cada corpo-de-prova e a voltagem total do sistema quando imersos em meio que simula ambiente marinho solução 3,5% NaCl até a altura do cobrimento dos corpos-de-prova..

Após o término do ensaio, os corpos-de-prova foram rompidos em uma prensa hidráulica e as barras retiradas. Antes de realizar a pesagem das barras, foi efetuada uma limpeza com a solução recomendada pela ASTM A380 (1996). Após limpeza as barras foram colocadas em uma estufa, a 20°C, por 45 minutos e foram pesadas para determinação da perda de massa.



Figura 1: Imagem fotográfica da etapa de moldagem dos corpos-de-prova: barra de aço enrolada ao fio de cobre com espaçadores.

Tabela 1. Traços finais ajustados dos corpos-de-prova

Tipo de traço	Cimento CPV-ARI (Kg)	Areia 4,8mm (Kg)	Brita 19 mm (Kg)	Benzoato de sódio (g)	Água (litros)	Óleo de soja (ml)	Consumo de Cimento / m <sup>3</sup> de concreto
CP/Normal	1	1,9	2,72	-	0,5	-	388kg
CP/Benzoato	1	1,9	2,72	0,86	0,5	-	388kg
CP/ Carboxilato	1	1,9	2,72	-	0,5	0,5	388kg
CP/óleo+benzoato	1	1,9	2,72	0,86	0,5	0,5	388kg

Fonte: Adaptado autor

## Resultados e discussão

O monitoramento do comportamento médio da corrente versus tempo nos corpos-de-prova denominados CP/Normal, CP/Benzoato, CP/Carboxilato e CP/Benzoato/Carboxilato mostrados na Figura 2 indicam um comportamento inibidor relativo a presença de benzoato

de sódio ( $C_6H_5COONa$ ) e carboxilato ( $-COOH$ ). O valor de corrente menor quando é utilizado junto benzoato de sódio e carboxilato são possivelmente atribuídos a um efeito sinérgico destes dois componentes quando utilizados conjuntamente na etapa de amassamento do concreto armado.

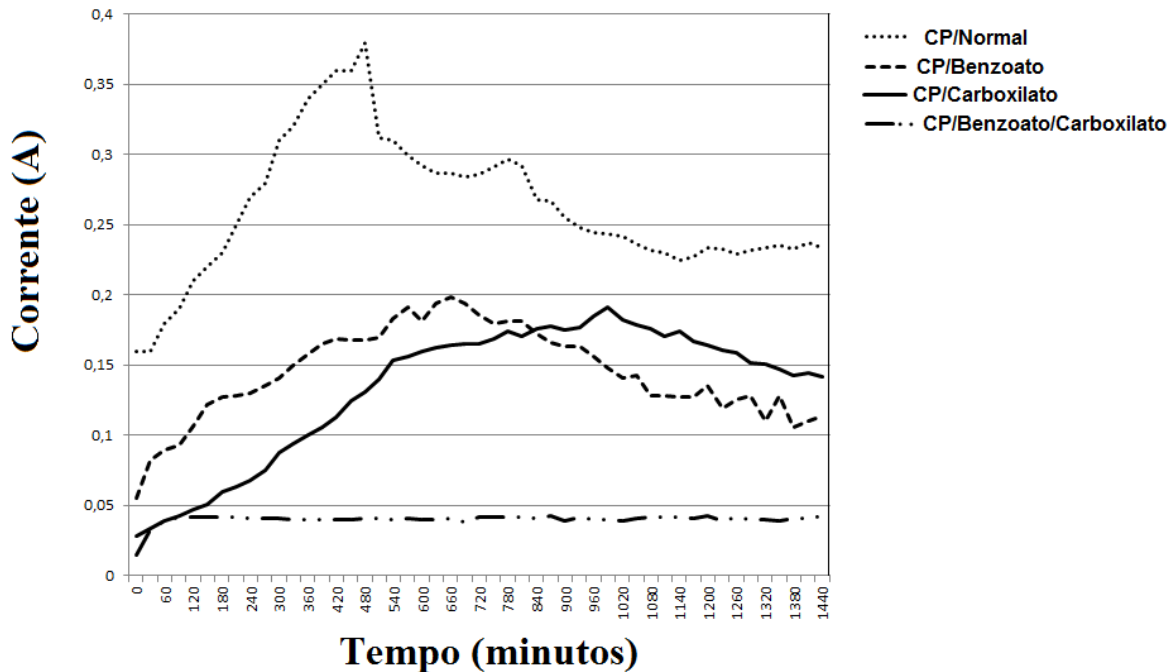


Figura 2: Comportamento médio da corrente *versus* tempo dos corpos-de-prova de concreto armado sob aplicação de 30 V por 24 horas em ambiente que simula ambiente marinho (3,5% NaCl).

As medidas de perda de massa dos ensaios de corrosão acelerada aplicando-se 30 V durante 8 horas ou 24 horas mostraram uma redução nos valores de perda de massa na presença dos inibidores comparada ao concreto sem inibidores. Este comportamento pode ser relacionado com a formação de uma película e/ou filme à base de benzoato ou carboxilato na superfície da armadura de aço propiciando uma camada barreira que minimiza o processo corrosivo conforme dados na literatura (4). O mecanismo proposto para a formação desta película e/ou filme esta mostrada na Figura 3.

Tabela 2: Porcentagem de perda de massa dos corpos-de-prova de concreto armado em ensaios de corrosão acelerada a 30V por 8 horas e 24 horas.

Corpo-de-prova	Ensaio 30 V por 8 horas Perda de massa (% peso)	Ensaio 30V por 24 horas Perda de massa (% peso)
CP/normal	0,53	1,38
CP/Benzoato	0,14	0,66
CP/carboxilato	0,30	0,97
CP/Benzoato/Carboxilato	0,26	0,77

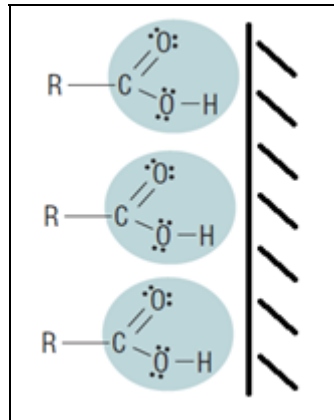


Figura 3: Ilustração do processo de adsorção do grupamento benzoato ( $R-C_6H_5$ ) ou carboxilato ( $R$ - grupamento alquil, alquenil, alquilil ou aril) sobre a estrutura da barra de aço.

### Conclusões

A redução de corrente ocasionada pela presença de benzoato e carboxilato nos corpos-de-prova de concreto armado através de ensaios de corrosão acelerados (Ensaio CAIM) é atribuída ao efeito inibidor da corrosão destes componentes sobre a armadura de aço.

Os decréscimos de perda de massa nos corpos-de-prova contendo benzoato e carboxilato além de confirmarem os resultados das curvas corrente versus tempo, nos ensaios de corrosão acelerados, indicam um processo de proteção contra a corrosão destes componentes possivelmente pela adsorção destes inibidores na superfície da armadura.

### Referências bibliográficas

- [1] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aço destinado a armadura para estruturas de concreto armado-Especificação NBR 7480. Rio de Janeiro, 2007.
- [2] - GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro : LTC, 2012, p.210
- [3] - HELENE, Paulo R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: PINI, 1986, p.127
- [4] - ORMELLESE, M.; Lazzari, L.; Goidanich, S.; Fumagalli, G.; Brenna, A. A study of organic substances as inhibitors for chloride-induced corrosion in concrete. Corrosion Science. 51 (2009) 2959–2968.
- [5] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2003.
- [6] - Annual book of ASTM Standards. Standard practice for cleaning, descaling and passivation of stainless steel parts, equipment and systems. (Revision) ASTM A 380, Philadelphia, 1996