

## INIBIDORES DE CORROSÃO DO CONCRETO: ESTUDO PROSPECTIVO

Sheyla Ferreira Lima-Coelho<sup>1,2</sup>; Abel Coelho da Silva Neto<sup>2</sup>; Jaceguai Soares da Silva<sup>1</sup>; Sônia Salgueiro Machado<sup>1</sup>; Josealdo Tonholo<sup>1</sup>; Sílvia Beatriz Beger Uchôa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Campus A. C. Simões, Maceió, AL, Brasil. (sbuchoa@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Federal de Alagoas, IFAL, Maceió, AL, Brasil.

Rec.: 06.07.2015. Ace.:25.09.2015

### RESUMO

As peças de concreto armado e estruturas metálicas tem apresentado uso crescente em aplicações residenciais e comerciais dadas as possibilidades de uso e as qualidades destes materiais, mas o concreto está sempre sujeito a sofrer com a corrosão. No caso da armadura de aço em concreto, a corrosão é sempre um processo destrutivo de natureza eletroquímica. Torna-se imprescindível a otimização de forma a reduzir a corrosão, aumentando o tempo de vida e segurança das obras que utilizam estes elementos. Esta pesquisa visa demonstrar a relevância do tema em estudo por meio da quantificação de estudos realizados, não só de cunho tecnológico, mas também científico e do levantamento das patentes depositadas nos últimos 10 anos, relacionadas aos inibidores de corrosão do concreto, identificando os países ou estados que tem se destacado nestes estudos. A pesquisa aponta China e Estados Unidos como os países com maior número de patentes depositadas. Contudo, há muito a ser explorado e uma grande diversidade de produtos que ainda podem ser desenvolvidos, considerando as particularidades de cada região.

Palavras chave: Concreto. Inibidor de Corrosão. Patentes.

### ABSTRACT

The reinforced concrete and steel structures are very useful in construction of commercial and residential building, and its use is growing fast, but the concrete is generally susceptible to suffer with corrosion. In the case of steel reinforcement in concrete, corrosion is always a destructive process of electrochemical nature that claims for solutions in order to prevent accidents and give long life to the buildings. This study aims to demonstrate the relevance of the topic under study by mapping the research done on this area, not only of technological nature, but also scientific and survey of patents over the last 10 years related to concrete corrosion inhibitors, identifying countries or regions that have been highlighted in these studies. Our search indicates China and the United States as the countries with the largest number of patents. However, there is much more to be explored and a wide variety of products that can still be developed, take in account the particular character of use in each region.

Keywords: Concrete. Corrosion Inhibitor. Patents.

Área tecnológica: Engenharias: Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Corrosão

## INTRODUÇÃO

As peças de concreto armado utilizadas nas mais diversas aplicações, seja residencial, comercial ou industrial, estão sempre sujeitas à ação da corrosão. Este fato torna o estudo da corrosão, principalmente no que diz respeito ao seu controle, fundamental para preservar a vida útil dessas estruturas, além de minimizar gastos oriundos dos processos corrosivos relativos às inspeções, substituições e reparos das peças (SANTOS FILHO, 2010). No caso da armadura de aço em concreto, a corrosão é sempre um processo destrutivo de natureza eletroquímica que ocorre como resultado da formação de pilhas ou células de corrosão em regiões diferentes de um mesmo metal, com eletrólito e diferença de potencial entre os trechos da superfície do aço.

Resultados das avaliações técnicas realizadas em países ibero-americanos mostram que o dano devido à corrosão das armaduras está entre as três primeiras causas de deterioração das estruturas de concreto (RINCÓN, 2006). Alguns autores destacam a importância do estudo do fenômeno em virtude do alto índice de problemas relacionados com a ocorrência da corrosão de armaduras no Brasil, onde grande parte das edificações está localizada na orla marítima, sujeita à ação da névoa salina com elevados teores de íons cloretos, elevada umidade relativa e temperatura que são condições propícias para acelerar a cinética do processo corrosivo (CARMONA; MAREGA, 1988, LIMA et al. 2000). Apenas no sul do Brasil, uma análise detalhada de 1512 casos de diagnósticos com diferentes patologias foi realizada por Dal Molin mostrou que a incidência de corrosão no reforço representa 40% do dano total (RINCÓN, 2006).

Os inibidores de corrosão são substâncias que, quando presentes em concentrações adequadas no meio corrosivo, possuem a capacidade de reduzir ou eliminar a corrosão. Esta inibição é feita pelo retardo da atividade da reação anódica (inibidores anódicos), catódica (inibidores catódicos), ou ambas (inibidores mistos). No caso particular do concreto, essas substâncias devem ser ativas em um meio alcalino e não devem alterar substancialmente suas propriedades físicas, químicas e mecânicas (ANDRADE, 1992; FREIRE, 2005; GENTIL, 1996; MEDEIROS et al., 2002). Um inibidor de corrosão ideal pode ser definido como um componente químico que, quando adicionado ao concreto em quantidades adequadas, pode retardar a corrosão da armadura de aço e não tem efeitos contrários às suas propriedades (HANSSON et al., 1998; SIDERIS; SAVVA, 2005).

Quanto a sua composição química, os inibidores de corrosão podem ser de natureza orgânica ou inorgânica e uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos tem sido utilizados para controlar a corrosão em diferentes meios agressivos, existindo aproximadamente 120 materiais potencialmente inibidores de corrosão em aço (RIVERA et al., 2002; BOLINA, 2008).

Os inibidores de corrosão inorgânicos mais conhecidos e mais bem estudados (desde a década de 50) são os nitritos. Nesta classe de inibidores podemos citar: nitrito de sódio, nitrito de cálcio, cloreto estanhoso, cromato de potássio, molibdato de sódio e fluorfosfato de sódio (BOLINA, 2008).

Os inibidores de corrosão orgânicos têm sido utilizados em concreto armado desde o início da década de 1990 e incluem principalmente aminas e ésteres, oferecendo proteção por meio da adsorção e formação de um filme na superfície da armadura e às vezes retardam a chegada de íons cloretos na armadura (BOLINA, 2008). Estes inibidores podem ser sintéticos ou naturais.

Os inibidores sintéticos são aqueles produzidos artificialmente. Existem no mercado algumas marcas de inibidores comerciais produzidos. Os Inibidores orgânicos naturais são feitos geralmente, a partir de partes de plantas (CRIVELARO, 2002). É crescente o número de investigações que têm sido feitas sobre o uso de substâncias naturais para a inibição da corrosão dos metais e têm atraído uma atenção considerável porque elas possuem um baixo custo, são propícias ecologicamente e não constituem uma ameaça ao ambiente (FORNAZARI et al., 2006).

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a relevância do tema em questão a partir da quantificação dos estudos realizados, não só de cunho tecnológico, mas também científico fornecendo subsídios para realização de novos estudos e realizar o levantamento das patentes depositadas nos últimos 10 anos, relacionadas aos inibidores de corrosão do concreto, identificando os países ou estados que tem se destacado nestes estudos com o intuito de facilitar a prospecção de patentes sobre este tema.

## METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi utilizado inicialmente o Portal de Periódicos da Capes para traçar um panorama geral, de cunho científico, sobre o tema abordado onde as palavras-chave foram inseridas no campo “buscar assunto”, que direciona a busca simultânea em várias bases de dados (*Science Direct*, *Scopus*, entre outros). Em seguida, para a caracterização tecnológica, utilizou-se a base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e da *World Intellectual Property Organization* (WIPO). Os termos utilizados para a pesquisa estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Palavras-chave utilizadas na busca

Palavras-chaves	Resultados por busca INPI	Resultados por busca WIPO	Resultados por busca Periódicos Capes
Corrosão	551	0	390
Corrosion	0	130.784	57.712
Corrosão and Concreto	15	0	14
Corrosion and Concrete;	0	3.142	2.626
Inibidor and Corrosão and Concreto	1	0	1
Inhibitor and Corrosion and Concrete	0	100	80

Fonte: Autoria própria, 2014.

Para as buscas no portal de periódicos da Capes foram utilizadas as palavras-chaves descritas na Tabela 1, no campo “assunto”, selecionando-se o período de tempo desejado, neste caso, os últimos 10 anos (a contar a partir de 01/01/2004).

As buscas no site do INPI foram feitas introduzindo as palavras-chave em português e em inglês no campo de pesquisa avançada e selecionando a opção de busca no resumo. As datas selecionadas foram as de depósitos, no período de 01/01/2004 à 03/07/2014.

Para as buscas no site da WIPO foi utilizada a busca avançada no resumo, utilizando as palavras-chave em inglês, levando-se em consideração apenas os documentos recuperados referentes aos últimos 10 anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

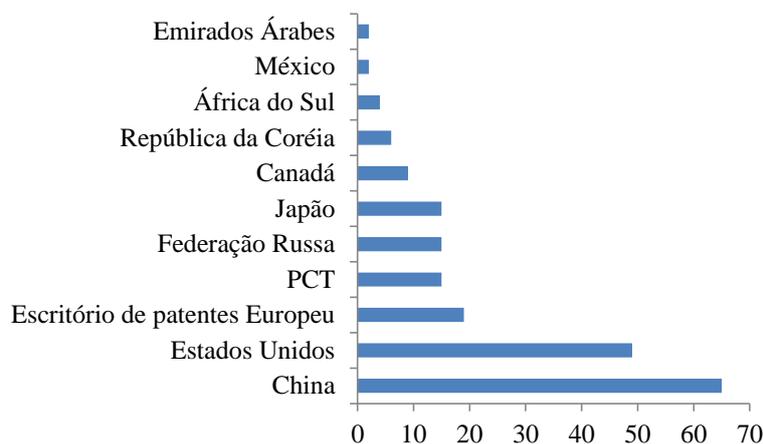
A análise dos dados encontrados no site da base de periódicos da Capes demonstrou que o tema em estudo tem um aspecto de alta relevância no campo de pesquisa científica, pois a pesquisa com a palavra-chave *corrosion* apontou um resultado igual a 57.712 itens relacionados ao assunto. Realizando uma busca refinada com a adição da palavra-chave “concrete” ao termo anterior o resultado obtido foi igual a 2.626 itens relacionados ao assunto e, por último, com o acréscimo da palavra-chave “inhibitor” ao segundo termo, o resultado final foi igual a 80.

Todavia, quando a busca é realizada usando os termos anteriores em português os resultados encontrados revelam-se bastante inferiores e iguais a, respectivamente, 390, 14 e 1, sendo que estes itens se encontram dentro dos resultados obtidos pela busca das palavras-chave em inglês. Desta forma, fica evidente a importância de se realizar a busca principalmente em língua inglesa.

A segunda etapa deste trabalho ocorreu através da busca de patentes no site do INPI. Nesta etapa também se fez uso das mesmas palavras-chaves utilizadas na pesquisa anterior. Porém, não foi recuperado nenhum documento a partir do uso dos termos em inglês. Já em português foram recuperados 551, 15 e 1 patentes para “corrosão”, “corrosão and concreto” e “corrosão and concreto and inibidor”, respectivamente. É importante destacar que a única patente recuperada utilizando os três termos da busca, no que se refere ao desenvolvimento de um inibidor de corrosão para concreto, foi depositada pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Por fim, em busca realizada no site da WIPO, foram recuperadas 130.784 patentes com o uso do termo “*corrosion*”, 3.142 com os termos “*corrosion and concrete*” e 100 patentes com os termos “*corrosion and concrete and inhibitor*”. Estes dados revelam um maior índice de depósitos de patentes em territórios internacionais, principalmente na China, nos Estados Unidos e Europa. Esta distribuição dos depósitos por países pode ser visualizada na Figura 1.

**Figura 1** - Patentes depositadas no período de 2004 a 2014, por país

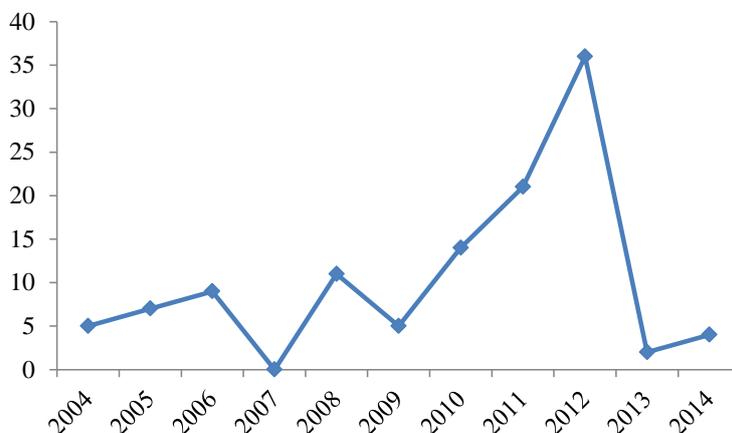


Fonte: Autoria própria, 2014.

A análise dos últimos 10 anos mostrou um índice crescente, mas não uniforme, de patentes requeridas mundialmente, com destaque para o ano de 2012, onde 36 patentes relativas ao desenvolvimento de inibidores de corrosão do concreto foram concedidas (Figura 2). Os dados referentes ao ano de 2014 ainda são incipientes, considerando que a busca foi realizada no mês de julho de 2014 e algumas patentes podem estar incluídas no período de sigilo, não figurando na busca.

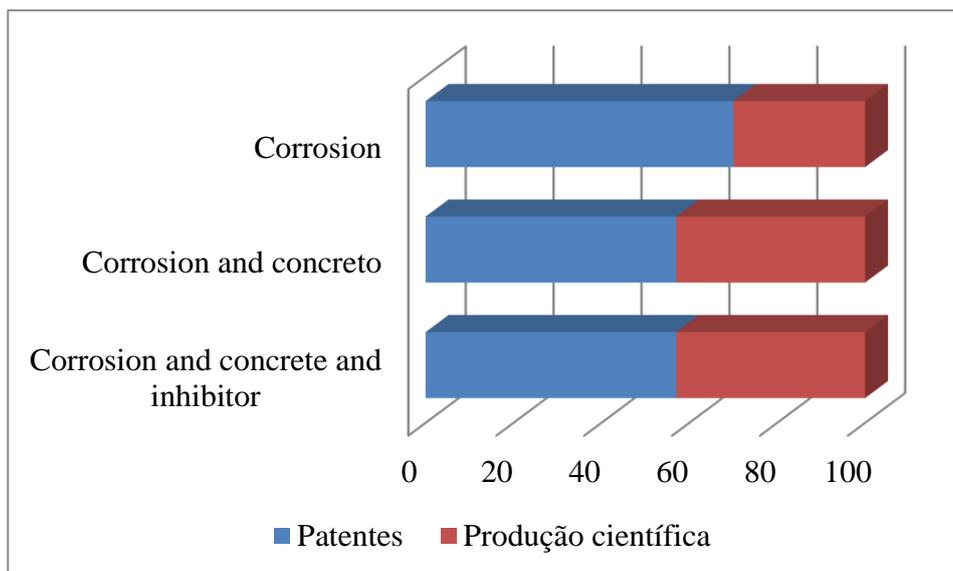
A comparação da produção científica com a produção tecnológica dos últimos 10 anos feita a partir de busca no site da base de periódicos da Capes, na revela que a busca pelo desenvolvimento de novos produtos supera a produção científica. Estes dados podem ser comparados na Figura 3.

**Figura 2** - Quantidade de patentes concedidas no período de 2004 a 2014 por ano



Fonte: Autoria própria, 2014.

**Figura 3** - Comparação percentual da produção científica com a produção tecnológica dos últimos 10 anos no mundo



Fonte: Autoria própria, 2014.

## CONCLUSÃO

Os inibidores de corrosão são substâncias de grande importância para os mais diversos campos da indústria, pois têm capacidade de reduzir ou eliminar a corrosão. Para a construção civil seu uso é primordial, pois a demanda pelo uso do concreto é de aproximadamente, 11 bilhões de toneladas por ano, sendo o concreto o material construtivo mais consumido no mundo. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que o tema é de grande importância e vem sendo cada vez mais explorado, destacando-se a China e os Estados Unidos como os países com maior número de

patentes depositadas, de acordo com a base de patentes internacional WIPO, tendo o Brasil uma pequena contribuição.

O fato de encontrarmos poucas patentes que atendam aos requisitos da busca, depositadas em território brasileiro, configura um aspecto vantajoso para investimentos em pesquisas, desenvolvimento e apropriação tecnológica nesta área no Brasil.

## PERSPECTIVAS

O campo do desenvolvimento de novas tecnologias acerca dos inibidores de corrosão tem ganho destaque na indústria internacional, porém percebe-se que os esforços voltados para o desenvolvimento de novos produtos por empresas ou empreendedores brasileiros ainda estão iniciando. Vemos que há muito a ser explorado e uma grande diversidade de produtos que ainda podem ser desenvolvidos. Estudos recentes mostram que é tendência o interesse da indústria em inibidores decorrentes de substâncias naturais, principalmente pelo seu baixo custo, por serem ecologicamente corretas e não apresentarem risco ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.; GONZÁLEZ, J.A. Tendencias actuales en la investigación sobre corrosión de armaduras. **Informes de la construcción**, v. 40, n. 398, p. 7-14, 1988.

BOLINA, C. C. **Inibidores de corrosão: avaliação do desempenho frente a corrosão do aço induzida por carbonatação e cloretos**. 2008. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Área de Materiais de Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2008.

CARMONA, F.; MAREGA, A. Retrospectiva da Patología no Brasil; Estudo Estatístico. *Colloquia* 88. Madrid, CEDEX, IET, Madrid. 1988. p.325–48.

CRIVELARO, M. **Avaliação do comportamento frente à corrosão pelo ataque de cloreto de argamassa armada após vários tratamentos protetores**. 2002. 155f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - Universidade de São Paulo (Ipen), São Paulo, SP, 2002.

DAL MOLIN, D. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. 1988. 238f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1988.

FORNAZARI, M. G.; GONÇALVES, R. S.; SPINELLI, A. Corrosão do cobre na presença de cafeína. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. XXIX. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cd29ra/resumos/T0771-1.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto**. 2005. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

GENTIL, V. **Corrosão**, 3 ed., Rio de Janeiro, ED. LTC, 1996. 584p.

HANSSON, C. M.; MAMMOLITI, L.; HOPE, B. B. Corrosion Inhibitors in Concrete - Part 1: The Principles. **Cement and Concrete Research**, v. 28, n. 12, p. 1775-1781, 1998.

LIMA, E. C.; HELENE, P. R. L.; LIMA, M. G. Avaliação da eficiência de inibidores de corrosão em reparo de estruturas de concreto. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, SP, 12p. 2001.

MEDEIROS, M. H. F.; MONTEIRO, E. B.; CARNEIRO, F. P.; JR BARKOKÉBAS, B. Utilização do nitrito de sódio como inibidor de corrosão em estruturas de concreto armado sujeitas a ação dos íons cloretos. **Revista Engenharia Civil** (Universidade do Minho), v. 15, p. 19-28, 2002.

RINCÓN, O. T. DURACON COLLABORATION. Durability of concrete structures: DURACON, an Iberoamerican project. **Preliminary results Building and Environment**. v. 41, p. 952-962, 2006.

RIVERA, L. S.; ESTRADA, A.; BENAVIDES, A.; BUENDIA-ESTRADA, A.; BENÍTEZ, J. L. Control de la corrosión de acero al carbón en ambientes de ácido sulfhídrico por 1-(2-Hidroxietil)-2-Alquilimidazolinás y sus correspondientes precursores amídicos. **Revista de la Sociedad Química de México**, v. 46, n. 4, p. 335-340, 2002.

SANTOS FILHO, M. M. **Investigação da potencialidade de um biopolímero como inibidor de corrosão do aço carbono em meio alcalino**. Monografia de Qualificação de Doutorado (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2010.

SIDERIS, K. K.; SAVVA, A. E. Durability of mixtures containing calcium nitrite based corrosion inhibitor. **Cement & Concrete Composites**, v. 27, p. 277-287, 2005.