

ONDE JÁ FOI APLICADO O VERGALHÃO GALVANIZADO POR IMERSÃO À QUENTE NO CONCRETO ARMADO?



Conheça os exemplos, mundiais e nacionais, da aplicação do vergalhão galvanizado por imersão à quente no concreto armado. É o momento de ampliar os conhecimentos desta aplicação e quebrar paradigmas do passado

RICARDO SUPLICY GOES

Gerente executivo do [ICZ – Instituto de Metais não Ferrosos](http://iczs.org.br)
ricardo.goes@iczs.org.br

ABSTRACT

Where has the hot dip galvanized rebar been applied to reinforced concrete?

This is the question that everyone, who does not know this application in depth, when they come across the corrosion solution of the steel bar for concrete reinforcement, known as rebar. In this article we will not go into the technical detail of the application, since we have already covered this topic in previous articles. Our purpose here is to show examples that this application is a world reality, including in Brazil but mainly abroad, which has already technically consecrated this application, including with standards.

RESUMO

Onde já foi aplicado o vergalhão galvanizado por imersão a quente no concreto armado?

Essa é a pergunta que todos que não conhecem a fundo esta aplicação fazem quando se deparam com a solução da corrosão da barra de aço para armadura de concreto, conhecida como vergalhão. Neste artigo não vamos entrar no detalhe técnico da aplicação, visto que já abordamos esse tema em textos anteriores. Nosso propósito, aqui, é mostrar, em exemplos, que esta aplicação é uma realidade mundial – também no Brasil, mas principalmente no exterior – que já consagrou tecnicamente a aplicação, inclusive com normas.

INTRODUÇÃO

Por mais de 50 anos, os revestimentos de zinco obtidos através de galvanização por imersão à quente têm sido usados ao redor do mundo para proteger da corrosão as barras de aço destinadas à armadura de concreto armado, de modo econômico – pois diminui o custo de manutenção – e eficaz, pelo aumento da vida útil mesmo que ocorram falhas no cobrimento do concreto. Assim, a integridade do concreto armado está garantida por mais tempo.

O uso das barras de aço para armadura de concreto galvanizada por imersão à quente, e outros acessórios (incluindo parafusos, amarras, âncoras, barras de segurança e tubulações), está amplamente generalizado em diversas estruturas e elementos de concreto reforçado.

Algumas das aplicações em que a galvanização das estruturas leva a uma decisão de engenharia rentável são as seguintes:

- Infraestrutura de transporte, incluindo pisos de pontes, pavimentos de estradas e barreiras de segurança;
- Os elementos de proteção pré-moldados leves para fachadas e outros elementos arquitetônicos de construção;
- Vigas e pilares exteriores e forjados, expostos às intempéries;
- Construções pré-fabricadas, incluindo elementos como módulos de cozinhas e banheiros e barracões móveis;
- Elementos submersos ou enterrados, sujeitos aos efeitos da água subterrânea e às flutuações das marés;
- Estruturas costeiras e marítimas;
- Estruturas de alto risco instaladas em ambientes agressivos.

Existem muitos exemplos ao redor do mundo onde as barras galvanizadas têm sido usadas com sucesso em diversos tipos de edificações, estruturas e construções de concreto reforçado, incluindo:

- Pisos e pavimentos de pontes em concreto reforçado;
- Torres de resfriamento e chaminés;
- Armazéns para armazenagem de carvão;
- Revestimentos de túneis, tanques e instalações para armazenagem de água;
- Cais, quebra-mares e plataformas marítimas;
- Marinas e ancoradouros flutuantes;
- Diques e balaustradas costeiras;
- Fábricas de papel, plantas de saneamento e tratamento de águas residuais;

- Instalações industriais e plantas de produtos químicos;
- Equipamentos, fixações para autoestradas e barreiras de proteção;
- Postes e torres de transmissão de energia feitos em concreto.

Alguns dos países que possuem estruturas importantes utilizando o vergalhão galvanizado são: Austrália, Nova Zelândia, Índia, Japão, Estados Unidos, Canadá, Londres, Itália e Holanda.

Vejam os exemplos das aplicações do vergalhão galvanizado no concreto armado.

PONTES E VIADUTOS

Ponte Route 66 - Kittanning PA (Pennsylvania) - 1973



Construída em 1973, mesmo após 30 anos de exposição a altas concentrações de cloreto não houve evidência de corrosão apesar do teor de cloreto encontrado na superfície ser 5x o limite de corrosão para a moldura nua.

Não houve necessidade de renovação do pavimento, e a nova barreira foi preenchida com concreto em torno da estrutura com moldura galvanizada existente.

Dados:

- Teor de cloreto na superfície do vergalhão: 3.0 kg/m³ – 5x o limite do vergalhão nu.
- Espessura média da camada de zinco: 247-270 μ.

New Watford Bridge - Bermudas



Construída entre as ilhas Somerset e Watford, nas Bermudas, a ponte foi erguida, em 1982, com vigas de aço estrutural galvanizadas apoiando um deck de concreto armado totalmente galvanizado.

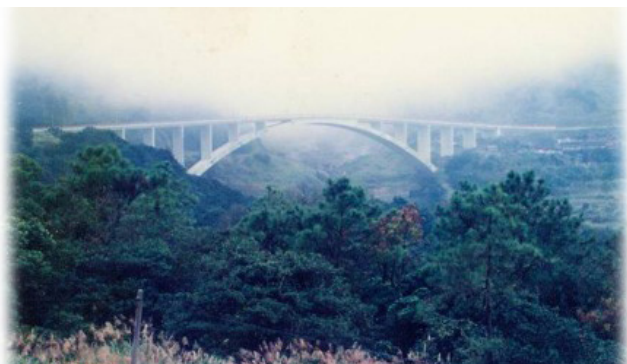
Está há 32 anos sem apresentar deterioração de corrosão das armaduras.

A Ponte Flutuante Al Maktoun - Dubai



De Dh115 m, abrange o Riacho Dubai e foi inaugurada em julho de 2007, cerca de 300 dias após o início da construção. A ponte tem 360 m de comprimento com três faixas de tráfego em ambos os sentidos. Sua capacidade é de 3.000 veículos, em cada sentido, nos períodos de pico da manhã e da tarde.

Ponte Ma Tsao, Montanha Yangming, Taipei - Taiwan



Construída em 1992 com 1.500 t de reforço de aço galvanizado.

Boca Chica, Florida Keys - EUA



Construída em 1972.

Tioga, Pennsylvania - EUA

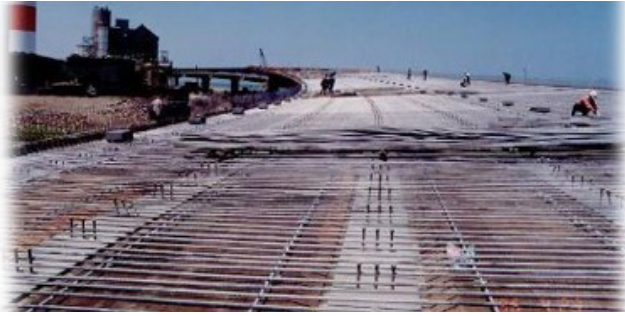


Spring Street, Vermont - EUA



Taipei - Linkou Bridge - Taiwan





A Ponte Linkou é uma ponte de viaduto de 8 pistas, 22,6 metros de largura, e 1.065 metros de comprimento, localizada em um ambiente não protegido adjacente à orla marítima na costa nordeste de Taiwan. Esta ponte, do tipo vigas, utilizou 7.300 toneladas de vigas galvanizadas de 2 metros, bem como 3.030 toneladas de reforço de aço galvanizado para fornecer proteção de corrosão a longo prazo na atmosfera carregada de sal do Estreito de Taiwan. A região experimenta ventos e tempestades de pulverização marinha predominantes.

Bridge construction - Baden Powell Drive - África do Sul

Todas as pontes sobre Baden Powell Drive, a caminho de Muizenberg, contém reforço galvanizado. O ambiente local é extremamente corrosivo com os ventos predominantes para o Sul soprando sal diretamente para as estruturas.

Ponte Road



Ponte Eisleben



Ponte Rio Strandfontein



TÚNEIS

Visando a proteção durante a construção dos túneis, a não liberação de gases tóxicos em caso de incêndio, a confiabilidade de um processo normatizado internacionalmente, a relação custo/benefício, a excelente resistência ao impacto, e a facilidade de montagem no campo, foram galvanizados pequenos equipamentos: suporte de catenárias, eletrocalhas, centenas de acessórios e suporte de cabos de iluminação (equipamentos provisórios).

Os túneis, áreas técnicas, terminais, e os acessórios (elementos permanentes) foram galvanizados por imersão à quente e pintados, posteriormente, com tinta epóxi orgânica – Sistema Duplex. Essa galvanização foi executada para uma permanência de construção (mínimo de 25 anos sem corrosão) e baixa manutenção ao longo do tempo. Outros benefícios: resistência ao impacto durante a construção; facilidade de montagem dos equipamentos definitivos, com baixo índice de retoque; reparos de manutenção no galvanizado (somente após vários anos de exposição), e excelente relação custo/benefício.

Elementos permanentes metálicos: 30.000 toneladas.





Total de equipamentos provisórios: 3.000 toneladas galvanizadas na França. Espessura mínima: 70 μm de Zn SHG (cerca de 500g/m²).

Sydney's Deepwater Ocean Outfalls

O reforço de aço galvanizado foi usado na construção de forros para três túneis de queda do oceano em North Head, Bondi e Malabar, em Sydney. Os túneis estavam escavados através de falésias costeiras e do fundo do mar a uma distância de cerca de 3 km da costa. Os túneis foram forrados com uma combinação de painéis pré-moldados e concreto insitu, todos galvanizados, reforçados para proteção de corrosão a longo prazo.



Concretando o forro do túnel



Conectores de barras mecânicas

OBRAS DE ARTE ARQUITETÔNICAS

Sydney Opera House, Sydney, Australia



O trabalho começou em 1958, e o teatro foi aberto em 1973. Conchas de concreto pré-moldadas reforçadas com malha de arame galvanizado, sem corrosão por 42 anos.

A fundação foi reformada duas vezes devido a vergalhões não revestidos.

Templo de Lótus, Índia



Vergalhão galvanizado em painéis brancos pré-fabricados.

A EXPERIÊNCIA DAS BERMUDAS: EXPOSIÇÃO MARINHA COSTEIRA SEVERA

Bermudas são um grupo de pequenas ilhas oceânicas no Noroeste do Atlântico, a cerca de 1.000 km a Leste da Carolina do Norte, EUA. As ilhas são de origem vulcânica com uma tampa de calcário de coral. O clima é subtropical

com uma umidade relativa alta, média de 80%. Nenhum ponto nas ilhas fica a mais de 1 km do mar e o spray de sal e o ar salino carregado é um desafio constante.



Durante um período de 50 anos, o Ministério das Obras e Engenharia das Bermudas especificou exclusivamente reforço galvanizado para todas as suas obras. A presença de altos níveis de cloretos, tanto do meio ambiente quanto do uso de agregados de corais na fabricação de concreto, era conhecida por ser particularmente corrosiva não só para o aço exposto, mas também para o concreto armado convencional – que muitas vezes mostrava corrosão e fragmentação dentro de 2-3 anos. Para combater isso, o reforço galvanizado tem sido amplamente utilizado em uma gama de construções concretadas até agora.

Levantamentos periódicos dessas estruturas, com cerca de 40 anos ou mais de idade, têm mostrado, consistentemente, que a galvanização de reforço fornece proteção contra corrosão a longo prazo em concreto nessas condições agressivas.

Todos os cais, quebra-mares, pisos de pontes, subestruturas e outras infraestruturas nas Bermudas são regularmente construídos com barras de aço galvanizadas. Em 1995, uma inspeção com a retirada de material do interior da Ponte Longbird, que na ocasião tinha 42 anos, revelou que as armaduras de aço galvanizadas ainda tinham a espessura do revestimento de zinco muito além dos valores da nova especificação para revestimento galvanizado por imersão à quente, mesmo com níveis de cloreto no concreto entre 3 a 9 libras/jarda cúbica (1 a 4 kg/m³). Além disso, um exame detalhado das amostras do concreto dessas estruturas revelou que os produtos resultantes da corrosão do zinco migraram para uma distância considerável (cerca de 0,4 mm) a partir da interface zinco/concreto, para o interior da matriz do concreto circundante, sem produzir nenhum efeito visível no concreto. Os estudos demonstram que, em concreto de boa qualidade e que esteja bem compactado, bem conservado e com uma espessura adequada de recobrimento,

as armaduras galvanizadas se conservam por períodos mais longos e são um método econômico de proteção à corrosão.

Em concretos de má qualidade, particularmente aqueles que contêm uma elevada proporção de água/cimento, e um recobrimento deficiente sobre a armadura, a galvanização retardará o aparecimento da corrosão do reforço provocada pela presença de cloreto, mas seus efeitos são mais limitados.

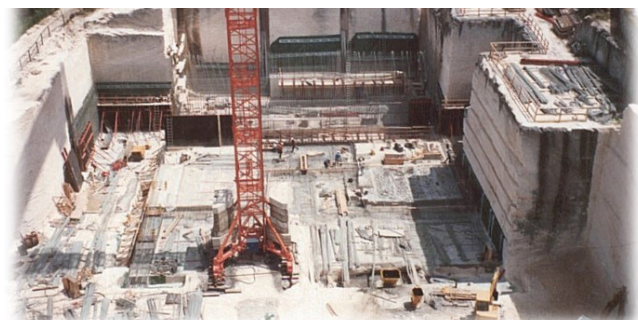


Pier no Royal Bermuda Yacht Club e Central de energia de Tynes Bay, Bermudas

Tynes Bay instalação de Tratamento de Resíduos - Bermudas

US\$ 70,5 milhões investidos nas instalações de tratamento de resíduos para energia, a Tynes Bay foi inaugurada em 1994.

Escavação e fundações para a instalação, foram usadas cerca de 3.000 t de reforço galvanizado durante toda a construção. Veja detalhes no link: www.rossgo.com/Tynes%20Bay/Incinerator.html.





Feixe de terra fortemente reforçado

A EXPERIÊNCIA NO BRASIL

**2008 - Museu Iberê Camargo - Porto Alegre/RS
- 100% em vergalhão galvanizado por imersão a quente**



2012 - Elevado da perimetral - projeto Porto Maravilha - RJ



Primeira especificação de vergalhão galvanizado para obra pública no Brasil.

2013 - MAR - Museu de Arte do Rio de Janeiro



Foram utilizadas mais de 80 toneladas de vergalhão galvanizado para o concreto armado e 37 colunas em aço galvanizado, para sustentação da laje que simula uma marola.

2017 - Instituto Moreira Sales - São Paulo, SP



100% em vergalhão galvanizado por imersão à quente.

ASPECTOS ECONÔMICOS DAS BARRAS DE AÇO PARA ARMADURA DE CONCRETO GALVANIZADA POR IMERSÃO À QUENTE

A galvanização por imersão à quente é um investimento pequeno, mas muito importante. É usada exaustivamente em todo o mundo, todos os anos, para proteger milhões de toneladas de aço contra a corrosão. A galvanização por imersão à quente é, portanto, um serviço amplamente disponível, com um custo muito competitivo em relação a outros sistemas de proteção dos vergalhões de

aço. Quando comparado ao custo total da construção ou da edificação, e aos enormes custos potenciais associados à manutenção prematura do concreto danificado ou falhas da estrutura, o custo adicional pago pela moldura galvanizada é muito pequeno e plenamente justificado.

Estudos recentes apresentaram que, considerando o custo total da obra, o aumento pela utilização de barras de aço para armadura de concreto galvanizadas por imersão à quente é da ordem de 1% a 3%.

NORMATIZAÇÃO

O ICZ está atuando junto à ABNT para a criação de uma norma de vergalhão galvanizado embebido no concreto, com base nas normas ASTM A767 e ISO 14657.

- Norma ASTM A767/A767M:2016: Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement;
- ISO 14657 – Zinc-coated steel for the reinforcement of concrete;
- ABNT NBR 16300:2016: Galvanização por imersão à quente de barras de aço para armadura de concreto armado - Requisitos e métodos de ensaio.

FONTES

- *Hot Dip Galvanized Reinforcing Steel: A Concrete Investment - International Zinc Association (IZA).*
- Catálogo Vergalhão Galvanizado: Durabilidade e segurança para sua obra – ICZ.
- Biblioteca do ICZ.