

ESTUDO DOS BENEFÍCIOS DO REVESTIMENTO POLIMÉRICO EM TANQUES DE AÇO CARBONO PARA ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS LÍQUIDOS

*

Larissa Gomes Freire¹
Manuella Vitaliano Bernardo¹
Alexandre de Araújo Bittencourt¹
Marcus Vinicius Cavalcanti¹
Ana Lúcia Feitosa¹
Karl Kristian Bagger²

Resumo

Na última década o Porto de Santos elevou muito o volume de movimentação de graneis líquidos, gerando uma alta rotatividade de estoque em tanques de armazenamento. O material mais utilizado na construção dos reservatórios de armazenamento é o aço carbono, devido ao seu menor custo em relação aos outros materiais. No entanto estes tanques sofrem degradações devido à alta taxa de salinidade atmosférica da região e suas propriedades físico-químicas. O aço carbono forma um óxido com elevado índice de porosidade, permitindo maior penetração de oxigênio e água, o que produz o Óxido de Ferro III, além de possuir também maior aderência aos produtos químicos estocados. Este trabalho propõe a aplicação de um revestimento fluopolimérico nos tanques de aço carbono e medição de sua eficácia na proteção dos tanques. Foram realizadas coletas de dados, pesquisas de campo por meio de visitas a um terminal de graneis líquidos e ensaios comparativos. Os resultados obtidos revelam que mesmo sendo um custo de medida corretiva, a aplicação de revestimento em tanques pode ser uma alternativa viável.

Palavras-chave: Aço Carbono; Corrosão; Revestimento.

STUDY OF THE BENEFITS OF POLYMERIC COATING IN CARBON STEEL TANKS FOR STORAGE OF LIQUID PRODUCTS

Abstract

In the last decade the Port of Santos increased a high volume of chemical liquids, generating a high turnover of stock in storage tanks. The most used material in the construction of storage reservoirs is carbon steel, due to its lower cost. However, these tanks usually suffer degradations faster due to the region's high atmospheric salinity and its physicochemical properties. The carbon steel forms an oxide with a high index of porosity, allowing greater penetration of oxygen and water, which produces the Iron Oxide III, besides also possessing greater adherence to the chemicals stored. This paper proposed application of a fluoropolymer coating on carbon steel tanks, and measure their effectiveness in protecting the tanks. Data were collected, field surveys through visits to liquid bulk terminal and comparative tests were performed. The data results obtained reveals that even being a cost of corrective measure, the application of coating in tanks can be a viable alternative

Keywords: Carbonsteel; Corrosion; Coating.

- ¹ *Engenheiros Produção Universidade São Judas Campus UNIMONTE (2017) Santos SP Brasil.*
- ² *Professor Orientador Trabalho de formatura Engenharia de Produção Universidade São Judas, Engenheiro de Qualidade CQE American Society For Quality (2016) Especialista em Siderurgia Escola Politecnica USP (2008), Especialização em Gestão de Recursos Humanos UNIP (2006) MBA Gestão Competitiva FIA USP (2005) Engenheiro Metalurgista e Produção (1987).*

1 INTRODUÇÃO

O setor de movimentação e armazenagem de granéis líquidos (combustíveis, óleos minerais, entre outros), obteve crescimento significativo nas exportações e importações nos últimos anos. Segundo a ANTAQ [1], houve um aumento de 8,2% em 2013. No terceiro trimestre de 2014 o valor foi 5,8% superior ao ano anterior, sendo movimentados 58,3 milhões de toneladas de granéis líquidos, 58 milhões em 2015 e 56,3 milhões em 2016.

Os tanques normalmente utilizados para o armazenamento dos granéis líquidos são de aço carbono ou inoxidável. As propriedades dos materiais e seus comportamentos estão fortemente associados tanto à composição química, quanto a sua estrutura. O aço carbono possui em sua composição apenas quantidades limitadas dos elementos Carbono, Silício, Manganês, Cobre e residuais de Enxofre e Fósforo, fazendo com que sua oxidação seja porosa, o que permite a penetração de oxigênio e água. Desta forma a oxidação continua crescendo, produzindo Óxido de Ferro III (Fe_2O_3), segundo Askeland [2]. Estes aços possuem boas características construtivas, porém não possuem alta resistência à corrosão, exigindo a criação de alternativas para aumentar sua vida útil, como revestimentos de proteção, por exemplo, pinturas e ânodo de sacrifício, que são metais utilizados em estruturas expostas a ambientes oxidantes com o objetivo de ser “sacrificado” em seu lugar [3].

O custo inicial do aço inoxidável excede o do aço carbono, pelo fato do custo de fabricação ser superior devido aos elementos de liga (Cr, Ni,). Este material apresenta propriedades físico-químicas superiores aos aços comuns, por possuir maior resistência à oxidação atmosférica, além de conferir excelente resistência mecânica. O aço inoxidável forma uma camada passiva, pois o cromo adicionado ao ferro forma uma película ao redor do material, impedindo que o metal entre em contato direto com ar e a água, o que garante maior resistência à oxidação e corrosão [2].

Os terminais portuários utilizam em sua maioria os tanques de aço carbono para o armazenamento dos granéis líquidos, devido ao menor custo em relação aos tanques de aços inoxidáveis. No entanto, o aço carbono possui menor durabilidade e devido ao maior nível de oxidação, principalmente na região da Baixada Santista, a qual tem elevado índice de agressividade atmosférica (quantidade de sais presentes na atmosfera). Outro aspecto importante é o fato de que os tanques de aço carbono tendem a apresentar residuais de determinados produtos, mesmo com a limpeza adequada, devido a sua porosidade superficial. Este fator juntamente com a mudança do índice do potencial hidrogeniônico (pH), ocasionam a corrosão mais austera.

Portanto, este projeto visa estudar os benefícios da aplicação de um revestimento polimérico nos tanques de aço carbono, como alternativa de melhoria na vida útil do material, considerando a proteção contra a corrosão.

2 DESENVOLVIMENTO

A corrosão é um fenômeno natural que ocorre a partir da transformação ou deterioração de um material, pela sua interação química ou eletroquímica com o ambiente em que está alocado, ou seja, corrosão pode ser definida de forma simplificada, como sendo a tendência do metal de reverter ao seu estado original, de menor energia, normalmente exigidos, segundo Chiaverini [4]. Ainda segundo o autor a corrosão também pode ser definida como um processo destrutivo contínuo,

que pode provocar a indisponibilidade do equipamento por perfuração, trincas e solicitações mecânicas. O grau de corrosão é classificado conforme Tabela 1 [5].

Tabela 1 - Grau de corrosão em superfície de aço carbono.

Grau A – superfície de aço com carepa de laminação ainda intacta com pouca ou nenhuma oxidação.
Grau B – superfície de aço com início de corrosão onde a carepa de laminação se desprende.
Grau C – superfície de aço onde a carepa dá lugar a oxidação pela corrosão e que possa ser removida por raspagem, com pouca formação de cavidades visíveis.
Grau D – superfície de aço onde a carepa foi eliminada pela corrosão e com formação de cavidades visíveis.

A corrosão atmosférica do aço carbono é um processo eletroquímico onde o metal envolve tanto reações químicas quanto fluxo de elétrons. O metal reage com a atmosfera formando o óxido de ferro, composto químico constituído por ferro e oxigênio. Deste processo se desprende uma crosta de óxido dura chamada de carepa [6].

2.1 Perda Por Corrosão

O estudo da corrosão é de extrema importância pelo impacto econômico, devido aos custos provocados por ela. De acordo com a EPUSP [7], o Brasil obteve custos totais, referente à corrosão entre 19 e 26 bilhões de dólares em 2005, tomando esse valor como referência, foram estimados 5 bilhões de dólares como custos evitáveis, ou seja, que poderiam ser minimizados por medidas preventivas.

2.2 Revestimento Polimérico

O processo de corrosão pode ser controlado ou reduzido através do uso de técnicas de revestimento, aumentando a vida útil das chapas de aço carbono. Os revestimentos são utilizados para as funções de proteger em relação ao ambiente que pode produzir reações corrosivas, melhorar a aparência do objeto ou para isolamento elétrico, segundo Callister [8].

Os polímeros podem se apresentar em diferentes formas e classificações, como tinta, verniz, esmalte, laca (verniz de resina) e goma-laca. Vários polímeros apresentam propriedades de baixo coeficiente de fricção e são extremamente resistentes ao ataque por um produto químico, mesmo em altas temperaturas. Um grande exemplo é que eles são empregados como revestimento em muitos utensílios de cozinha diminuindo a aderência e resistindo a temperaturas elevadas em contato com reações químicas. Um material polimérico que possui características compatíveis a aplicações como revestimento em tanques é o Politetrafluoretileno (PTFE), também conhecido como teflon. O PTFE é um termoplástico que oferece excelente combinação de propriedades químicas, elétricas, mecânicas e térmicas [8].

3 Materiais E Métodos

3.1 Ensaio (Parte experimental)

O procedimento consistiu em um ensaio de análise prática, com a finalidade de avaliar o(s) efeito(s) do aumento do ataque pelo fluido no aço carbono.

Foi proposto um ensaio comparativo para verificar o efeito da perda de massa em amostras com condições superficiais diferentes. Foram confeccionadas amostras de aço carbono e inox do mesmo material que é aplicado na construção de tanques.

As amostras com diferentes tratamentos foram submetidas à emersão em uma solução corrosiva (nafta).

3.2 Materiais e Equipamentos

Foram preparadas amostras de aço carbono e aço inox, com as dimensões abaixo. O revestimento utilizado na superfície das peças foi o *primer*, uma base de epóxi e o PTFE. Foi utilizada também uma lixa d'água para ferro, malha #80 e um pano para limpeza dos corpos de provas, conforme Tabela 2 a seguir.

Tabela 2– Relação de materiais para ensaio.

Item	Quantidade	Dimensão	Un. de medida	Materiais
1	3	0,1x01	m	Placa de aço carbono
2	1	0,1x0,1	m	Placa de aço inox
3	1	0,30x0,15x0,15	m	Protótipo tubular
4	2	-----	l	Nafta
5	1	400	ml	PTFE
6	1	350	ml	<i>Primer</i>
7	1	#80	un	Lixa
8	1	-----	un	Pano

Os equipamentos necessários para o ensaio foram: lupa telescópica; balança; capela; funil de vidro e béquer, demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Relação de equipamentos para ensaio.

Equipamentos	Tipo	Especificação
Lupa	Telescópica	Monocular Biológico Com Aumento 70 A 400x Xsp-31 - Opton
Balança	Digital de Precisão	De 0,001g a 0,5g com bandeja
Capela	Exaustão de gases	60x50x66cm 220V
Funil	Vidro	100mm liso
Béquer	Vidro	100ml de forma baixa

Os EPI's utilizados na realização do ensaio foram: luva de látex; máscara semifacial para vapores orgânicos para a fuga de H₂S e óculos de proteção de ampla visão.

Foi realizada a limpeza mecânica da superfície dos corpos de prova CARB, CPRIM e CPOLIM, em local adequado e uso de material apropriado com EPI'S próprios de

acordo com a ABNT [9] - e executada conforme a norma sueca Swedish Standards Institution [10].

3.3 Preparação das amostras e o ensaio

A preparação consistiu no corte das peças de mesmo tamanho, lixamento da superfície com lixa #80 e realizada a limpeza superficial com pano, para remover partículas de resíduo.

Os CP's (corpos de prova) foram lixados manualmente e totalmente limpos até ser obtida uma superfície brilhante. Após isso, nos corpos de prova CPRIM e CPOLIM, foi realizada a aplicação de uma camada de *primer* em *spray* à base de epóxi a uma distância entre 25 e 30 cm, formando uma película resistente, a fim de preparar e nivelar a superfície. Para tal ação utilizou-se uma luva de látex e máscara semifacial para evitar contato com a névoa tóxica.

Após 3 (três) horas de secagem, conforme recomendação do fabricante, pôde ser aplicado o spray de revestimento à base de PTFE, somente sobre o CPOLIM, sendo espalhada uniformemente sobre a superfície do metal.

As amostras com diferentes tratamentos superficiais CARB (aço carbono), CPRIM (aço carbono revestido com *primer*), CPOLIM (aço carbono revestido com *primer* e PTFE) e INOX, foram submetidas às mesmas condições de imersão em nafta no protótipo tubular, simulando os tanques de armazenamento.

4 Resultados

As amostras ficaram expostas por 840 horas em nafta e foram pesadas em intervalos de tempo definidos. Pode-se constatar que todas as amostras sofreram oxidação, pois incorporaram peso nas medições dos cinco intervalos. Após 336 horas de ensaio a amostra de aço inox atingiu o maior peso entre as amostras nesta medição, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Peso em gramas dos corpos de prova.

	PESOS EM GRAMAS (13/09/2017)	PESOS EM GRAMAS (20/09/2017)	PESOS EM GRAMAS (27/09/2017)	PESOS EM GRAMAS (04/10/2017)	PESOS EM GRAMAS (11/10/2017)	PESOS EM GRAMAS (18/10/2017)
CARB	335.382	335.392	335.400	335.412	335.438	335.447
CPRIM	328.082	328.098	328.100	328.100	328.100	328.100
CPOLIM	325.789	325.737	325.767	325.767	325.767	325.767
INOX	206.165	206.172	206.176	206.186	206.186	206.186

Em intervalos de 7 dias (168 horas), foram observadas e pesadas para verificação das condições de cada CP, nível de ataque superficial, pesagem e observação. As medidas obtidas foram plotadas no gráfico, conforme FIGURA 1.

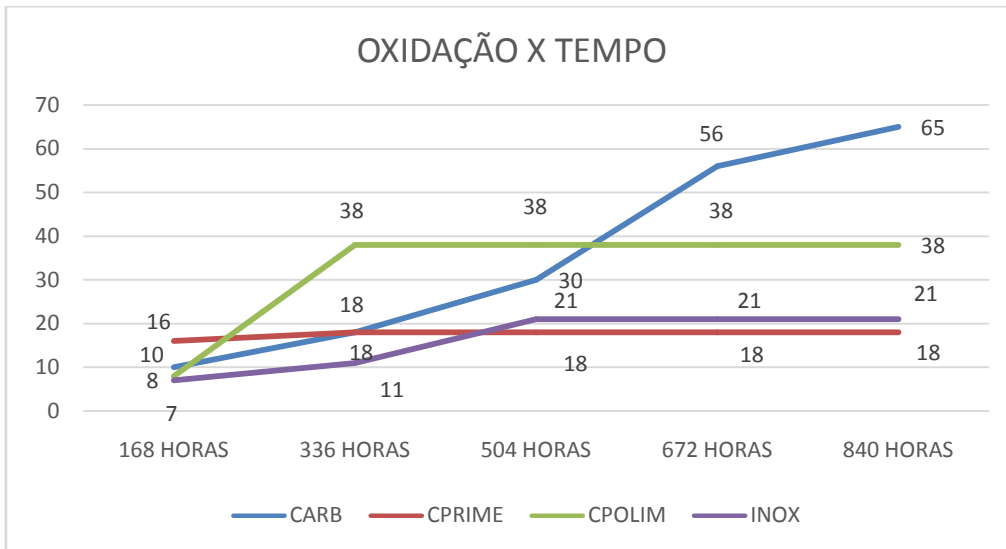


Figura 1 - Gráfico de oxidação em função do tempo.

Observou-se que houve um aumento crescente no peso de CARB. Isto se deve ao fato de que o aço carbono possui uma oxidação porosa leve, permitindo posteriores penetrações de oxigênio e água, que se enquadra no grau A de corrosão conforme tabela 1. Em segundo momento, inicia-se um processo contínuo de oxidação, em que coloca o CARB no Grau B de corrosão, atingindo 17,20% de incremento, o qual fica notório pela criação de carepas na superfície deste CP.

É possível verificar que o CARB e o CPRIME tem os maiores índices de oxidação, enquanto o INOX e CPOLIM tem os menores. Observa-se ainda que a porcentagem de aumento de massa do CPOLIM é significativamente menor que as demais, o que comprova que o revestimento com PTFE é uma excelente alternativa para proteção à corrosão, conforme mostra a Figura 2.

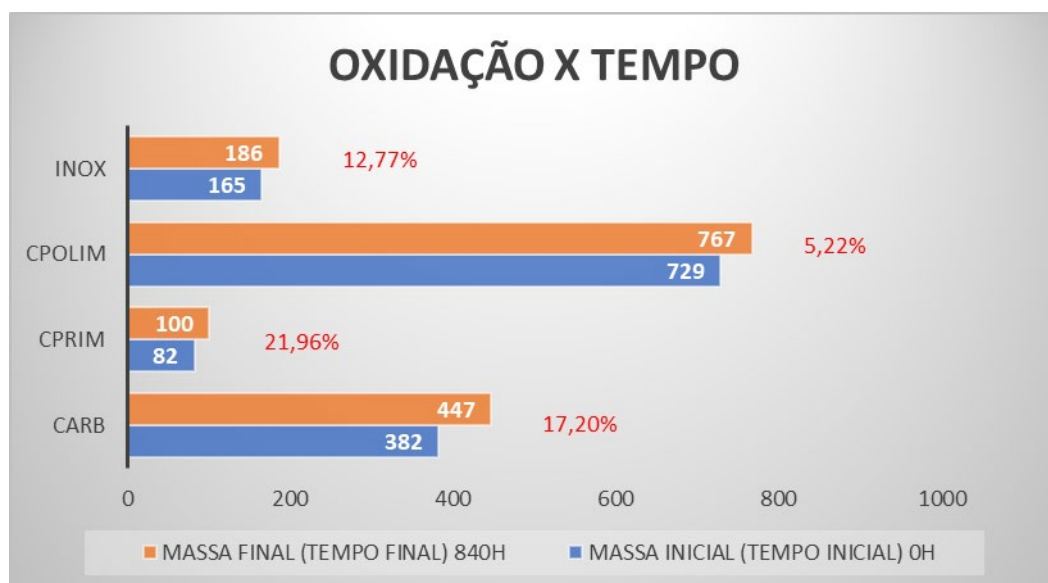


Figura 2 - Gráfico de aumento de massa dos CP's.

Depois do lixamento da superfície realizado após 840 horas de experimento, foi analisada a perda de massa efetiva no CARB, por meio de uma comparação com o valor da massa inicial e final.

Notou-se uma perda considerável, para um pequeno espaço de tempo e curta exposição em banho químico por meio de submersão em nafta.

A partir dos dados obtidos foi traçado um perfil de redução em gráfico para comparação dessa perda, conforme Figura 3.

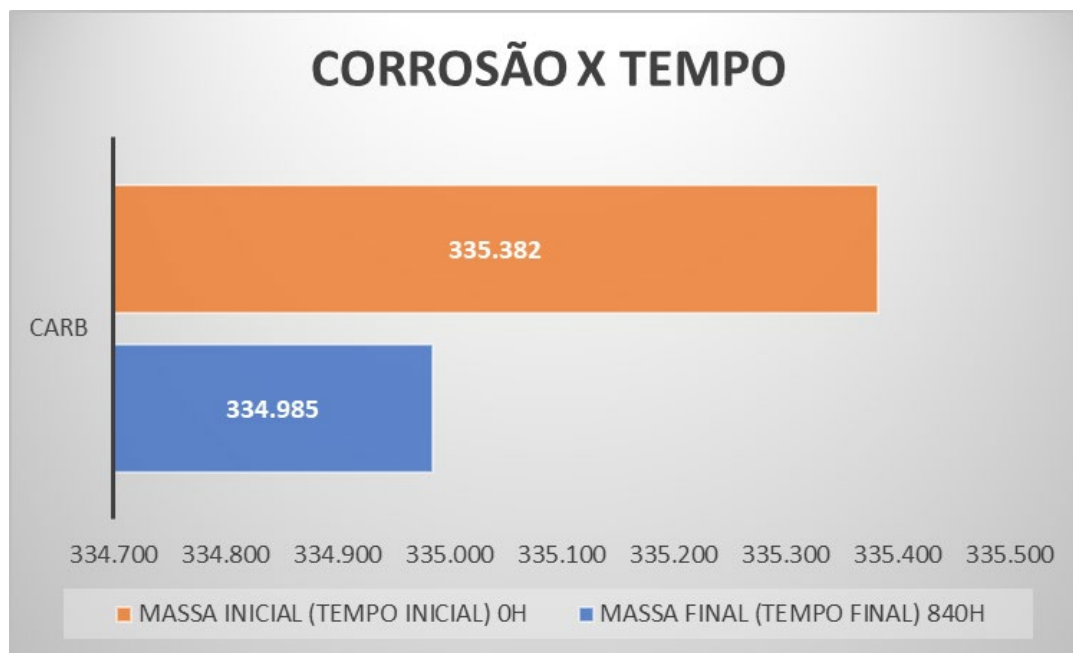


Figura 3– Gráfico de redução de massa do CARB.

Os ensaios realizados comprovam que o revestimento dos tanques com PTFE pode reduzir de forma significativa o desgaste por corrosão. O CPOLIM teve uma oxidação de 5,22%, enquanto o CARB 17,20%, gerando uma perda de massa de 0,118% em 840 horas de ensaio. Esta é uma perda significativa, considerando o tempo e grau de exposição à ambiente corrosivo.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada neste projeto propôs o estudo da corrosão, o que é de fundamental importância em virtude do impacto econômico referente aos custos provocados por ela. Diante deste cenário, propôs-se o estudo do uso do revestimento PTFE em tanques de aço carbono, a fim de, conferir-lhes maior resistência à corrosão, tornando-os mais duráveis e menos aderentes aos produtos químicos neles armazenados.

Desta forma é significativa a alternativa desse estudo, pois se utiliza de uma problemática existente nas empresas do setor, a fim de propor uma solução de proteção à corrosão, bem como de prolongamento da vida útil dos tanques de aço carbono.

REFERÊNCIAS

- 1 ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários- Boletins, 2018. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/boletins/>>. Acesso em: 14 de junho de 2018.
- 2 Askeland DR, Phulé PP. Ciência e engenharia dos materiais. 594p. São Paulo: Cengage Learning. 2008.
- 3 Domingos FP, M.Sc. - Princípios de Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndios. Artigo em PDF. 2007.
- 4 Chiaverini, Vicente. Tecnologia mecânica. 2. Ed. – São Paulo: McGrawHill. 1986.
- 5 WEG S.A – Manual de Preparação de Superfície. Disponível em: <<ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-preparacao-de-superficie-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em 11 de outubro de 2017.
- 6 Marques P., Modenesi P., Santos D. - Introdução à Metalurgia Da Soldagem - Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Belo Horizonte. Artigo em PDF. 2012.
- 7 EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Corrosão e degradação dos materiais, 2008. Disponível em: <[file:///C:/Users/51314141/Downloads/2008\(07\)-A15-ICME-Vida-Materiais.pdf](file:///C:/Users/51314141/Downloads/2008(07)-A15-ICME-Vida-Materiais.pdf)>. Acesso em 12 de novembro de 2015.
- 8 Callister WD., Rethwisch, DG. – Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. – 8ª edição. Editora LTC, Rio de Janeiro. 1991.
- 9 ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 13245- Execução de pinturas em edificações não industriais – Elaboração. Rio de Janeiro: junho de 1995. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/argalit/massa_corrida_acrilica.pdf>. Acesso em 09 de dezembro de 2017.
- 10 SIS 05 5900-1988 – Norma sueca Swedish Standards Institution - Padrões Visuais de Preparação de superfície de aços. Artigo em PDF. 1998.