
CORROSÃO EM GUARDA-CORPOS DE AÇO CARBONO NÃO REVESTIDOS, EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Sonia Braunstein Faldini*

Walt J. S. Alves**

Leila Figueiredo de Miranda***

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar a corrosão de guarda-corpos numa Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). A ETE escolhida foi a de Barueri (Grande São Paulo) por estar operando há quase vinte anos e ter guarda-corpos com sérios problemas de corrosão. Os danos causados aos guarda-corpos sem proteção de camada de zinco foram ilustrados por meio de um experimento laboratorial de corrosão por imersão de corpos de prova de aço carbono SAE1010 em um efluente retirado no ponto de entrada da ETE. Medidas de perda de massa acompanharam os resultados desse experimento. Os resultados obtidos indicam que a peça parcialmente imersa apresentou uma perda de massa e uma velocidade de corrosão (mm/ano) superior à da peça totalmente imersa, isto é, a perda de massa da primeira é cerca de 2,2 vezes maior que a perda de massa da segunda. Também se verificou que o produto da corrosão do aço carbono atua como agente clarificante.

Palavras-chave: Guarda-corpo, Estação de Tratamento de Esgotos, corrosão.

* Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

** Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

*** Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

1 INTRODUÇÃO

Guarda-corpos são elementos construtivos de proteção para bordas de sacadas, rampas, mezaninos e passarelas. Podem ser de chapas de vidro, chapas metálicas, perfis metálicos ou de qualquer outro material conforme a norma NBR 14718 (ABNT, 2001).

Guarda-corpos fabricados com aço carbono SAE 1010 podem estar sujeitos a deterioração causada pela interação físico-química entre o material metálico e o seu meio operacional. As alterações verificadas são prejudiciais e indesejáveis, tornando os guarda-corpos inadequados para o uso. Para evitar esses problemas, os guarda-corpos podem ser pintados com tintas alquídicas que proporcionam proteção anticorrosiva e embelezamento. O processo de pintura deve ser executado após uma limpeza eficiente da superfície, retirando impurezas como graxas, óleos e óxidos. O mesmo procedimento deve ser seguido quando se pintam novamente peças que têm seus revestimentos danificados. Erros no tratamento prévio da superfície e na aplicação da tinta podem resultar em defeitos, como bolhas e falta de aderência da tinta. Como consequência, há destacamento da camada de tinta, exposição do substrato ao meio agressivo e sua corrosão (SABESP, 2001a).

Uma solução ao problema e que permite minimizar o ataque corrosivo do substrato é a sua zincagem seguida de pintura com tintas anticorrosivas. Esse tratamento duplo aumenta o tempo de proteção do aço (SABESP, 2001b). A zincagem de peças de aço carbono constitui-se num método eficaz para evitar o contato do substrato metálico com o meio agressivo (ABNT, 2007). Estruturas metálicas geralmente são zincadas por imersão a quente. Nesse método, após a imersão das peças num banho de zinco líquido, formam-se compostos intermetálicos zinco-ferro a partir do substrato de aço e uma camada mais externa de zinco puro. A espessura e a composição dessa camada dependem de parâmetros como tempo de imersão e íons presentes no zinco líquido, entre outros (LIMA, 2007; PANOSSIAN, 2002; ABNT, 1990). Apesar de o próprio zinco sofrer corrosão em contato com o meio ambiente, ele é usado como revestimento protetor. O zinco se oxida preferencialmente evitando a corrosão do substrato de aço, bem como a perda de suas propriedades mecânicas. O tempo de proteção depende da camada de zinco e da agressividade do meio (GENTIL, 2007; PANOSSIAN, 1993).

Na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri (Grande São Paulo), verificou-se um alto nível de corrosão dos guarda-corpos. Na Figura 1, tem-se a fotografia de guarda-corpos de aço carbono instalados nessa Estação de Tratamento de Esgotos que aparentemente não apresentavam danos à pintura. Entretanto, havia alguns pontos de ferrugem, sendo um deles indicado pela seta. Na Figura 2, podem-se visualizar guar-

da-corpos apresentando ferrugem em várias regiões onde a pintura foi danificada. Em todos os guarda-corpos inspecionados, não houve indícios da presença de uma camada prévia à base de zinco.



Figura 1 Guarda-corpos pintados (Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri).

Fonte: Acervo dos autores.



Figura 2 Guarda-corpos com ferrugem e perda parcial da tinta protetora.

Fonte: Acervo dos autores.

Com a finalidade de estudar as prováveis causas da corrosão dos guarda-corpos da ETE de Barueri, analisou-se o efeito corrosivo do efluente dessa ETE sobre o material dos guarda-corpos, o aço SAE 1010, isento de qualquer proteção (camada de zinco e tinta). Como a corrosão dos guarda-corpos, mostrada na Figura 2, pode ter sido causada por respingos de efluente e/ou pelo próprio ambiente poluído, foram realizados testes por imersão no efluente e ao ar na proximidade do efluente (ASTM G31-72, 1985).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização deste estudo, utilizaram-se tubos de aço SAE 1010 de procedência da ETE de Barueri, sem camada de zinco e sem revestimento à base de tinta. As dimensões dos tubos foram: diâmetro interno igual a 46 mm, diâmetro externo igual a 51 mm e altura de 200 mm. O efluente utilizado foi coletado no ponto de entrada do esgoto da ETE Barueri, com pH ao redor de 6, sólidos em suspensão e composição característica de efluentes coletados nessa região (a composição não foi fornecida). Neste estudo, utilizaram-se também balança analítica, copos béquer de 600 mL, fio de náilon e tripé.

2.2 Métodos

Utilizaram-se os tubos de aço SAE 1010 para a obtenção de anéis que foram cortados com diâmetro interno igual a 46 mm, diâmetro externo igual a 51 mm e altura igual a 5,7 mm. A área de cada anel foi igual a 2.500 mm², valor previsto na Norma ASTM G31-72 (1985). Em seguida, cada anel foi lixado com uma lixa de granulometria 50 mesh para retirar os cantos vivos e proceder à sua limpeza. Na Figura 3, é apresentado o sistema, antes da adição do efluente.



Figura 3 Esquema de montagem antes da adição do esgoto.

Fonte: Acervo dos autores.

Na sequência dos experimentos, procedeu-se à adição do esgoto bruto, obedecendo à seguinte disposição: no béquer 1, a amostra foi totalmente imersa, e, no béquer

2, apenas metade do anel foi imersa, conforme mostra a Figura 4. Essa disposição permitiu verificar o efeito do contato direto do esgoto bruto sobre o anel de aço 1010 sem nenhuma proteção (béquer 1) e o efeito combinado esgoto bruto (imersão total) e meio ambiente (béquer 2).



Figura 4 Esquema de montagem depois da adição do esgoto.

Fonte: Acervo dos autores.

O ensaio consistiu em manter os anéis, previamente pesados, imersos durante 80 dias. No decorrer desse período, os conjuntos anel-esgoto foram inspecionados para verificar a possível formação de ferrugem. Decorridos 80 dias, determinou-se a perda de massa de ambos os anéis limpos e secos, tomando o cuidado de retirar apenas a ferrugem formada no período de imersão. Ao longo do experimento, foram asseguradas as condições de temperatura do ambiente ($\approx 23\text{ }^{\circ}\text{C}$) e o volume do béquer foi mantido constante, conforme determina a Norma ASTM G1-81 (1985).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação visual

A formação de ferrugem nos anéis imersos ocorreu gradativamente durante o período de imersão. Após os 80 dias, verificou-se que o anel completamente imerso tinha toda a sua superfície recoberta por uma espessa camada de ferrugem, enquanto, no anel parcialmente imerso, essa camada estava presente apenas na metade imersa, com alguns pontos de ferrugem na metade exposta ao ar (figuras 5, 6 e 7).



Figura 5 Estado das amostras após 80 dias imersas no esgoto.

Fonte: Acervo dos autores.



Figura 6 Anel totalmente imerso retirado do béquer, após 80 dias imerso no esgoto.

Fonte: Acervo dos autores.



Figura 7 Anel parcialmente imerso retirado do béquer, após 80 dias imerso no esgoto.

Fonte: Acervo dos autores.

Como havia ferrugem, pode-se afirmar que ocorreu transformação do ferro metálico dos anéis em óxidos de ferro. A reação verificada é uma reação de oxidorredução, com o ferro se oxidando (semirreação de oxidação) e o oxigênio dissolvido e/ou espécies oxidantes presentes no esgoto se reduzindo (semirreação de redução).

Também se observou que, no início do ensaio (Figura 4), o efluente tinha aspecto turvo, enquanto, ao final dos 80 dias, ele estava praticamente livre de partículas em suspensão, porém tinha um abundante depósito de cor marrom-alaranjada (Figura 5). Essa clarificação de esgotos geralmente ocorre após um processo de coagulação/floculação das partículas coloidais e dos sólidos em suspensão em razão da adição de sulfato de alumínio e/ou de sais de ferro III. Os íons Al^{3+} ou Fe^{3+} neutralizam as cargas elétricas das partículas, provocando ligações químicas e absorção das cargas superficiais presentes, o que facilita sua floculação (DA SILVA, 2002).

O fato de não haver adição de sulfato de alumínio durante o ensaio sugere que a coagulação foi o resultado da corrosão do aço que inicialmente se oxida a Fe^{2+} e este a Fe^{3+} em presença de oxigênio (RAMOS, 2010). Como o objeto deste estudo era verificar a intensidade da corrosão do aço dos guarda-corpos, em presença do esgoto, nenhuma análise química foi feita que pudesse confirmar a presença de Fe^{3+} e sua concentração no decorrer dos 80 dias.

3.2 Perda de massa

A perda de massa por unidade de área foi calculada para ambos os casos, considerando apenas a área imersa. Os valores de perda de massa por unidade de área (mdd) e a velocidade de corrosão calculada em mm ao ano (mm/ano), considerando uma densidade de $7,874 \text{ g/cm}^3$ para o aço, são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1

Resultados obtidos após 80 dias de imersão no esgoto

Amostra	Perda de massa (mdd*)	Velocidade de corrosão (mm/ano)
Totalmente imersa	13,8	0,0637
Parcialmente imersa	30,8	0,143

* mdd = $\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{dia})$.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados indicam que a peça parcialmente imersa apresentou uma perda de massa e de velocidade de corrosão (mm/ano) superior à da peça totalmente imersa, isto é, a perda de massa da primeira é cerca 2,2 vezes maior que a perda de massa da segunda. Essa diferença nos valores de perda de massa não era esperada, pois as peças

foram imersas no mesmo efluente e a concentração de oxigênio dissolvido por unidade de área (do anel de aço) era praticamente a mesma em ambas as situações. Uma análise desses resultados sugere que o mecanismo de corrosão é diferente. Assim, no caso da peça parcialmente imersa, além da oxidação resultante da imersão, o aumento na velocidade de corrosão pode ser devido à formação de uma pilha de aeração diferencial, com redução do oxigênio na região aérea (região não imersa). Visto que a perda de massa foi obtida considerando apenas o período total do ensaio, seria interessante realizar ensaios de perda de massa em intervalos mais curtos, a fim de permitir uma melhor avaliação do processo corrosivo.

4 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu chegar às conclusões apresentadas a seguir:

- O ambiente poluído de uma estação de tratamentos de efluentes favorece a corrosão de guarda-corpos de aço carbono SAE 1010.
- Aço carbono SAE 1010, parcialmente imerso num efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, tem uma perda de massa e de velocidade de corrosão superior ao mesmo aço imerso totalmente. O contato do oxigênio do ar com a parte aérea do anel é responsável por esse aumento da corrosão, e o mecanismo é de corrosão por aeração diferencial.
- Com as medidas de perda de massa obtidas após 80 dias de imersão, seria interessante realizar essas medidas em tempos mais curtos. Também seria interessante verificar o efeito do oxigênio dissolvido no esgoto sobre a velocidade de corrosão.
- Independentemente de a imersão do corpo de prova ser parcial ou total, o produto da corrosão do aço carbono atua como agente clarificante, isto é, favorece a floculação e a decantação dos sólidos em suspensão. Com base no observado, seria necessário continuar este estudo para obter um melhor entendimento do efeito dos produtos de corrosão na clarificação do esgoto.

CORROSION GUARD RAILS UNCOATED CARBON STEEL IN A SEWAGE TREATMENT PLANT

Abstract

The goal was to study the corrosion of guard rails in Sewage Treatment Plant. The Sewage Treatment Plant in Barueri (São Paulo) was chosen, to be operated for almost

twenty years and have guard rails with serious corrosion problems. A laboratory experiment illustrate damage to guard rails without zinc coating. For this purpose immersion corrosion test were performed with carbon steel 1010 (SAE) immersed in a tributary, taken at the entry point of the sewage treatment plant. Weight loss tests were also done. Results show that the sample partially immersed has a larger mass loss and corrosion rate (mm/year) than specimen entirely immersed. The weight loss of the first sample is 2.2 times the weight loss of the second sample. We also found that the corrosion product act as a clarifying agent.

Keywords: Guard rails, Sewage Treatment Plant, corrosion.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 7414. *Zincagem por imersão a quente*. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. NBR 14718. *Guarda-corpos para edificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. NBR 6323. *Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido – Especificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASTM G31-72. *Teste de corrosão laboratorial por imersão dos metais*. 1985.

ASTM G1-81. *Preparação, limpeza e avaliação para testes de corrosão em amostras*. 1985.

DA SILVA, J. D. *Monitoramento da geração de líquidos percolados em instalações experimentais pelo método do balanço hídrico*. 2002. Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GENTIL, V. *Corrosão*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

LIMA, G. *Influência da adição de diferentes concentrações de bismuto, níquel, estanho e alumínio sobre a espessura de camada, resistência a corrosão e brilho nos revestimentos galvanizados*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)—Universidade de Santa Catarina, Joinville, 2007.

PANOSSIAN, Z. *Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993. 2 v.

_____. *Proteção contra corrosão atmosférica do aço por meio de revestimentos metálicos de zinco, de alumínio e de ligas de zincoalumínio*. In: CORROSIÓN Y PROTECCIÓN DE METALES EN LÁS ATMÓSFERAS DE IBEROAMÉRICA, Parte II – Protección Anticorrosiva de metales em lãs atmosferas de Iberoamerica (RED TEMÁTICA PATINA, XV.D/CYTED). Madrid, 2002. p. 253-268.

RAMOS, J. B. E. Estudo da viabilidade técnica dos processos de georremediação e oxidação úmida para tratamento de percolados de aterros sanitários (*Chorume da ETP-Muribeca: um estudo de caso*). *HOLOS*, v. 26, n. 2, p. 42-45, 2010.

SABESP. NORMA TÉCNICA 149. *Esquema de pintura para equipamentos e materiais aço-carbono ou ferro fundido, pintado e sujeitos a ambientes úmidos e quimicamente agressivos*. São Paulo: Sabesp, 2001a.

_____. NORMA TÉCNICA 145. *Esquema de pintura para equipamentos e materiais metálicos não ferrosos e sujeitos à umidade frequente*. São Paulo: Sabesp, 2001b.

Contato

Sonia Braunstein Faldini
e-mail: sonia.faldini@mackenzie.br