

INFLUÊNCIA DE DOIS DIFERENTES AMBIENTES DE EXPOSIÇÃO NA TAXA DE CORROSÃO DO AÇO ESTRUTURAL ASTM A572 GRAU 50*

Rubson Mação Camporez¹

Athos Rhein Martins¹

Sandro Mauro de Carvalho²

Marcelo Camargo Severo Macedo³

Temístocles de Souza Luz⁴

Resumo

Estudos recentes indicam que o gasto devido à corrosão nos USA giram em torno de 276 bilhões de dólares por ano, isto significa 3,1% do PIB deste país, tendo a corrosão atmosférica uma importante parcela deste montante. Muitos estudos foram realizados a fim de determinar a agressividade da atmosfera e avaliar os efeitos da corrosão atmosférica nos metais usados para aplicações estruturais. Este artigo tem como objetivo comparar dois ambientes em termos de severidade da atmosfera, assim como sua influência na degradação do aço estrutural ASTM A-572 Grau 50. Toma-se como cenário a planta industrial da Medabil Sistemas Construtivos, localizada em Serra, região metropolitana de Vitória/ES. O estudo foi realizado por meio de monitoramento de perda de massa de amostras expostas deste material e comparação dos resultados com os obtidos através do teste padrão proposto pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM G116, 1999), *Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic*.

Palavras-chave: Corrosão atmosférica, ASTM A572 GRAU 50, Wire-on-Bolt.

INFLUENCE OF TWO DIFFERENT ENVIRONMENTS AT THE CORROSION RATE OF STRUCTURAL STEEL ASTM A572 GRADE 50

Abstract

Recent survey have indicated a significative cost loss due to corrosion in the USA, this amount is around 276 billion dollars per year, this means 3.1% of the GDP of this country, and atmospheric corrosion a significant portion of this amount. Many studies have been conducted in order to determine the aggressiveness of the environment and to evaluate the effects of atmospheric corrosion of metals used for structural applications. This article aims compare two environments in terms of severity of the atmosphere as well influence on the degradation of structural steel ASTM A-572 Grade 50. Medabil Building Systems, located in Serra, metropolitan area Vitória / ES was the source of this present paper. The study was performed at the exposed specimens, the weight was monitored and the results were compared with those obtained through the pattern proposed by the American Society for Testing and Materials (ASTM G116, 1999), Wire-on-Bolt Test for atmospheric Galvanic.

Keywords: *Atmospheric corrosion, ASTM A572, Wire-on-Bolt.*

¹ Aluno Engenharia Mecânica, Universidade Faesa, Vitória, ES, Brasil.

² Engenheiro Mecânico Msc., Professor, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Faesa, Vitória, ES, Brasil.

³ Engenheiro Mecânico Dr., Professor, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico Dr., Professor, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Em inventário realizado, em agosto de 2014, na planta industrial da Medabil Sistemas Construtivos, contabilizou-se que cerca cinquenta por cento do estoque total de perfis laminados da unidade, o equivalente a mil e trezentas toneladas, possuía grau de corrosão D, que é o grau máximo segundo a norma de preparação de superfícies para aplicação de tintas, ISO 8501-1. Haja vista a corrosão alveolar apresentada e a perda de espessura em certos casos, este material está impedido de ser processado, o que representa custos de forma direta e indireta para a companhia.

Tendo em vista perdas com desvios de aplicação, atrasos devido ao estado superficial não conforme, o que requer novos detalhamentos de projeto, altos volumes de matéria-prima segregada e a falta de parâmetros relativos a deterioração do material, este estudo torna-se útil no que tange ao conhecimento do comportamento deste aço em diferentes condições de armazenagem, assim como a evolução da taxa de corrosão.

No intuito de se determinar influência da corrosão atmosférica no aço ASTM A-572 Grau 50 em diferentes meios de armazenamento foram expostos de março a novembro do presente ano corpos de prova em dois meios (coberto e não coberto), sendo que a cada intervalo de 90 dias foram retiradas de ambos ambientes de exposição amostras para verificação da taxa de corrosão. Para validar os resultados foi realizado teste padronizado para medir a corrosividade dos ambientes coberto e não coberto, o *CLIMAT test* conforme norma ASTM G116-99.

Estas informações podem adquirir cunho estratégico, no que tange ao tempo máximo de exposição deste material, tendo em vista que a qualidade mínima requerida para os processos produtivos pode ser comprometida com perdas de espessura maiores que dois milímetros, parâmetro utilizado pelo setor de engenharia da companhia para realizar novos detalhamentos de projeto.

São também de grande importância no que se refere à compra de matéria-prima, planejamento e adequação do material oxidado nos processos produtivos evitando desvios de aplicação devido a um estado superficial não conforme e atendimento às exigências dos clientes. Além de ser um estudo voltado especificamente à realidade da empresa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram preparadas amostras do aço ASTM A-572 GRAU 50. As amostras foram submetidas à exposição em ambiente externo, sem cobertura e ambiente fabril, com cobertura durante nove meses, de março a novembro de dois mil e quatorze.

Para calcular a taxa de corrosão do aço ASTM A-572 Grau 50 foram preparadas amostras de superfície retangular para cada ambiente, as amostras foram retiradas da alma de um perfil estrutural 'I' de bitola W150 x 13. Objetivando atingir as dimensões desejadas, estas foram preparadas no laboratório de materiais da FAESA, onde foi realizado lixamento manual da superfície e corte a frio das mesmas com disco de corte metalográfico com resfriamento contínuo buscando não provocar alterações térmicas que por ventura causariam alterações nas características do material.

Após a preparação em laboratório a área média da superfície de exposição foi de 715,93 mm², peso médio de 23,1027 g e espessura média de 4,0 mm, as amostras foram levadas aos respectivos ambientes de exposição (Figura 1).

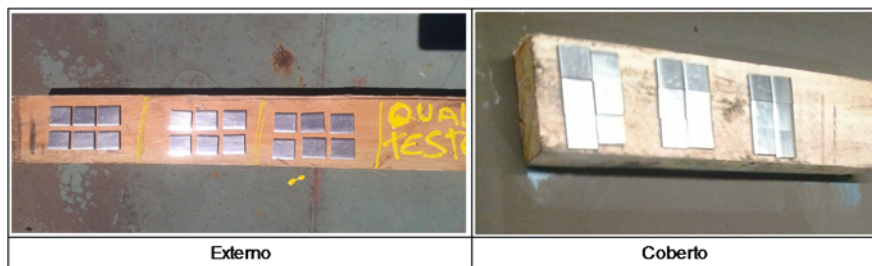


Figura 1. Amostras preparadas para exposição.

As amostras do ambiente não coberto foram expostas sobre o container do setor de recebimento de matéria-prima, no pátio de expedição e as amostras do ambiente coberto foram expostas sobre o container do setor de administração de fábrica, no ambiente fabril.

Completados os intervalos de exposição de noventa dias, os grupos de seis amostras em seus respectivos ambientes de exposição foram retirados para limpeza, determinação da perda de massa e taxa de corrosão de acordo com a *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2011). Que tem em seu escopo métodos de remoção de produtos de corrosão pós-testes e certa ênfase no que se refere a procedimentos de avaliação de danos da corrosão por perda de massa.

Para remoção dos produtos da corrosão foi escolhido método de limpeza química conforme procedimento padrão ASTM G1-03. Foi utilizada solução composta de 200g de hidróxido de sódio (NaOH), 20g de zinco granulado e 1000 mL de água deionizada. Durante a imersão a temperatura foi mantida numa faixa entre 80 e 90°C.

Com objetivo de remover os produtos da corrosão de forma que haja o mínimo de dissolução do metal de base, foram realizados consecutivos ciclos de limpeza que consiste na imersão de uma amostra durante diferentes tempos e posterior pesagem até que se atinja uma variação de massa pouco significativa entre os ciclos. Após este procedimento foi definido tempo ideal de quarenta minutos de imersão precedido de uma escovação não metálica sobre a superfície oxidada das amostras. Paralelamente, foram preparados materiais para testes de caracterização da corrosividade dos meios externo e fabril (*Wire-on-bolt test*) que foram expostos nos respectivos ambientes durante noventa dias de acordo com os parâmetros da *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2010) (Figura 2).

A fim de avaliar a corrosão atmosférica nos ambientes estudados por meio da técnica *Wire-on-Bolt*, um material anódico (fio) foi enrolado a um catodo (parafuso) e colocado em exposição. Nas montagens de ambos ambientes foram usados como anodo alumínio 1100. Para o catodo foram usados aço 1010 e cobre CA110, o primeiro monitora o ambiente marinho (Al-Fe) e o segundo monitora o ambiente industrial (Al-Cu).



Figura 2. Wire-on-Bolt antes e após 90 dias de exposição.

Para estudar a corrosão atmosférica de forma a desconsiderar o efeito galvânico entre catodo e anodo, foi colocado em conjunto um parafuso de nylon enrolado com o mesmo fio de alumínio.

Os parafusos e fios foram desengorduradas antes da montagem. A massa dos fios foi medido com uma precisão de 0,0001g, a fim de identificar a massa exata enrolada em torno do parafuso.

No final do período de exposição, as amostras foram desmontadas, bem como os produtos de corrosão foram removidos dos fios de acordo com métodos convencionais sugeridos pela ASTM e a perda de massa do fio de alumínio foi determinada.

A perda de massa percebida nos fios de alumínio, expressa como porcentagem, após noventa dias de exposição nos ambientes externo e coberto é chamada índice de corrosão (*corrosion index*). Esse dado é usado para classificar as diferentes atmosferas nas categorias marinha (ICM), industrial (ICI) e atmosférica (ICA) em face dos resultados obtidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Amostras ASTM A-572 Grau 50

Após a realização dos procedimentos de limpeza química das amostras ficou evidente o aspecto de corrosão alveolar, conforme Figura 3. A determinação da taxa de corrosão nos ambientes coberto e externo encontra-se resumida na Tabela 1

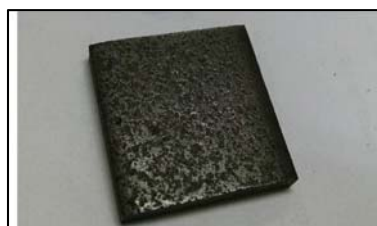


Figura 3. Corrosão alveolar

Tabela 1. Resultados obtidos de variação de massa e taxa de corrosão nos ambientes estudados

TEMPO DE EXPOSIÇÃO (MESES)	AMBIENTE COBERTO		AMBIENTE EXTERNO	
	Variação de massa (g)	Taxa de corrosão [mm/ano]	Variação de massa (g)	Taxa de corrosão [mm/ano]
3	-0,98	-0,73	-1,21	-0,83
6	-0,88	-0,34	-1,45	-0,51
9	-0,64	-0,15	-1,84	-0,43

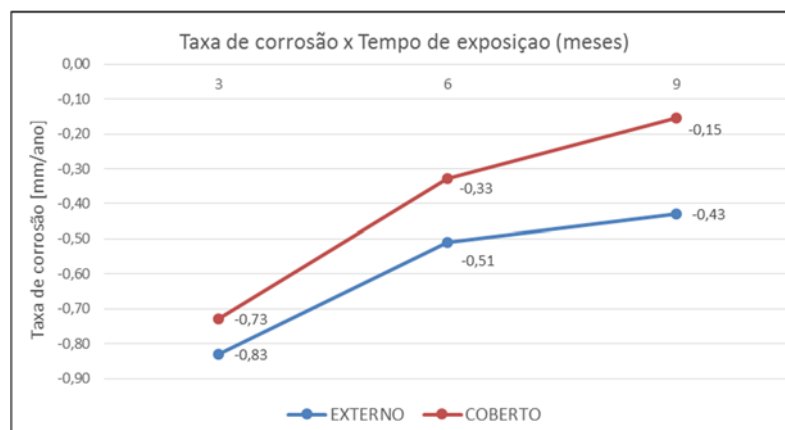
Analisando as médias das taxas de corrosão assim como a perda de massa, pode-se observar uma maior agressividade do ambiente externo.

A partir das taxas de deterioração trimestrais apresentadas na Tabela 1, estima-se na Tabela 2 a possível deterioração mensal do material e sua deterioração em milímetros nos períodos de exposição. Pode-se observar o respectivo decaimento desta perda ao longo dos meses estudados.

Tabela 2. Deterioração mensal do aço ASTM A-752 nos respectivos períodos e ambientes estudados

TEMPO DE EXPOSIÇÃO (MESES)	AMBIENTE COBERTO		AMBIENTE EXTERNO	
	Taxa de corrosão [mm/mês]	Deterioração [mm]	Taxa de corrosão [mm/mês]	Deterioração [mm]
3	-0,06083	-0,18250	-0,069167	-0,20750
6	-0,02724	-0,08172	-0,042500	-0,12750
9	-0,01277	-0,03832	-0,035833	-0,10750
	TOTAL	-0,30254	TOTAL	-0,44250

A Figura 4 mostra o comparativo entre as taxas de corrosão do aço ASTM A-572 Grau 50 para os respectivos ambientes estudados.

**Figura 4.** Comparativo entre as taxas de corrosão dos ambientes estudados

O período inicial de exposição apresenta maiores valores para taxa de corrosão nos dois ambientes estudados, pode-se atribuir este comportamento aos ciclos iniciais de molhagem e secagem, este processo produz filme óxido protetivo sobre a superfície do aço que atua de maneira protetiva.

Com o passar dos meses a camada de óxido vai se tornando mais espessa, o que contribui de maneira significativa para queda gradual da taxa de corrosão atmosférica durante o período, mas não atribui o valor a zero devido a outros fatores extrínsecos.

A Figura 5 apresenta as amostras sendo retiradas após nove meses de exposição: do lado esquerdo as amostras do ambiente coberto e do lado direito da figura as amostras do ambiente externo, percebeu-se a camada do filme protetivo nas amostras dos dois ambientes e, em particular, uma espessa camada de particulado escuro nas amostras do ambiente fabril (coberto).



Figura 5. Amostras expostas nos dois ambientes após nove meses de exposição

3.2 Climat Test

Os resultados obtidos no *wire-on-bolt test* confirmam a maior severidade da corrosão atmosférica no ambiente externo no que se refere aos índices de corrosão marinha (ICM) e índice de corrosão atmosférica (ICA), este último, obtido por meio da perda de massa do alumínio montado sobre a haste do material inerte, se apresenta cerca de dez vezes maior no ambiente externo, ao passo que no ambiente coberto pode-se considerar o efeito desprezível.

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos para os índices de corrosão nos ambientes externo e interno.

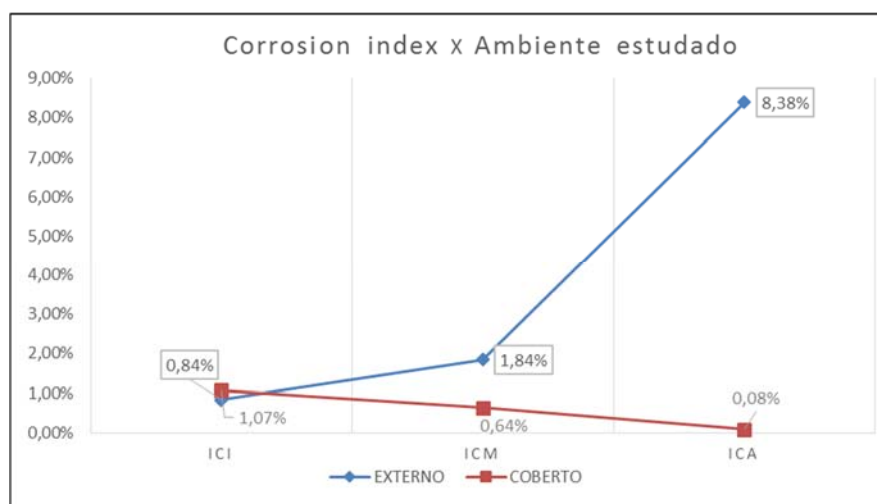


Figura 6. Índice de corrosão observado nos ambientes estudados

Observa-se uma leve superioridade no índice de corrosividade industrial (ICI) no ambiente fabril. A grande concentração de máquinas e equipamentos utilizados no processo de fabricação, bem como a movimentação de vigas oriundas do ambiente externo para serem fabricadas geram uma grande concentração de particulado sólido suspenso neste ambiente.

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista a compatibilidade dos resultados das taxas de corrosão em conjunto com os índices de corrosão dos dois ambientes avaliados obtidos pelo *wire-on-bolt test*. Os resultados alcançados por meio deste estudo sugerem que a metodologia adotada é válida para o estudo da influência da corrosão atmosférica nos dois ambientes.

A metodologia aplicada no estudo de caso resultou em um diagnóstico que identificou maior agressividade do ambiente externo que é o ambiente atual de armazenamento do aço ASTM A-572 Grau 50. Comparando as taxas de corrosão das amostras ao final de nove meses a taxa de corrosão das amostras expostas ao ambiente externo foi 65% maior que a taxa de corrosão das amostras alocadas em ambiente coberto. Esta severidade foi confirmada pelo *CLIMAT test* através dos índices de corrosividade industrial e atmosférica, tendo este último apresentado uma maior influência.

Em face do limite de deterioração superficial máximo de 2 mm estipulado pelo setor de engenharia da companhia e a partir das taxas de corrosão trimestrais apresentadas na Tabela 1 e deterioração do material durante o período de análise, contido na Tabela 2, o período de exposição adotado neste estudo não apresenta danos que causem perdas significativas que venham a ocasionar modificações de projeto.

A fim de iniciar a tendência de melhoria contínua sugere-se a necessidade de investimento e recursos por parte da empresa para construção de uma cobertura no setor de armazenamento de perfil laminado, haja vista que a análise de perda de espessura dos perfis feito pela companhia é uma medida relativa em face da grande quantidade de material dormente.

REFERÊNCIAS

- 1 ASM. American Society for Metals – Corrosion: Handbook Volume 13. Estados Unidos, 1987.
- 2 ASTM A 572-07. Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel. Estados Unidos, 2007.
- 3 ASTM G1-03. Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. Estados Unidos, 2003.
- 4 ASTM G 116-99. Standard Practice for Conducting Wire on Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion. Estados Unidos, 2010.