

INVESTIGAÇÃO DA CORROSIVIDADE DO ENSAIO DE NÉVOA SALINA SEGUNDO NORMA ISO 9227

D. O. Souza¹; N. P. Hammel¹; W. I. A. Santos²; A. H. Ramirez²; N. Rojo¹; I. Costa²

¹ Equilam Industria e Comercio Ltda.

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

ABSTRACT

Chambers used for salt spray tests are designed to allow control of the factors that influence corrosion. The aim of these tests is to replicate the results that occur in real atmospheric conditions. However, the large range of aspects that contribute to atmospheric corrosion does not permit an accurate reproduction of the climatic exposure. Small variations in the chamber calibration can mask the results. Consequently, it is of great importance to ensure the corrosivity validation of the chamber. The aim of this work is to evaluate the aggressiveness of a salt spray chamber according to ISO 9227:2006. Eighteen coupons of 1008 carbon steel (CR4-ISO 3574) were prepared with dimensions of 150 mm x 70 mm x 1 mm. These were positioned in six different regions inside a salt spray chamber. The salt solution was prepared at a concentration of 5% NaCl and pH ranging from 6.5 to 7.2. The test was carried out for 48 hours. After this period, the weight loss of the coupons per square meter was calculated, and the mean and standard deviation were estimated. According to ISO 9227:2006 standard, for test validation, the mean weight loss and standard deviation has to be $(70 \pm 20) \text{ g/m}^2$. The weight loss results obtained ranged from 66.26 to 79.31 g/m^2 , validating the corrosivity of the chamber used.

RESUMO

Câmaras de névoa salina são projetadas para reproduzir os resultados que ocorrem nas condições reais de intemperismo. Entretanto, o leque enorme de fatores atmosféricos que contribuem com a corrosão não permite uma reprodução precisa da exposição natural. Pequenas variações na calibração do equipamento podem mascarar os resultados. Portanto, é de grande importância garantir a validação da câmara quanto à sua corrosividade. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a corrosividade de uma câmara de névoa salina segundo norma ISO 9227:2006. Foram preparados 18 corpos-de-prova de aço carbono 1008 (grau CR4-ISO 3574) nas dimensões 150 mm x 70 mm x 1 mm, dispostas em 6 regiões diferentes de uma câmara de ensaio acelerado. A solução salina foi preparada com concentração de 5% de NaCl e pH variando de 6,5 a 7,2. O ensaio teve duração de 48 horas. Após este tempo, a perda de massa por metro quadrado das amostras foi calculada. De acordo com a norma ISO 9227:2006, para que o ensaio seja validado, a câmara deve apresentar perda de massa de $70 \pm 20 \text{ g/m}^2$. Os resultados obtidos mostraram valores de perda de massa que variaram de 66,26 g/m^2 a 79,31 g/m^2 , validando a câmara utilizada.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de névoa salina neutra para avaliação de revestimentos protetores aplicados sobre superfícies metálicas foi proposta em meados da década de 1910; mas, somente 25 anos depois, o ensaio foi normalizado como ASTM B 117[3]. Neste ensaio, os corpos-de-prova são expostos a uma névoa salina contínua cuja composição corresponde a 5% (em massa) de cloreto de sódio (NaCl), à temperatura de 35 °C.

A complexidade e os diferentes fatores que atuam durante exposição atmosférica tornam a avaliação antecipada do desempenho e do comportamento de materiais metálicos (com ou sem revestimentos), uma tarefa difícil. Tal avaliação é feita utilizando uma elevada quantidade de ensaios laboratoriais, onde a maior parte é executada em câmaras fechadas, nas quais os corpos-de-prova são expostos a névoas salinas de diferentes concentrações e composições. Ensaios conduzidos em câmaras fechadas, onde é possível controlar as condições de exposição, têm como objetivo permitir o controle dos fatores que influenciam na corrosão. Entretanto, o ensaio de névoa salina sempre foi alvo de várias críticas de muitos pesquisadores, devido à falta de correlação com resultados obtidos por ensaios de intemperismo natural (exposição real). Mesmo assim, a norma ASTM B 117 é usada como padrão de ensaio de corrosão em superfícies pintadas, revestimentos metálicos e componentes elétricos. A utilização deste ensaio não tem como objetivo a reprodução do mecanismo de corrosão que o material sofre em exposição a uma atmosfera natural, mas detectar revestimentos com propriedades inadequadas ou componentes de qualidade inferior, de procedências ou lotes diferentes [2,3].

As indústrias automobilísticas, militares, eletrônicas, de revestimentos, entre outras, sentem a necessidade de ensaios específicos de laboratório que incluam fatores importantes não considerados na norma ASTM B 117, a saber: ciclos de secagem e de umidificação, variações de temperatura, outras espécies agressivas além do cloreto, como sulfato e amônia, radiação ultravioleta, entre outros. Na verdade, reproduzir todos os fatores agressivos e condições atmosféricas reais às quais os materiais estão sujeitos, é praticamente impossível. Porém, os requisitos mínimos necessários, para que um ensaio seja considerado válido e adequado, são: (1) produzir resultados em um tempo relativamente curto e que se correlacionem com os de exposição ao intemperismo natural; (2) ser válido para vários materiais e condições; (3) ser reprodutível em câmaras e em outros ambientes de teste; e (4) ser de fácil execução, sem a necessidade de operadores especializados e equipamentos de custos altíssimos. Foi com base nesses requisitos mínimos que as indústrias e as associações normativas iniciaram a tarefa de criar novas normas com especificações particulares, o que, conseqüentemente, levou à necessidade de inovações tecnológicas no que diz respeito ao desenvolvimento de câmaras para ensaios cíclicos de corrosão [1,4-10].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material usado na confecção dos corpos-de-prova com dimensões de 1,06x1000x3000mm foi extraído de uma bobina de aço carbono laminado a frio, com qualidade e propriedades físicas, químicas e mecânicas conforme norma **NBR 5915-EEP**. Esta corresponde à norma **ISO 3574/2008** citada na norma **ISO 9227/2006**. Foram confeccionados corpos-de-prova com dimensões de 150x70x1,06 mm segundo item **5.2.1** da norma **ISO 9227/2006**. A câmara de ensaio utilizada foi configurada inicialmente a fim de atender aos parâmetros exigidos pelas normas **ASTM B 117/2009**, **ISO 9227/2006** e **ABNT NBR 8094/1983**, descritos no procedimento **PR 5.4 REV. 08**. A amostra foi identificada como **EQ N°226** e foram separados 24 corpos-de-prova para serem ensaiados em 7 etapas distintas conforme a Tabela 1.

A disposição dos corpos-de-prova (CPS) no interior da câmara de névoa salina para a realização dos ensaios é mostrada nas Figuras 1 e 2. A solução de teste foi preparada misturando (50±5) g de NaCl em 1L de água destilada/deionizada (condutividade máxima de 20 µS/cm). O pH final desta solução preparada deve estar entre 6 e 7.

Tabela 1. Identificação dos corpos-de-prova, região de posicionamento na câmara e período de ensaio..

AMOSTRA	Região	Início de ensaio	Termino de ensaio
EQ N ^o 102-1	1	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-2		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-3		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-4	2	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-5		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-6		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-7	3	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-8		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-9		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-10	4	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-11		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-12		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-13	5	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-14		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-15		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-16	6	12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-17		12/04/2011	14/04/2011
EQ N ^o 102-18		12/04/2011	14/04/2011

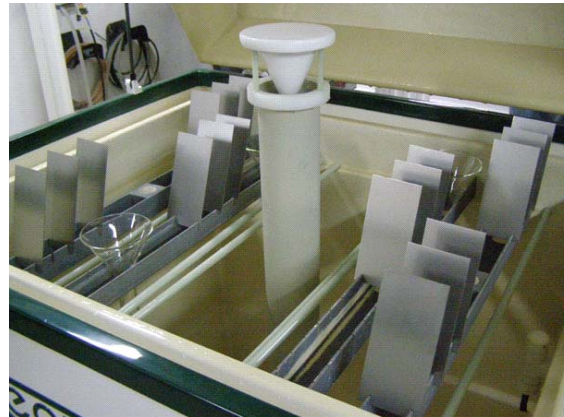


Figura 1. Disposição dos corpos-de-prova na câmara de névoa salina.

Para a realização dos ensaios, os seguintes equipamentos foram utilizados: câmara de névoa salina - Modelo SS 600e; N^o de Série 005032011, Medidor de pH Jenco - Modelo 6209, N^o de Série JC 10019 (Certificado de Calibração: N^o FQ-1692/11), Medidor de Condutividade Analion - Modelo C 708, N^o de Série Z 5271 (Certificados de Calibração: N^o FQ-1690/11; FQ-1691/11), Coletores de Névoa Equilam - Tipo Funil, N^o de Série 06 10.07.007; 07 10.07.007; 103 12.11.10 (Certificados de Calibração: N^o 569/08; 570/08; 898/10), Balança

Analítica Chio - Modelo JL 180, N° de Série 01012003 (certificado de calibração RBC 4148/10), Paquímetro Digital Digimess - Modelo S/ N°. (certificado de calibração D 10712/09).

Os corpos-de-prova foram expostos à névoa salina neutra por um período de 48 horas, sendo ao final do período de exposição lavados em água deionizada e, em seguida, efetuada a limpeza química, pesagem, determinação da área de exposição e determinação da perda de massa em função da área exposta.

Os parâmetros de ensaio seguiram as especificações das normas ASTM B117/2009, ISO 9227/2006 e ABNT NBR 8094/1983, complementadas por nosso procedimento PR 5.4 REV. 08. O ensaio teve início em 12/04/2011 e término em 14/04/2011.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de massa dos corpos-de-prova em função da área foi calculada, após o ensaio de corrosão acelerada (névoa salina), a fim de se obter informação sobre a agressividade da câmara. Os resultados são mostrados na Tabela 2. É possível observar nesta tabela que a perda de massa dos diferentes CPs é muito similar, portanto, a câmara apresenta corrosividade homogênea no seu interior.

Tabela 2. Parâmetros medidos no ensaio de verificação da agressividade da câmara de névoa salina.

Identificação dos corpos-de-prova	Massa inicial (g)	Massa Final (g)	Área da amostra (m ²)	Perda de massa por área (g/m ²)
EQ N°102-1	88,5054	87,7790	0,01096	66,26
EQ N°102-2	87,3319	86,5743	0,01099	68,93
EQ N°102-3	88,4830	87,7368	0,01100	67,85
EQ N°102-4	89,0278	88,2778	0,01098	68,30
EQ N°102-5	88,5457	87,7886	0,01099	68,90
EQ N°102-6	88,9351	88,1785	0,01098	68,90
EQ N°102-7	88,7769	87,9444	0,01099	75,73
EQ N°102-8	88,3944	87,5770	0,01103	74,13
EQ N°102-9	88,6796	87,8584	0,01099	74,73
EQ N°102-10	88,8727	88,0508	0,01103	74,50
EQ N°102-11	87,2624	86,4172	0,01100	76,82
EQ N°102-12	88,4130	87,5691	0,01100	76,75
EQ N°102-13	88,5312	87,6996	0,01104	75,33
EQ N°102-14	88,6174	87,7744	0,01104	76,37
EQ N°102-15	88,8049	87,9341	0,01101	79,08
EQ N°102-16	88,8418	88,0003	0,01104	76,23
EQ N°102-17	88,9742	88,1187	0,01099	77,86
EQ N°102-18	84,5061	83,6355	0,01098	79,31

Após obtenção da perda de massa dos 18 corpos-de-prova, foram calculados a média e o desvio padrão e comparados os resultados com os valores estipulados pela norma ISO 9227/2006. O valor médio da perda de massa e o desvio padrão foram respectivamente 73,28 g/m² e 3,73g/m².

4. CONCLUSÃO

A perda de massa média obtida dos 18 corpos-de-prova foi de 73,28 g/m², sendo que nenhum deles ultrapassou ao limite mínimo ou máximo especificado. Uma vez que o ensaio de névoa salina neutra, segundo norma ISO 9227/2006, especifica que a perda de massa média para um ensaio com duração de 48 horas deve ser de (70 ± 20) g/m², conclui-se, portanto, que a câmara utilizada no ensaio encontra-se dentro dos limites de corrosividade especificado em norma.

5. AGRADECIMENTOS




Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa. (Processo: 861314/2010-1)

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ASSIS, S. L. Estudo comparativo para simulação da corrosão atmosférica. Dissertação mestrado, IPEN, São Paulo – 2000.
- 2 - ASSIS, S. L.; COSTA, I. . A Comparative Study of Accelerated for Simulation of Atmospheric Corrosion. In: CONGRESSO NACE-BRASIL CORROSÃO'99 E 3 COLÓQUIO NACIONAL DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA, 1999, São Paulo. NACE-BRASIL CORROSION'99 & 3rd Brazilian Atmospheric Corrosion Colloquium, 1999. v. 1. p. 163-171.
- 3 - ASTM B-117; Methods of Salt-Spray (Fog) Testing, Annual Book of ASTM Standards, vol. 03.02, (Philadelphia, PA: ASTM)
- 4 - ASTM D 5894 – 1996. Standard Practice for Cyclic Salt Fog/UV Exposure of Painted Metal, (Alternating Exposures in a Fog/Dry Cabinet and a UV/Condensation Cabinet). Philadelphia, 1996. 8p.
- 5 - ASTM D-6899 - 03 Standard Guide for Laboratory Cyclic Corrosion Testing of Automotive Painted Steel, Annual Book of ASTM Standards
- 6 - ASTM G 44 – 1994. Standard Practice for Evaluating Stress Corrosion Cracking Resistance of Metals and Alloys by Alternate Immersion in 3,5% Sodium Chloride Solution. Philadelphia, 1994. 5p
- 7 - ASTM G 85 – 1998. Standard Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing. Philadelphia, 1998. 6p.
- 8 - MOREIRA, A. R. ; PANOSSIAN, Z. . Ensaio acelerados cíclicos de corrosão -Revisão Bibliográfica.. In: Nace-Brasil Corrosão 9, Colóquio de Corrosão Atmosférica, 3, 1999, São Paulo. NACE/ABRACO/ IPT, 1999.
- 9 - NF EM 60068-2-52 – 1996. Essais d'environnement. Partie 2: essays. Essays Kb: brouillard salin, essays cyclique (solution de chlorure de sodium). Paris, 1996. 12p
- 10 - VDA 621-415 – 1982. Anstrichtechnische prüfugen. Frankfurt, 1982. 3p.

6. DETALHES DOS AUTORES

	<p>D. O. Souza é técnico em metalurgia formado pelo SENAI “Nadir Dias de Figueiredo” em 1985 e atualmente é o coordenador do laboratório Equilam cargo que ocupa desde maio de 2003. Em 2013 gradua-se em Engenharia Química pela Faculdade de São Bernardo - FASB.</p>
	<p>N. P. Hammel é técnica em química formada pela escola SENAI “Mario Amato” em 2009. Atualmente é técnica do laboratório de corrosão “Equilam” cargo que ocupa desde março de 2011. Gradua-se em Engenharia Química em 2015.</p>

	<p>W.A.S. Izaltino é pesquisador na área de corrosão, com ênfase em corrosão e proteção de alumínio e suas ligas. É Mestre na área de materiais de tecnologia nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN.</p>
	<p>Possui graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica de Pereira (2008). Mestrando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica na Universidade de São Paulo, sua principal área de atuação é corrosão de aços inoxidáveis, e atualmente está cursando o Doutorado no IPEN, na área de Biomateriais.</p>
	<p>N. Rojo é engenheiro metalúrgico formado pela Faculdade de engenharia Industrial – FEI em 1987, atualmente é proprietário e diretor da Equilam Industria e Comércio Ltda. empresa por este fundada em 1987.</p>



I. Costa é pesquisadora na área de Corrosão e Proteção de Metais. Atua no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) liderando grupo de pesquisadores do Laboratório de Corrosão e Tratamento de Superfícies do Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM). As principais áreas de atuação são corrosão e proteção de Alumínio e suas ligas, corrosão em biomateriais, desenvolvimento de tratamentos de superfície com tecnologia sustentável, e tratamentos de proteção para aços galvanizados.