

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMBALAGENS METÁLICAS EM TERMOS DE CORROSÃO EXTERNA QUANDO SUBMETIDAS À AÇÃO DE DIFERENTES AMBIENTES

ALIANDRA D. **BARBUTTI**¹; JOZETI A. B. **GATTI**²; DANIELA M. **YAMASHITA**³; ALINE F. **VIEIRA**⁴
Nº 12251

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de embalagens produzidas em folha de flandres, folha cromada e alumínio, revestidas externamente com material orgânico, quanto à resistência à corrosão externa quando expostas em condições simulantes de diferentes ambientes, quais sejam, industrial, marinho e com alta umidade relativa. Após condicionamento por 24 horas nos diversos ambientes, as embalagens foram avaliadas visualmente para classificação da intensidade de corrosão, de acordo com escalas disponíveis na literatura ou em normas técnicas. De forma geral, foi possível observar que nos três ambientes, a corrosão ocorreu em maior intensidade nas regiões onde o material sofreu esforço mecânico mais intenso durante a formação da lata, como a região de recravação do fundo, no caso das latas de três peças e o flange das latas de duas peças para atum e onde há exposição metálica inerente ao processo de fabricação como a região de soldagem das latas de três peças e o semicorte do corpo da lata troncopiramidal. Além dessas regiões, também foi observada corrosão em regiões planas da superfície do corpo, principalmente no ensaio em câmara sulfurosa. Dentre os ambientes avaliados, o ambiente sulfuroso simulado em laboratório foi o mais agressivo às embalagens, seguido pelo ambiente sulfuroso obtido em câmara específica, pelo ambiente salino e pelo ambiente com alta umidade relativa.

De forma geral, as latas de três peças em folha de flandres apresentaram maior incidência de corrosão quando comparadas às latas de duas peças em alumínio e em folha cromada nos vários ambientes estudados.

¹Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Química, UNICAMP, Campinas-SP, aliandrab@gmail.com.

²Orientadora: Pesquisadora, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

³Co-orientadora: Pesquisadora Analítica Tecnológica, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

⁴Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, FAJ, Jaguariúna-SP

ABSTRACT – Performance assessment of metal containers in terms of external corrosion when submitted to the action of different environments

The objective of this study was to evaluate the performance of packaging produced in tinplate, tin free steel and aluminum, coated externally with organic material, in terms of resistance to external corrosion when exposed to conditions simulating different environments, namely, industrial, marine and high relative humidity. After conditioning for 24 hours in different environments, the packages were evaluated visually for classification of the severity of corrosion in accordance with scales available in the literature or technical standards. Overall, it was observed that in the three environmental conditions, corrosion occurred at a higher intensity in regions where the material suffered more intense mechanical stress during the can formation, as the region of the bottom seam in the case of three piece cans and flange of the two pieces cans and where there is metal exposure inherent in the manufacturing process as the welding region at the body of three pieces cans and body score line of the trapezoidal tin cans. Corrosion was observed also in flat regions of the body surface, particularly in the sulfur chamber test. Among the environments, the sulfur environment simulated in the laboratory was most aggressive to the packages, followed by sulfur atmosphere obtained in specific camera, the saline environment and the high humidity environment. In general, tinplate three pieces cans presented a higher incidence of corrosion when compared to two pieces cans in aluminum and tin free steel in multiple environments studied.

INTRODUÇÃO

A corrosão atmosférica é responsável por modificar os materiais metálicos de modo a comprometer o desempenho, a durabilidade e a função dos mesmos. É imprescindível que a qualidade do metal usado na fabricação de embalagens para acondicionar os mais diversos produtos, como os alimentos no caso desse estudo, seja mantida, uma vez que a corrosão pode prejudicar a integridade do produto, além de denegrir a imagem da embalagem comprometendo seu potencial de venda. Assim, a interação da embalagem com o ambiente em que ela é submetida deve ser estudada e analisada de forma que se possa conhecer sua resistência à corrosão externa.

Os estudos de corrosão atmosférica sobre diversos materiais metálicos, tradicionalmente, são realizados por meios de testes de exposição de campo, os quais demandam um longo período de tempo por representarem um tempo real de

desgaste, como os testes realizados com o alumínio por MORCILLO, (2007), e com aço carbono e metais não-ferrosos por MENDOZA e CORVO, (1998). Devido a esse longo período de tempo necessário para a exposição, surge a necessidade de se utilizar ensaios acelerados em laboratórios. Tais ensaios simulam as atmosferas em que os metais serão condicionados por um curto período de tempo, entretanto são mais agressivos que os reais, permitindo assim prever um comportamento do material frente à exposição desses ambientes muito mais rapidamente do que os testes de exposição de campo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de embalagens produzidas em folha de flandres, folha cromada e alumínio, revestidas externamente com material orgânico, quanto à resistência à corrosão externa quando expostas em condições simulantes de diferentes ambientes, quais sejam, industrial, marinho e com alta umidade relativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Embalagens metálicas

Foram avaliadas latas troncopiramidais de três peças em folha de flandres com costura lateral eletrossoldada e semicorte triplo no corpo para produto cárneo, cuja abertura é por meio de uma chave, sem a recravação do fundo, latas de duas peças embutidas (DRD) em folha cromada para atum sem a recravação da tampa, latas cilíndricas de três peças em folha de flandres com tampa do tipo *peel off* em alumínio e fundo em folha de flandres recravado e latas de duas peças para bebida (DWI) em alumínio sem tampa. Todas as latas estavam envernizadas externamente, porém não apresentavam impressão.

Caracterização do material metálico

A camada de estanho da folha de flandres do corpo das latas troncopiramidais e das latas de três peças cilíndricas foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 8481:2008 e a camada de cromo metálico da folha cromada do corpo/fundo das latas de duas peças para atum foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 15376:2006, ambas pelo método coulométrico, utilizando-se o sistema de potenciostato-galvanostato EG&G modelo 273, operando por meio do programa EG&G 354. A camada de cromo óxido do corpo/fundo das latas de atum foi determinada pelo método colorimétrico de acordo com a norma ABNT NBR

8750:2009, empregando-se espectrofotômetro UV - Visível Specord 210 e software WinAspect.

Caracterização do envernizamento

Os vernizes aplicados externamente no corpo das latas foram caracterizados em termos de identificação, camada seca e aderência; a identificação foi realizada por espectroscopia no infravermelho, utilizando-se um equipamento Perkin Elmer modelo Spectrum 100, empregando a técnica de espectroscopia de refletância total atenuada (ATR) com análise direta do filme de verniz aplicado ao substrato metálico, com duas determinações para cada tipo de lata. Os espectros obtidos foram comparados com espectros da literatura (DANTAS, 1996), para identificação do tipo de verniz; a camada seca foi determinada por método gravimétrico, de acordo com metodologia descrita em DANTAS et al. (1996), utilizando-se balança analítica Mettler modelo AT 201 com resolução de 10^{-5} g; a aderência do revestimento externo foi realizada pelo método da fita adesiva, conforme descrito na norma ABNT NBR 15660-1:2009, empregando-se a fita adesiva 3M 600, com 25,4 mm de largura.

Condicionamento em Câmara Salina

O ensaio foi conduzido em câmara para teste de corrosão acelerada Equilam, modelo SSE 1000 EXP-CLP, construída de acordo com a norma ABNT NBR 8094:1983, onde as latas vazias foram expostas ao ambiente na posição inclinada a 30°, de maneira que o fluxo de névoa fosse paralelo ao corpo e não ocorresse acúmulo de solução no fundo, durante 24 horas a 35 °C.

Condicionamento em Câmara Úmida

O condicionamento das latas em câmara úmida foi conduzido de dois modos: para as latas troncopiramidais o equipamento empregado foi o mesmo que o para o condicionamento das latas em ambiente salino, o qual, foi mantido no modo de operação *Humidity* à temperatura de 40 °C, com umidade relativa próxima a 100%, de acordo com a norma ABNT NBR 8095:1983, por 24 horas. As demais amostras foram condicionadas na câmara sulfurosa marca Bass, modelo BASS-UK-01/2010-CAP, utilizando-se os mesmos parâmetros descritos.

Em todas as condições de estocagem foram avaliadas cinco unidades de latas de cada amostra.

Condicionamento em Ambiente Sulfuroso

Foram empregadas duas metodologias para simulação de atmosfera sulfurosa, sendo uma descrita por Britton (1975), consistindo no condicionamento da amostra em ambiente com alta concentração de dióxido de enxofre, obtido pela mistura de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1 N com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2$) 1%, na proporção de 1:10, introduzida no fundo de um dessecador, onde as latas foram posicionadas e o conjunto mantido à temperatura ambiente pelo período de 24 horas; a outra metodologia foi aplicada de acordo com a norma ABNT NBR 8096:1983 em câmara sulfurosa marca Bass, modelo BASS-UK-01/2010-CAP, consistindo em um ciclo de condicionamento de 24 horas, constituído por um período de oito horas em uma atmosfera com umidade saturada e com 0,2 L de SO_2 a uma temperatura de 40 °C, e por um período de dezesseis horas em que as embalagens metálicas ficam submetidas à umidade e temperatura ambiente. A intensidade de corrosão do corpo e/ou fundo das latas foi classificada de acordo com a escala em graus apresentada na Figura 1. O ensaio não é aplicável a materiais em alumínio.

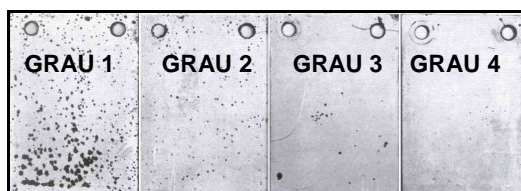


FIGURA 1. Escala de classificação da intensidade de alteração da superfície no condicionamento em câmara sulfurosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do envernizamento

Comparando-se os espectros obtidos no infravermelho com espectros da literatura (DANTAS et al., 1996), verificou-se que o verniz aplicado no corpo das latas de folha de flandres troncopiramidais era do tipo epóxi-fenólico, no corpo das latas cilíndricas de três peças era do tipo epóxi-éster, nas latas de folha cromada era do tipo poliéster e nas latas de alumínio era do tipo vinílico. Os resultados dos ensaios de camada seca e aderência são apresentados na Tabela 1. As latas apresentavam boa aderência do verniz externo, estando os valores de camada seca de acordo com a especificação para cada tipo de verniz.

TABELA 1: Resultados da determinação da camada seca e da aderência do verniz aplicado externamente no corpo das embalagens metálicas avaliadas no estudo.

Resultados					
Embalagem	Camada seca (g/m²)⁽¹⁾⁽²⁾			Aderência (graus)⁽¹⁾	
	M	DP	IV	M	IV
Latas troncopiramidais	6,68	0,27	6,35 – 6,94	Gr 0B	Gr 0B – Gr 0B
Latas cilíndricas	3,72	0,42	3,39 – 4,40	Gr 1B	Gr 0B – Gr 1B
Latas DRD	5,52	0,62	4,55 – 6,26	Gr 0B	Gr 0B – Gr 0B
Latas DWI ⁽²⁾	0,068	0,026	0,0381- 0,1088	Não se aplica	

M/DP/IV = Média/Desvio-padrão/Intervalo de variação (1) Resultado de 5 determinações

(2) A camada seca do lado externo das latas de alumínio foi determinada em g/lata

Caracterização do material metálico

Comparando os resultados das Tabelas 2 e 3 com as tolerâncias apresentadas na norma ABNT NBR 6665:2011, verifica-se que a face externa das folhas de flandres empregadas no corpo das latas troncopiramidais e das latas cilíndricas apresentam camadas de estanho nominais de 5,6 g/m² e de 2,0 g/m², respectivamente e que a folha cromada empregada nas latas DRD apresenta as camadas de cromo metálico e óxido de acordo com os intervalos de variação indicados.

TABELA 2. Resultados da determinação da camada de estanho total no lado externo do corpo das latas troncopiramidais e cilíndricas.

Lata	Camada de estanho (g/m²)⁽¹⁾			
		Livre	Liga	Total
Troncopiramidal	M	4,46	0,93	5,39
	DP	0,17	0,06	0,22
	IV	4,11 – 4,69	0,85 – 1,01	5,19 – 5,70
Cilíndrica	M	1,02	1,19	2,21
	DP	0,03	0,21	0,20
	IV	0,98 – 1,05	0,98 – 1,43	2,03 – 2,44

M/DP/IV = Média/Desvio-padrão/Intervalo de variação (1) Resultado de 5 determinações

TABELA 3. Resultados da determinação das camadas de cromo metálico, cromo óxido e cromo total no lado externo das latas DRD.

	Camada de Cromo (mg/m²)⁽¹⁾		
	Óxido	Metálico	Total
Média	8,61	66,87	75,49
Desvio-padrão	1,73	10,79	10,96
Intervalo de variação	6,54 - 11,28	58,59 - 85,80	67,19 - 94,59

(1) Resultado de 5 determinações

Condicionamento em Câmara Úmida

A Figura 2 apresenta fotografias das latas condicionadas em câmara úmida.



FIGURA 2: Latas após 24h de condicionamento em câmara úmida: (a) Lata cilíndrica, (b) Lata troncopiramidal, (c) Lata DRD e (d) Lata DWI.

A ocorrência de corrosão em maior intensidade foi observada nas recravações e na solda nas latas de três peças, embora também tenham sido observados pontos de corrosão nas regiões planas das latas, porém em menor intensidade; o semicorte das latas troncopiramidais, em função da exposição de ferro, apresentou intensa corrosão. Nas latas DRD e nas latas DWI a corrosão, embora menos intensa que nas latas de três peças, foi observada principalmente no fundo; no caso das latas DRD, o fato pode ser explicado pela presença dos frisos e no caso das latas DWI, à ausência de verniz naquela região.

Condicionamento em Câmara de Névoa Salina

A Figura 3 apresenta fotografias ilustrando a ocorrência de corrosão externa nas latas condicionadas em câmara de névoa salina durante 24 horas. A atmosfera salina foi mais agressiva às embalagens estudadas do que a atmosfera com alta umidade relativa, sendo as regiões das latas mais afetadas, as mesmas mencionadas no caso da atmosfera úmida, exceto pelo flange da lata DRD, que apresentou intensa corrosão, em função da exposição do aço.

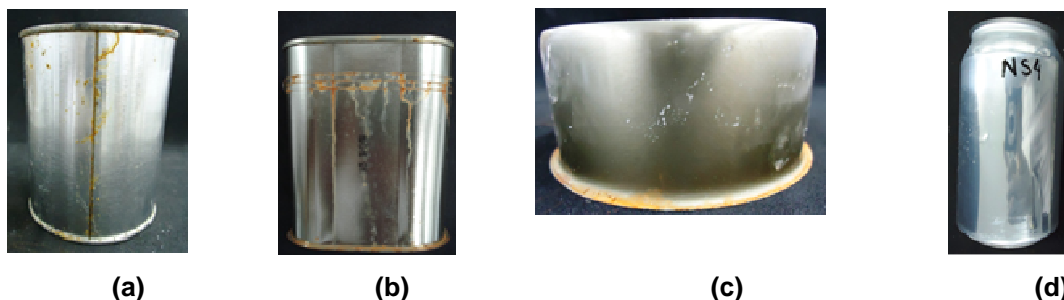


FIGURA 3: Latas após 24h de condicionamento em câmara de névoa salina: (a) Lata cilíndrica, (b) Lata troncopiramidal, (c) Lata DRD e (d) Lata DWI.

Condicionamento em Câmara Sulfurosa

Os resultados da avaliação visual das latas mantidas em atmosfera sulfurosa são apresentados nas Tabelas 4 e 5 e alguns exemplos são mostrados na Figura 4. O ambiente sulfuroso simulado em laboratório foi mais agressivo do que o proporcionado pela câmara sulfurosa em todas as regiões das embalagens, com exceção da solda das latas cilíndricas. De forma geral, as regiões mais atacadas foram as recravações, solda e região de soldagem e semicorte nas latas troncopiramidais. O corpo das latas DRD recebeu classificação em graus entre 2 e 3 no ambiente sulfuroso simulado em laboratório e classificação 4 no ambiente sulfuroso simulado na câmara sulfurosa.

TABELA 4. Intensidade de corrosão de latas condicionadas em câmara sulfurosa.

Resultados*					
Latas troncopiramidais			Latas cilíndricas		
Região	Classificação (graus)		Região	Classificação (graus)	
	M	IV		M	IV
Corpo	4	4 – 4	Corpo	3	2 – 4
Fundo	4	4 – 4	Fundo	3	2 – 4
Solda	3	2 – 3	Solda	1	1 – 1
Semicorte	1	1 – 1	Região da Solda	3	1 – 4
Recravação	2	2 – 2	Recravação do Fundo	2	2 – 3
Chave	1	1 – 2	Recravação da Tampa	1	1 – 1
Latas DRD					
Região		Classificação (graus)			
		M	IV		
Corpo		4	4 – 4		
Fundo (região rebaixada)		4	4 – 4		
Fundo (região de apoio)		2	1 – 3		
Flange		2	1 – 2		

*Resultados de 5 determinações

M/IV = Média/Intervalo de variação

TABELA 5. Intensidade de corrosão de latas condicionadas em atmosfera sulfurosa simulada em laboratório.

Resultados*					
Latas troncopiramidais			Latas cilíndricas		
Região	Classificação (graus)		Região	Classificação (graus)	
	M	IV		M	IV
Corpo	3	2 – 3	Corpo	3	3 – 3
Fundo ⁽²⁾	3	3 – 3	Fundo	3	2 – 3
Solda	1	1 – 2	Solda	2	1 – 3
Semicorte	2	2 – 2	Região da Solda	3	2 – 3
Recravação	1	1 – 1	Recravação do Fundo	2	2 – 2
Chave ⁽²⁾	1	1 – 1	Recravação da Tampa	1	1 – 1
Latas DRD					
Região		Classificação (graus)			
		Média	Intervalo de variação		
Corpo		3	2 – 3		
Fundo (região rebaixada)		4	4 – 4		
Fundo (região de apoio)		1	1 – 1		
Flange		1	1 – 2		

* Resultados de 5 determinações M/IV = Média/Intervalo de variação

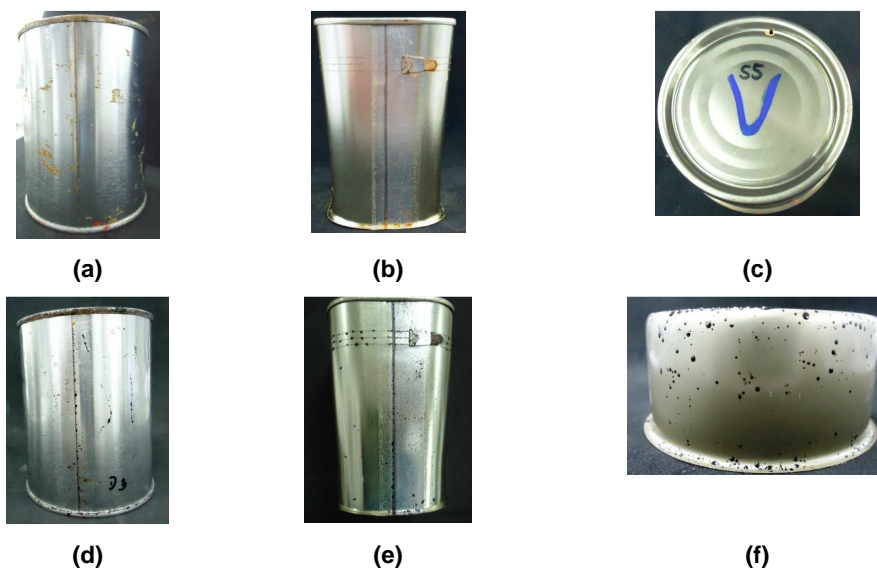


FIGURA 4: Embalagens metálicas após 24h de condicionamento em ambiente sulfuroso: (a) Lata cilíndrica, (b) Lata troncopiramidal, (c) Lata DRD, em câmara sulfurosa, (d) Lata cilíndrica, (e) Lata troncopiramidal, (f) Lata DRD, em ambiente sulfuroso simulado em laboratório.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que:

- dentre os ambientes avaliados, o sulfuroso foi o mais agressivo às embalagens metálicas e que a atmosfera sulfurosa simulada em laboratório foi mais agressiva que a atmosfera proporcionada pela câmara sulfurosa, seguida pelas atmosferas salina e com alta umidade relativa;
- o fundo das latas DWI em alumínio, que não é envernizado, apresentou corrosão nos ambientes salino e com alta umidade relativa;
- as latas de três peças em folha de flandres, principalmente nas áreas com metal exposto como recravações, região de soldagem e semicorte do corpo, caso das latas troncopiramidais, são mais susceptíveis à corrosão nos vários ambientes do que as latas de duas peças em folha cromada e em alumínio;
- o estudo permitiu avaliar a interação de diferentes tipos de embalagens metálicas com os meios a que podem ser submetidas durante sua vida útil, contribuindo para melhorar seu desempenho em relação à resistência à corrosão externa.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBITI, pela bolsa concedida.

Ao CETEA – ITAL, pela oportunidade de estágio.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6665**: folhas laminadas de aço-carbono revestidas eletroliticamente com estanho ou cromo ou não revestidas – especificação. São Paulo, 2010. 23 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094**: material metálico revestido e não revestido – corrosão por exposição à névoa salina – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8095**: material metálico revestido e não revestido – corrosão por exposição à atmosfera úmida saturada – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8096**: material metálico revestido e não-revestido - corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro, 1983. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8481**: folhas de flandres - determinação do revestimento de estanho pelo método coulométrico (eletrolítico) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2008. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8750**: folhas de aço cromadas – determinação do óxido de cromo pelo método colorimétrico. Rio de Janeiro, 2010. 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15376**: folhas de aço cromadas – determinação do teor de cromo metálico pelo processo coulométrico – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15660-1**: folhas de aço – aderência de revestimentos orgânicos – Parte 1: ensaios de revestimentos orgânicos através da fita adesiva. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.
- BRITTON, S.C. **Tin versus corrosion**. Middlessex: ITRI - Internacional Tin Research Institute, 1975. 108 p. (ITRI nº 510).
- DANTAS, S.T.; ANJOS, V. D. A. ; SEGANTINI, E.; GATTI, J.A.B. **Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio**. Campinas: ITAL/CETEA, 1996. 317 p.
- MENDOZA, A. R.; CORVO, F. Outdoor and indoor atmospheric corrosion of carbon steel. Cuba, 1998.
- MORCILLO, M.; OTTERO-HUERTA, E. Studies of long-term weathering of aluminium in the atmosphere. Espanha, 2007.