INTERCORR2008_211

Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Influência do tempo de imersão nas propriedades mecânicas e anticorrosivas de revestimento de zinco obtido por galvanização a quente.

Bruna N. P. da Silva[1], Diniz R. de Lima Jr[1], Rodrigo L. Ribeiro[1], Magda R. S. Vieira[2], Alice A. S. Vieira[3], Sara H. de Oliveira[4], Cezar H. Gonzalez[5], Severino L. Urtiga Filho[5].

Abstract

Among the protection processes for metallic surfaces developed already, one of the oldest and well utilized is the hot-dip galvanization, whose principal objective is to retard the corrosive environment action on the metal base. In this work, we have investigated the influence of the immersion time and the effect of roughness of the substrate on the zinc layer deposition process on the ABNT 1010 steel surface, using industrial scale hot – dip galvanization process of the GALVANISA (Igarassu - PE) company. The steel panels were submitted to different immersion times and afterwards they were subjected to layer uniformity test, adherence test and thickness measurement, according to the NBR 7400, NBR 7398 and NBR 7399 norms respectively. The micro structural analyses of zinc layers were realized by use of optical micrographs with magnification of 150 times. The steel panels were submitted to immersion in sea water from the SUAPE – PE region during 120 days for anticorrosive protection evaluation. Higher thickness zinc coatings were used for the substrates with higher roughness profile and to the substrates exposed the largest immersion time in melted zinc. All the hot-dip galvanized steels presented positive results in the uniformity and layer adherence test and anticorrosive protection.
Keywords: hot-dip galvanizing, metallic coating, zinc, corrosion

Resumo:

Entre os processos de proteção para superfícies metálicas, já desenvolvidos, um dos mais antigos e bem sucedidos é a galvanização a fogo, cujo principal objetivo é retardar a ação do meio corrosivo sobre o metal base. Neste trabalho, investigaram-se a influência do tempo de imersão e o efeito da rugosidade do substrato no processo de deposição da camada de zinco em superfícies de aço 1010, utilizando o processo de galvanização a quente em escala industrial da empresa GALVANISA (Igarassu – PE). Os corpos foram submetidos a diferentes tempos de imersão e em seguida foram realizados ensaios de uniformidade de camada, aderência e medida de espessura, conforme as normas NBR 7400, NBR 7398 e NBR

[1] Granduando, Engenharia Mecânica, UFPE.
[2] Mestranda em Engenharia Mecânica, Bacharel em Química, UFPE.
3 Técnica em Química e Granduanda, Biomedicina, UFPE
4 Doutoranda, Mestre em Engenharia Química, UFPE.
5 Doutor, Engenheiro Mecânico, UFPE.

7399, respectivamente. Para análise microestrutural das camadas de zinco foram obtidas micrografias ópticas com aumento de 150 vezes. Os corpos foram submetidos à imersão em água do mar da região de SUAPE durante 120 dias, para avaliação da proteção anticorrosiva. Maiores espessuras do revestimento de zinco foram alcançadas para os substratos com maior perfil de rugosidade e expostos a maior tempo de imersão em zinco fundido. Todos os corpos galvanizados apresentaram resultados positivos nos ensaios de uniformidade, aderência de camada e proteção anticorrosiva.

Palavras-chave: galvanização a fogo, revestimento metálico, zinco, corrosão.

1- Introdução

Dentre os diversos métodos de proteção contra a corrosão, um dos mais antigos e eficazes, consiste no processo de galvanização a fogo ou zincagem a quente, como também é conhecido [1- 4].

A qualidade do produto final galvanizado está intimamente relacionada com a execução correta de cada etapa deste processo, que consiste inicialmente em um pré-tratamento de superfície (limpeza mecânica, desengraxe alcalino e decapagem ácida), seguido das etapas de fluxagem, imersão no banho fundido de zinco e pós-tratamento.

Esse processo apresenta diversas vantagens, das quais se destacam a alta aderência do revestimento, obtida através da formação de camadas intermetálicas constituídas de ferro e zinco; a proteção catódica, fornecida pela atuação do zinco como anodo de sacrifício, que sofre corrosão preferencial em relação ao substrato; e a longa-vida de proteção, proveniente de uma pequena velocidade de corrosão do zinco pelos componentes químicos do meio ambiente [1-3].

Diversos fatores influenciam diretamente na natureza da camada de zinco depositada, entre os quais se destacam: elementos de liga e impurezas presentes no substrato; rugosidade do substrato; elementos de liga no banho; influência da temperatura de imersão e influência do tempo de imersão; velocidades de entrada; velocidade de remoção das peças do banho e velocidade de resfriamento [2].

Nesse trabalho, investigaram-se a influência da rugosidade do substrato e o tempo de imersão no processo de deposição da camada de zinco em superfícies de aço 1010, utilizando o processo de galvanização a quente utilizado em escala industrial na empresa GALVANISA (Igarassu-PE), visando avaliar as características microestruturais dos revestimentos obtidos , o comportamento mecânico, e a ação anticorrosiva desses materiais quando expostos à água do mar da região de SUAPE.

2- Materiais e Metodologia

2.1 Preparação dos corpos-de-prova

Os substratos para galvanização foram usinados a partir de chapas de aço-carbono ABNT 1010, conforme a norma ABNT NBR 6006, através de máquina de serrar Franho, modelo FM400 nas dimensões de 12 mm x 12 mm x 3 mm para os ensaios de caracterização microestrutural e de 54 mm x 54 mm x 3 mm para os ensaios de corrosão e estudos de espessuras das camadas formadas. A seguir, na Figura 1 é apresentada uma imagem do corpo-de-prova nas condições iniciais de dimensões de 54 mm x 54 mm x 3 mm.

Figura 1- Corpo-de-prova de aço 1010 de dimensões 54 mm x 54 mm x 3 mm.

2.2 Tratamento de superfície

As peças foram tratadas por meio de jateamento abrasivo por projeção pneumática com esferas de aço, utilizando-se uma pressão média entre 5,5 kgf/cm² e 6 kgf/cm². O jateamento abrasivo tem a finalidade de remover sujeiras e produtos de corrosão, bem como possibilitar a obtenção de um perfil de rugosidade adequado para deposição do revestimento de zinco. Tanto o jateamento abrasivo quanto as demais etapas do processo de zincagem foram realizadas nas instalações da empresa GALVANISA (Igarassu-PE), conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2- Fotografia da empresa GALVANISA.

2.3 Processo de Galvanização

A deposição dos revestimentos metálicos de zinco foi realizada na empresa GALVANISA, conforme citado anteriormente. A seguir, são apresentadas e descritas todas as etapas envolvidas no processo de zincagem em escala industrial utilizado nessa empresa e que também foi empregado nessa pesquisa. Para cada etapa descrita a seguir foram utilizadas peças jateadas e não jateadas, visando avaliar o efeito da rugosidade do substrato na espessura dos revestimentos.

2.3.1 Desengraxe Alcalino

O desengraxe das amostras foi realizado através do processo de imersão a quente em solução detergente alcalina com hidróxido de sódio, em temperatura média de 70°C. As peças permaneceram imersas nesse banho num tempo de aproximadamente 5 (cinco) minutos. Esse processo tem a função de remover, do corpo-de-prova, as sujidades orgânicas, como por exemplo, graxas em geral. Após essa etapa, os corpos-de-prova foram imersos em dois banhos seqüenciais de água, com o objetivo de remover toda a substância alcalina, evitando assim contaminação do banho seguinte.

2.3.2 Decapagem Ácida

Logo após, a lavagem com água, as peças foram imersas em banho de ácido clorídrico, em dois tanques seqüenciais, cujas concentrações de ácido e ferro no meio são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Concentração de HCl e Fe no tanque de decapagem ácida.

Tanque	**Concentração HCl (V/V%)**	**Concentração de Fe (g/L)**
1	6,7	0,56
2	10,5	63

As duas etapas tiveram um tempo de imersão de aproximadamente seis minutos. Esse processo de imersão em ácido é denominado de decapagem ácida, e tem por função remover óxidos e demais produtos de corrosão da superfície do substrato. Da mesma maneira que no caso do desengraxe alcalino, as peças foram lavadas em água, sendo agora, três banhos de lavagem seqüenciais, tendo a finalidade de remover todo o ácido da superfície do metal. Essa lavagem com água tem fundamental importância nessa etapa, uma vez que além de evitar a contaminação do banho seguinte, é necessária para impedir a degradação do metal por meio do ataque ácido.

2.3.3 Fluxagem úmida

Em seguida, as peças foram submetidas à etapa de fluxagem, em que as peças são imersas em um banho composto por sal duplo de cloreto de zinco e amônio à temperatura de 60°C a 80°C, visando a remoção das sujidades salinas remanescente e principalmente formar uma camada de recristalização do sal, impedindo uma reoxidação no banho de zinco. Além disso, o poder umectante (ou mordente) deste processo proporciona eficiente molhamento entre a peça e o zinco fundido no processo de zincagem.

2.3.4 Zincagem propriamente dita

Nessa etapa, as peças foram imersas no banho de zinco fundido, a uma temperatura de 440°C - 443°C, conforme apresentado na Figura 3. A Tabela 2 apresenta a composição aproximada do banho.

Tabela 2- Concentração do tanque de zinco.

Componente	**Concentração (%)**
Zinco	99
Alumínio	0,2
Níquel	0,4
Impurezas	0,5

Foram utilizados tempos de imersão diferenciados com o objetivo de avaliar a influência deste parâmetro na espessura da camada de zinco depositada sobre o substrato. Os tempos estudados foram de 20 s, 30 s, 45 s, 60 s e 90 s. Para cada um desses tempos foram imersas quatro peças de dimensão 54 mm x 54 mm x 3 mm e cinco peças de 12 mm x 12 mm x 3 mm. Para o tempo de imersão de 30 s, além das peças jateadas, foram imersos corpos não-jateados para avaliação do efeito da rugosidade do substrato na espessura de revestimento depositado.

Figura 3 - Tanque de imersão com zinco fundido da empresa GALVANISA.

2.3.5 Passivação

Posteriormente, seguiu-se a etapa de passivação (ou cromatização) na qual a peça foi imersa em solução cromatizante a uma temperatura média de 70°C, para obtenção de uma superfície mais uniforme, através do preenchimento dos poros do revestimento. Esse processo serve também para promover um resfriamento intermediário, evitando assim o aparecimento de trincas no revestimento e principalmente propiciar uma maior proteção anticorrosiva.

2.3.6 Acabamento

Finalmente, os corpos-de-prova receberam um acabamento final, através de lixadeira manual com disco abrasivo, para remoção de possíveis irregularidades da superfície. No caso das peças obtidas, não foi necessário o acabamento com tinta rica em zinco, visto que não havia áreas sem depósitos do revestimento de zinco.

2.4 Ensaio metalográfico

A análise metalográfica foi efetuada no Laboratório de Compósitos (COMPOLAB) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE. Nesse ensaio, foram utilizados corpos-de-prova de dimensão 12 mm x 12 mm x 3 mm. As etapas realizadas são descritas a seguir.

2.4.1 Embutimento

As amostras foram inicialmente prensadas a quente utilizando-se uma máquina de embutimento da marca Arotec, modelo Pré 30Mi com resina do tipo baquelite e sendo a pressão mantida durante o embutimento de aproximadamente 100 bar.

2.4.2 Lixamento

Os corpos-de-prova embutidos tiveram suas seções transversais lixadas com papéis abrasivos de granulometrias 180, 320, 400, 600 e 1200, nesta respectiva ordem. O lixamento foi realizado de maneira manual com o auxílio de uma máquina lixadeira da marca Fortel, modelo PLF com circulação de água e com rotações de 250 rpm para lixamentos com papéis abrasivos de granulometria 180 e 320 e de 125 rpm para as demais granulometrias.

2.4.3 Polimento

Após o lixamento, foi realizado o polimento das amostras com auxílio de pastas diamantadas, na seqüência de 3, 1 e ¼ mícrons, além do uso de lubrificante específico para polimento metalográfico com pastas de diamante. O polimento foi realizado manualmente

com o auxílio de uma máquina politriz da marca Fortel, modelo PLF, e com rotação de 125 rpm para todos os tipos de pasta diamantada.

2.4.4 Análise Microscópica

Para o estudo da microestrutura das ligas utilizou-se um Microscópio Óptico da marca Olympus Bx51M. Foram obtidas fotomicrografias com ampliação de 150 vezes.

2.5 Medição de Espessura (NBR 7399)

As espessuras dos revestimentos foram medidas usando os corpos-de-prova de dimensão 54 mm x 54 mm x 3 mm, sendo realizadas 40 medidas para cada tempo de imersão. Utilizou-se um equipamento de medição de espessura de camada aplicada sobre base ferrosa da marca Minipa e modelo MTC-300.

2.6 Aderência do Revestimento (NBR 7398)

Para avaliação da aderência dos revestimentos obtidos, utilizou-se o método da lâmina com base na norma NBR 7398. Nesse ensaio é efetuado um corte sobre o revestimento depositado até que se atinja o metal base, o material é considerado deficiente se a camada esfoliar à frente da lâmina.

2.7 Uniformidade da Camada (NBR 7400)

Para avaliação da uniformidade do revestimento de zinco, utilizou-se o ensaio químico de Preece, conforme a norma NBR 7400. Neste ensaio, os corpos-de-prova revestidos são imersos em um banho de sulfato de cobre, a uma temperatura de (18 ± 2)ºC, permanecendo durante 1 min. Essa etapa é repetida no máximo 6 vezes, visando avaliar o possível depósito de cobre. Em caso positivo de depósito, a peça é submetida a uma lavagem com escova para remoção da camada brilhante. Se mesmo após a lavagem, a área brilhante permanecer ativa, isso caracterizará o depósito de cobre sobre o metal base e não sobre o revestimento, caracterizando desta forma uma não-uniformidade na camada de zinco depositada.

2.8 Ensaio de imersão em água do mar

Corpos-de-prova galvanizados (jateados e não-jateados), na condição de tempo de imersão de 30 s, foram expostos à água do mar da região de SUAPE contida num tanque de vidro, durante 4 meses, sendo o fluido teste trocado a cada 15 dias. Também foram imersos

corpos-de-prova não-revestidos visando avaliar a capacidade protetora do revestimento de zinco, quando comparado aos corpos-de-prova sem revestimento.

3- Resultados e Discussão

3.1 Análise Microestrutural

Foram obtidos corpos-de-prova galvanizados com aspecto visual de acordo com o processo cotidiano da empresa GALVANISA. A seguir, nas Figuras 4 a 8, são apresentadas imagens referentes às fotografias digitais das peças recobertas com zinco, bem como as micrografias com aumento de 150 vezes de uma seção transversal das peças revestidas com zinco, após serem polidas com pasta diamantada.

Na Figura 4 (a) observa-se, a fotografia digital da peça após ser galvanizada, sendo imersa no banho de zinco durante 20 segundos. Conforme pode ser observado, a peça foi totalmente revestida pelo zinco metálico, contudo apresentou algumas irregularidades referentes à espessura e à rugosidade superficial do revestimento obtido. Na Figura 4(b), é apresentada uma micrografia de uma seção da peça com dimensões de 12 mm x 12 mm x 3 mm, após etapas de embutimento, lixamento e polimento, conforme descrito anteriormente no procedimento experimental. De acordo com a micrografia obtida, observa-se uma boa interação do revestimento com o metal base, o que é facilmente perceptível por meio da interface metal-revestimento, que indica a formação de fases intermetálicas constituídas por ligas Fe-Zn, características do processo de galvanização, conforme explicitado na literatura.

(a) (b)

Figura 4: (a) Fotografia de peça galvanizada com tempo de imersão de 20 s; (b) Micrografia da sessão transversal da interface metal base revestimento, com tempo de imersão de 20 s.

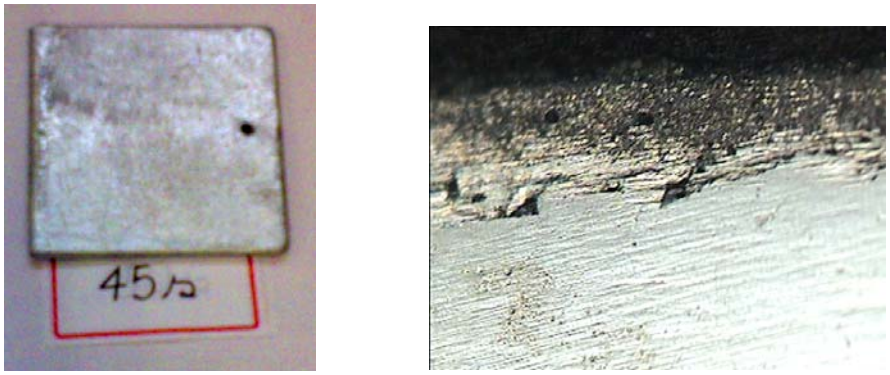
Na Figura 5(a) e 5(b), são apresentadas, respectivamente, imagens referentes à fotografia digital da peça galvanizada e a micrografia da seção transversal da interface metal-base revestimento, para um tempo de imersão de 30 s.

(a) (b)

Figura 5: (a) Fotografia de peça galvanizada com tempo de imersão de 30 s; (b) Micrografia da sessão transversal da interface metal base revestimento, com tempo de imersão de 30 s.

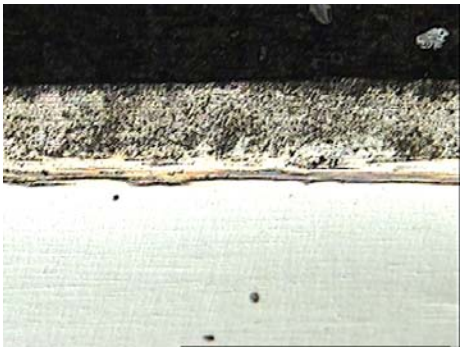
Mais uma vez observa-se um bom recobrimento na peça, porém irregularidades em relação à espessura e à rugosidade são visíveis. Na Figura 5(b) visualiza-se a interface metal-revestimento, apresentando uma boa aderência e a formação de camadas intermetálicas.

As Figuras 6 a 8, são apresentadas imagens referentes às peças galvanizadas, respectivamente, em tempos de imersão de 45 s, 60 s e 90 s.



(a) (b)

Figura 6 - (a) Fotografia de peça galvanizada com tempo de imersão de 45s; (b) Micrografia da sessão transversal da interface metal base revestimento, com tempo de imersão de 30s.



(a) (b)

Figura 7 - (a) Fotografia de peça galvanizada com tempo de imersão de 60 s; (b) Fotomicrografia da sessão transversal da interface metal base revestimento, com tempo de imersão de 60 s.

(b) (b)

Figura 8 - (a) Fotografia de peça galvanizada com tempo de imersão de 90 s; (b) Fotomicrografia da sessão transversal da interface metal base revestimento, com tempo de imersão de 90 s.

Nas Figuras 6, 7 e 8 (a) observa-se um recobrimento total das peças que foram revestidas com zinco. Porém, mais uma vez têm-se superfícies não-uniformes. Analisando a Figura 6 (b), observam-se regiões de falhas na interface metal base-revestimento, que podem ter sido geradas durante o processo de galvanização devido alguma variação na velocidade de remoção das peças do banho, ou do resfriamento das mesmas.

As figuras 7 e 8 (b) mostram uma eficiente interação entre o metal base e o revestimento. Observa-se nessas imagens a formação de camadas intermetálicas (Fe-Zn), bem como variações na espessura dos revestimentos ao longo das seções transversais obtidas.

Além dos fatores já citados, ressaltam-se como fatores que podem ter contribuído na não uniformidade das camadas obtidas: a temperatura do banho de zinco, que estava bastante próxima do limite inferior aconselhável; a presença de zinco residual no banho, próxima às áreas de deposição, o que pode ter ocasionado depósitos irregulares na superfície e também como já referidos anteriormente, a velocidade de remoção da peça, o resfriamento ou até mesmo alguma impureza residual sobre o substrato.

3.2 Avaliação das espessuras

As espessuras foram obtidas utilizando um equipamento digital, já anteriormente descrito. Foram coletadas 40 medidas para cada tempo de imersão, e em seguida calculadas as médias e os respectivos desvios-padrões, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Medidas de espessura da camada de zinco depositada para os corpos jateados.

Tempos de Imersão (s)	Média da Espessura (μm)	Desvio-padrão (μm)
20	64,7	5,3
30	76,9	4,7
45	97,9	3,7
60	124,5	7,5
90	131,2	8,5

Na Figura 9 (a) a (e), são apresentadas as micrografias das seções transversais, das peças galvanizadas nos diferentes tempos de imersão de 20 s, 30 s, 45 s, 60 s e 90s e, na Figura 10, tem-se um gráfico obtido por meio das médias das espessuras dos revestimentos de zinco em função do tempo de imersão.

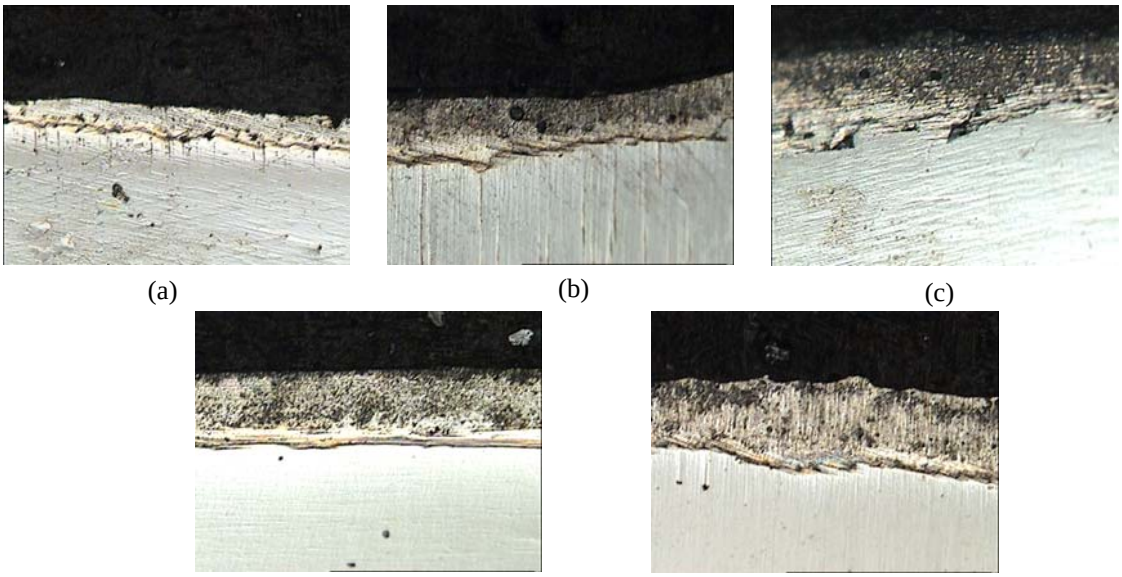


Figura 9 - Micrografias das camadas de revestimento de zinco em diferentes tempos de imersão: (a) 20 s; (b) 30 s; (c) 45 s; (d) 60 s e (e) 90 s.

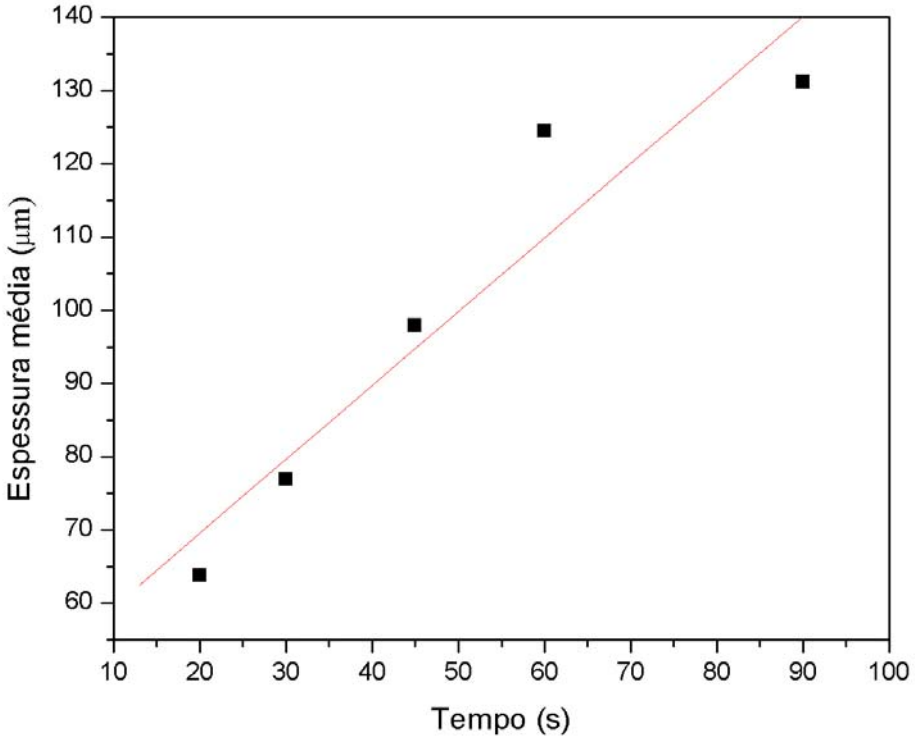


Figura 10 - Espessura da média da camada de zinco em função do tempo de imersão.

Conforme podem ser observado na Tabela 3 e na Figura 10, ocorre um aumento da espessura com o aumento do tempo de imersão. Isso também pode ser observado através das imagens de micrografia apresentadas na Figura 9. Na Figura 10, observa-se um aumento linear da espessura em função do tempo. Analisando-se os desvios padrões obtidos, percebe-se que os mesmos são baixos comparados com as limitações do processo, uma vez que diversos parâmetros estão relacionados à uniformidade e à espessura da camada de zinco depositada, conforme já foi discutido anteriormente.

Para avaliação do efeito da rugosidade do substrato nas espessuras das camadas de zinco obtidas, foram medidas as espessuras para o revestimento de zinco depositado na condição de 30 s de imersão, aplicado sobre aço jateado e não-jateado, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Medidas de espessura da camada de zinco na condição de 30s de imersão aplicada sobre substratos jateados e não-jateados.

Condição do Substrato	Média da Espessura (μm)	Desvio-padrão (μm)
Jateado	76,87	4,69
Não Jateado	53,33	6,14

De acordo com os valores de espessuras observados na Tabela 4, o aumento do perfil de rugosidade do substrato promoveu um aumento da espessura da camada de zinco depositada, esse fato é atribuído ao aumento da área exposta à reação entre o zinco e o substrato.

3.3 Avaliação de uniformidade e aderência da camada de zinco

A uniformidade e aderência da camada de zinco foram avaliadas de acordo com as normas NBR7400 e NBR 7398. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado dos ensaios de uniformidade e aderência da camada de zinco.

Tempos de Imersão (s)	Uniformidade	Aderência
20	Aprovado	Aprovado
30	Aprovado	Aprovado
45	Aprovado	Aprovado
60	Aprovado	Aprovado
90	Aprovado	Aprovado

3.4 Avaliação da proteção anticorrosiva

Os corpos revestidos com zinco na condição de 30 s de imersão foram expostos à água do mar da região de SUAPE para avaliação da ação protetora do revestimento quando comparado ao metal base não revestido. Após 120 dias de exposição, foram obtidas imagens das peças revestidas não jateadas e jateadas, bem como do substrato não revestido, conforme pode ser observado na Figura 11.

(a) (b) (c)

Figura 11: Corpos após 120 dias de exposição à água do mar da região de SUAPE: (a) Fotografia do corpo de prova não jateado e galvanizado na condição de 30s de imersão; (b) Fotografia do corpo-de-prova jateado e galvanizado na condição de 30 s de imersão e (c) Fotografia do corpo-de-prova não-revestido.

Através das imagens observadas na Figura 11, os corpos galvanizados apresentaram uma proteção anticorrosiva eficiente quando comparada ao corpo não-revestido que sofreu corrosão generalizada. A taxa de corrosão para os corpos não revestidos foi de 0,039 mm/ano, sendo considerada moderada de acordo com a Tabela 6, que apresenta a classificação corrosividade em função da taxa de corrosão [1].

Tabela - Classificação da corrosividade em função da taxa de corrosão.

Taxa de Corrosão uniforme (mm/ano)	Corrosividade
< 0,025	Baixa
0,025 a 0,12	Moderada
0,13 a 0,25	Alta
> 0,25	Severa

Os corpos galvanizados não apresentaram alterações significativas em sua superfície, demonstrando uma eficiente proteção por barreira, visto que o meio corrosivo não atingiu o substrato.

Apesar de não explorada neste trabalho, destaca-se a ação protetora do revestimento de zinco através do mecanismo de proteção catódica, onde o zinco sofre corrosão preferencial e o metal base permanece protegido, mesmo quando exposto ao meio corrosivo.

4- Conclusões

Através da pesquisa desenvolvida investigou-se o processo de galvanização industrial utilizado na empresa GALVANISA (Igarassu –PE).

Os revestimentos de zinco obtidos em diferentes tempos de imersão apresentaram de forma geral uma boa interação com o metal base, uma boa uniformidade de camada e relativa uniformidade de espessura, o que foi observado através da avaliação dos desvios-padrões calculados.

Através das micrografias obtidas e das medidas de espessuras efetuadas, observou-se um aumento linear da espessura da camada de zinco em função do tempo de imersão. O aumento do perfil de rugosidade do substrato mostrou-se ser um parâmetro bastante relevante na avaliação da espessura do revestimento de zinco, visto que o aumento da rugosidade promove uma maior área reacional entre o zinco e o metal base.

Os corpos galvanizados apresentaram uma eficiente proteção anticorrosiva quando expostos à água do mar da Região de SUAPE, durante 120 dias. Não foram observadas alterações significativas do revestimento de zinco após esse período de exposição. Os corpos não revestidos apresentaram corrosão generalizada e uma taxa de corrosão de 0, 039 mm/ano, considerada moderada.

5- Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem:

- À empresa GALVANISA por disponibilizar suas instalações para realização desta pesquisa.
- Ao ***Convênio 361 09 - FADE – TERMOPERNAMBUCO/ANEEL***, pelo apoio financeiro à execução das atividades de pesquisa e sua publicação.

6- Referências Bibliográficas

1- GENTIL, V. **Corrosão**. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 1.v. 1996. 345.p.

2- Panossian, Z. ***Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas.*** Volume II. 1ª ediçao.1993.IPT. São Paulo.

3- Wolynec, S. 1976. ***Zincagem por Imersão a quente.*** Associação Brasileira de Metal (ABM). São Paulo.

4- Souza, M.E.P.; Ariza, E.; Ballester, M. *et al*. ***Resistência à corrosão de aço galvanizado e de aço eletrodepositado com ZnFe revestido por resinas de silicone***. *Corros. Prot. Mater.*, out. 2006, vol.25, no.4, p.121-125. ISSN 0870-1164.