

## **Monitoramento da corrosão de aço galvanizado em soluções de fosfato em meio ácido** Thalyta Fonseca Silva<sup>a</sup>, Dalila Moreira da Silveira<sup>b</sup>

### **Resumo**

Este trabalho expõe o monitoramento do aço galvanizado em meio a solução ácida comparado com a mesma solução em pH neutro. A solução utilizada para este procedimento foi a solução de sulfato de sódio juntamente com fosfato de sódio. Neste experimento foi montado um dispositivo no qual colocou-se os eletrodos de referência, o contra eletrodo e a espécime de aço galvanizado soldada ao fio de cobre protegida com epóxi juntos foram monitorados através do Potenciostato. Passaram pelos ensaios de potencial de circuito aberto (OCP), impedância e polarização. Pode se observar visualmente que os espécimes em pH 2 apresentaram maior deterioração da camada de zinco como esperado, pois quanto mais ácido o meio maior a concentração de íons  $H^+$  e maior velocidade de oxidação das estruturas metálicas. Nesta pesquisa, pretende-se analisar o comportamento do aço galvanizado em diferentes concentrações e soluções ácidas monitorando a corrosão e a ação do fosfato como agente de proteção.

**Palavras-chave:** corrosão, aço galvanizado, solução ácida.

### **Introdução**

No que se refere a consumo de aço, a indústria exige cada vez mais produtos duráveis e de qualidade, tem-se avançado em tecnologias que visam meios de amenizar os desperdícios, poupar capital financeiro e buscar soluções para evitar problemas provenientes da corrosão. Na corrosão em meios eletroquímicos, há o aparecimento do eletrólito solução eletricamente condutora, constituída de água contendo sais, ácidos ou bases promovendo assim as reações de oxidação e redução. Em meios ácidos ocorre um decréscimo da acidez no entorno da área catódica e em meios básicos ocorre acréscimo da alcalinidade no entorno da área catódica e independentemente do material metálico e do mecanismo proposto uma das características do processo de corrosão em meio ácido é o aumento do pH no decorrer do tempo, quanto mais ácido o meio maior a concentração de íons  $H^+$  e maior velocidade de oxidação das estruturas metálicas, neste ambiente o processo predominante de oxidação se dá através da redução de  $O_2$  por ação dos íons de hidrogênio (meio ácido aerado) e oxidação dos íons metálicos (perda de elétrons) [1]. Os casos de corrosão mais acentuados ocorrem quando o aço, por exemplo o aço galvanizado, é exposto a pH muito ácido ou muito alcalino. E a presença de um meio ácido juntamente com íons cloreto e sulfato acelera este processo, aumentando as taxas de corrosão, por contribuírem para a elevação da condutividade elétrica da água. Estes íons colaboram principalmente o cloreto, para a retirada da camada passivada das superfícies metálicas. Para estudar esse fenômeno o presente trabalho propõe o monitoramento da corrosão do aço galvanizado em soluções de fosfato em meio ácido, utilizando soluções de fosfato, cloreto de sódio e sulfato de sódio, diferentes concentrações das mesmas a temperatura ambiente e com a variação do valor de pH de ácido até neutro. Foram utilizados espécimes de aço galvanizado presos por um fio de cobre protegido com epóxi, o eletrodo de

<sup>a</sup> Estudante de Engenharia Química – Universidade Federal de São João del Rei

<sup>b</sup> Doutorado em Engenharia Química – Universidade Federal de Minas Gerais

referência utilizado foi o de prata /cloreto de prata e os experimentos foram feitos em triplicatas, a fim de comparar os resultados e verificar o comportamento do aço galvanizado em ensaios de potencial de circuito aberto, polarização e impedância [2].

## Metodologia

Os ensaios de Potencial de Circuito Aberto, Espectroscopia de Impedância Eletroquímica e Polarização Potenciodinâmica Linear foram realizados no Laboratório de Engenharia Química, da Universidade Federal de São João del Rei, campus Alto Paraopeba. Para o desenvolvimento do experimento de monitoramento da corrosão do aço galvanizado em soluções ácidas foram preparados a solução de sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) a 3,5 % m/v juntamente com a solução de fosfato de sódio bibásico heptahidratado ( $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) a 3,5% m/v, com o valor de pH 2 e 7 à temperatura ambiente, a fim de analisar o comportamento do aço galvanizado em meio ácido e neutro. Posteriormente, pretende-se monitorar essa mesma solução em diferentes concentrações e analisar em pH 3, que se trata do objetivo da pesquisa. Inicialmente cortou-se o espécime de aço galvanizado com as seguintes medidas 2cm x 1,6cm, cada um foi soldado a um fio de cobre, as bordas e o local de solda foram protegidas com cola Epóxi com a marca *Araldite Hobby*, como representado na figura 1 a seguir.

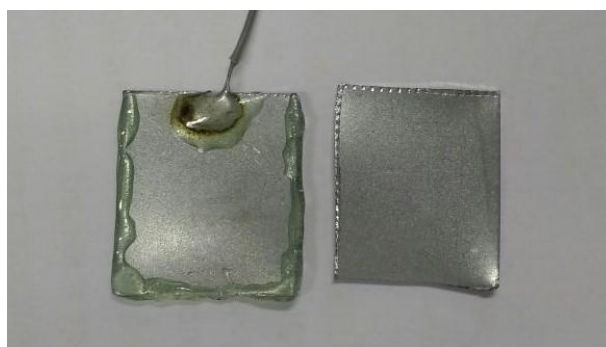


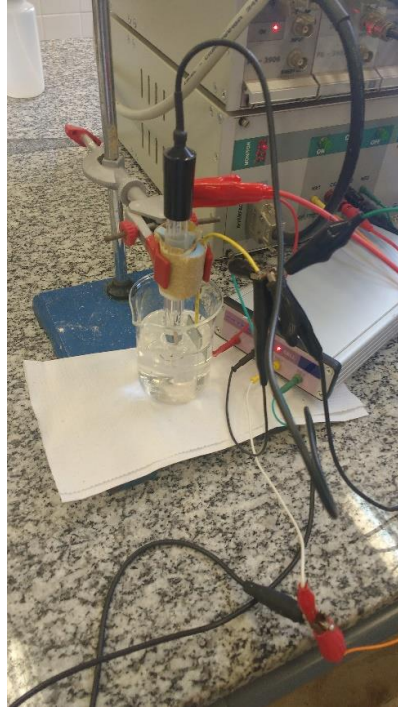
Figura 1- Espécimes de aço galvanizado

Em seguida, montou-se uma estrutura em um suporte com garras colocando um eletrodo de referência de Ag/AgCl, o eletrodo de platina como contra eletrodo e o fio de cobre com o espécime de aço galvanizado limpo com álcool. Em um béquer com 60 mL de solução de sulfato de sódio a 3,5 % m/v juntamente com a solução de fosfato de sódio bibásico heptahidratado a 3,5% m/v. Através do pHmetro devidamente calibrado, foi possível ajustar o pH da solução. Analisaram se em duplicata os espécimes de aço galvanizado em pH 7 e em seguida a duplicata dos espécimes em pH 2, ambos ajustados com a solução de ácido clorídrico (HCl) 1 mol/L.

Tabela 1 – Ajuste de pH com HCl 1mol/L

| Espécime | pH inicial | pH Final |
|----------|------------|----------|
| 1        | 8,63       | 7        |
| 2        | 8,65       | 7        |
| 3        | 8,66       | 2,02     |
| 4        | 8,63       | 2,02     |

Logo após conectou-se as respectivas garras do tipo jacaré do *Potenciostato Omnimetra PG39M16XSP* aos eletrodos e ao espécime e foram imergidos na solução, como representado na figura 2.



**Figura 2- Estrutura montada para o monitoramento do espécime de aço galvanizado**

O primeiro ensaio realizado foi o de OCP com 5000 amostragens e no tempo de 3600 segundos, para o ensaio de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica a tensão de excitação utilizada foi de 10 mV e por último foi realizado o ensaio de polarização com a voltagem de respectiva de cada experimento anterior. Os dados foram salvos e os gráficos dos respectivos ensaios foram plotados no programa *OriginPro 8* e os espécimes examinados no programa *ImageJ* para posterior análise.

Posteriormente serão testados outras soluções e outras variações, serão analisadas em soluções de cloreto de sódio juntamente com fosfato de sódio bibásico heptahidratado ( $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) em concentrações de 3,5%, 1,5% e 0,5% m/v e em apenas solução de fosfato de sódio, sulfato de sódio e cloreto de sódio com as mesmas concentrações, todas em triplicata, além de analisar os melhores e piores resultados apresentados pelo aço galvanizado com o aço carbono, afim de observar o comportamento do mesmo, de acordo com o organograma abaixo.

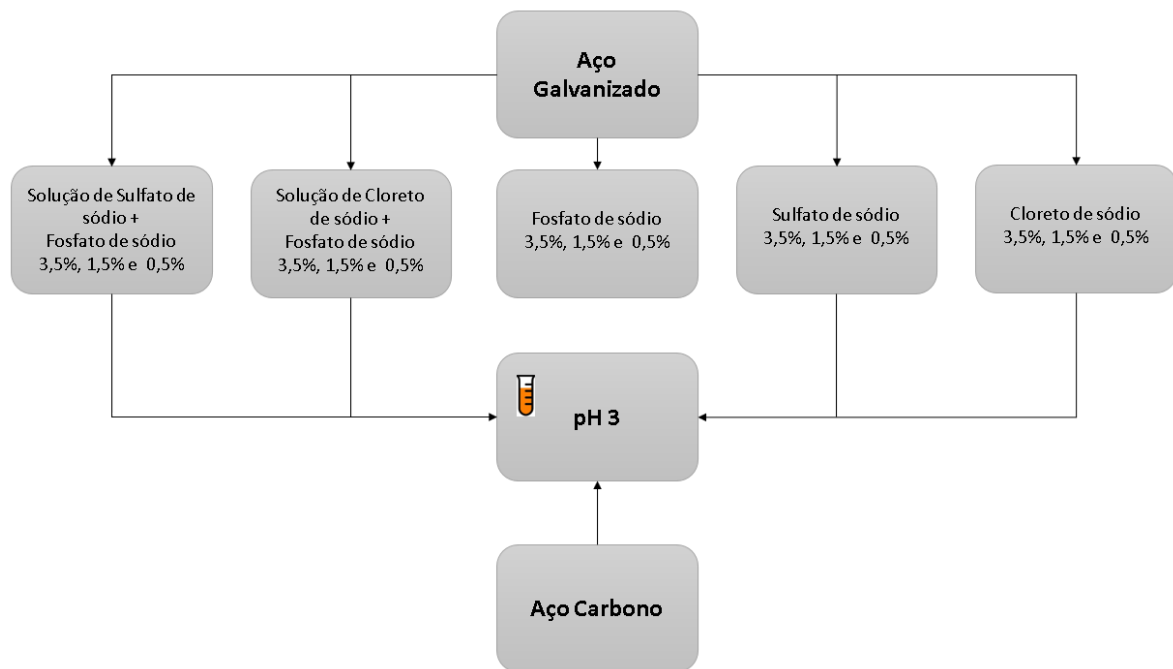


Figura 3- Organograma dos ensaios

## Resultados e discussão

Para o cálculo da área exposta à solução utilizou-se o programa *ImageJ*, os espécimes foram medidos e em cada ensaio área foi aproximado por duas vezes a área calculada pelo programa. Obtendo-se os valores representados na tabela 2.

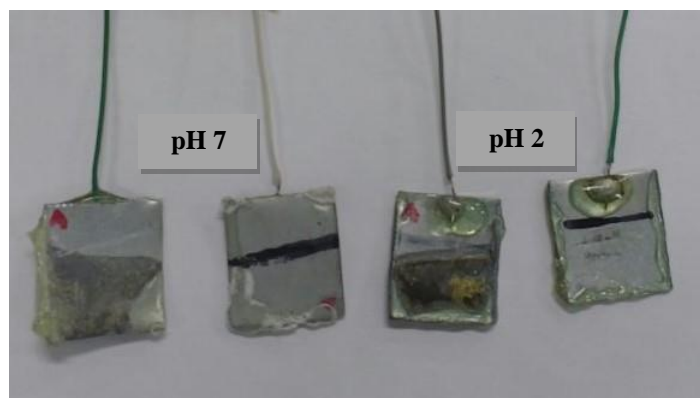
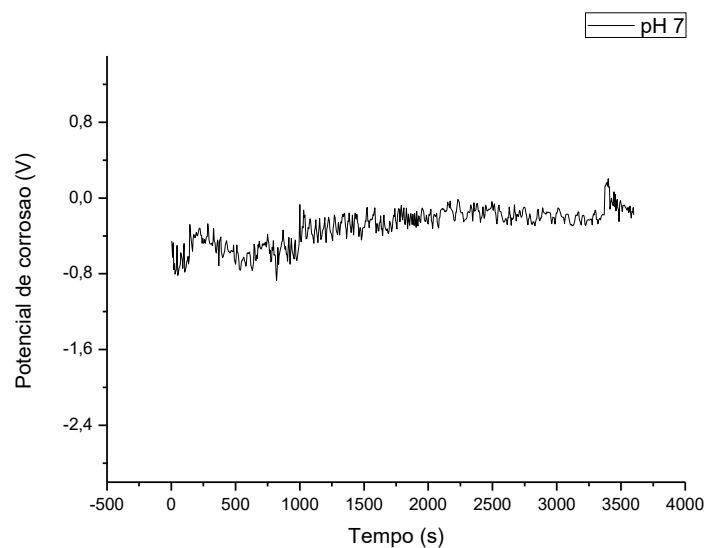


Figura 4- Espécimes de aço galvanizado em pH 7 e pH 2 após os ensaios de OCP, impedância e polarização

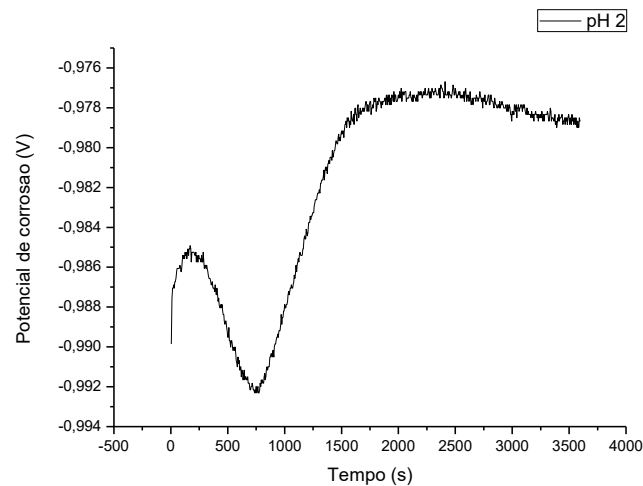
**Tabela 2 – Áreas das placas imersas em solução calculadas pelo software ImageJ.**

| Amostras                 | Área (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-------------------------|
| Aço Galvanizado 1 (pH 7) | 5,02                    |
| Aço Galvanizado 2 (pH 7) | 3,312                   |
| Aço Galvanizado 1 (pH 2) | 3,616                   |
| Aço Galvanizado 2 (pH 2) | 3,254                   |

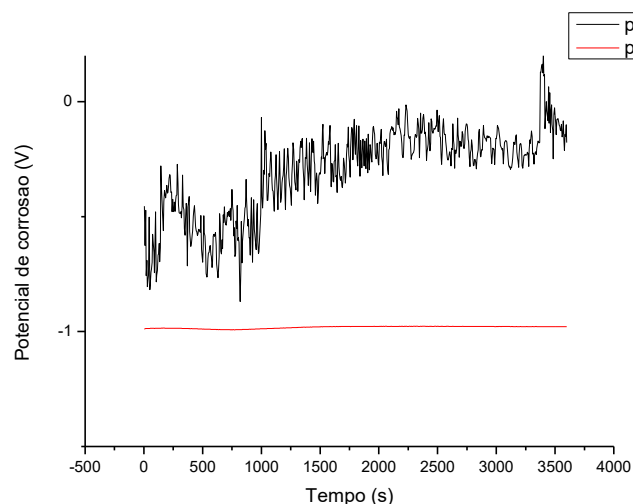
Os espécimes de aço galvanizado foram submetidos a solução de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) juntamente com a solução de fosfato de sódio bibásico heptahidratado (NaHPO<sub>4</sub>.7.H<sub>2</sub>O) ambos com a concentração de 3,5% m/v em pH 2 e 7. O primeiro ensaio realizado no Potenciostato foi o de Potencial de Circuito Aberto (OCP) este é obtido através da intersecção da curva de polarização catódica com a curva de polarização anódica, o potencial assumido pelo mesmo é medido com relação ao eletrodo de referência utilizado Ag/AgCl.



**Figura 5 - Gráfico de análise OCP para aço galvanizado imerso em Solução de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e NaHPO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O no pH de 7**



**Figura 6 - Gráfico de análise OCP para aço galvanizado imerso em solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  no pH de 2**



**Figura 7 - Gráfico de análise OCP comparativa para aço galvanizado imerso em solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  no pH de 2 e 7**

Para cada pH e solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  3,5 % m/v os ensaios foram realizados em duplicata. Uma média dos potenciais de corrosão obtidos foi feita para selecionar o valor que mais se aproximava do valor médio. Nas figuras 5 e 6 são apresentados os ensaios de OCP para o pH 7 e 2, respectivamente, e na figura 7 é apresentado um comparativo entre estes dois meios.

Visualmente podemos analisar que para o espécime em pH 7 (Figura 5) houve variações, porém não se apresentou de forma habitual como o espécime em pH 2, podemos inferir que a película de óxido do aço galvanizado não foi dissolvida e não houve formação de camada passivadora. Podemos observar também que a amostra em pH 2 (Figura 6) apresentou um aumento acentuado do potencial de circuito aberto, possivelmente correspondendo à formação

de camada passiva protetora, seguido de decréscimo no valor do potencial de circuito aberto podendo significar que houve dissolução ou degradação da camada de passivação. Demais ensaios serão realizados posteriormente, para obter um número de dados com maior precisão.

Logo a seguir, os espécimes passaram pelo ensaio de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica, trata-se de uma técnica eletroquímica não-destrutiva, envolvendo medições e análise de materiais em que a condução iônica predomina de maneira ampla. Com essa técnica é possível estudar a resposta da interface metal-solução, através da variação de corrente com o tempo. Este ensaio não apresentou curvas aceitáveis para análise.

O terceiro ensaio realizado foi o de polarização linear, este contribui para o conhecimento do potencial de corrosão, de passivação entre outros. A partir do mesmo obtêm-se curvas de polarização do metal, dentro da solução e prevê a varredura contínua do material na direção anódica. Este ensaio não apresentou curvas aceitáveis para análise

### **Conclusões**

---

Neste trabalho piloto foi possível observar a ação da acidez na corrosão do aço galvanizado em pH neutro e pH 2. Obtendo os seguintes resultados visualmente o espécime em pH neutro apresentou pouca variação em relação ao espécime em pH 2, o que era esperado, pois quanto mais ácido o meio maior a concentração de íons  $H^+$  e maior velocidade de oxidação das estruturas metálicas. Assim podemos inferir que a película de óxido do aço galvanizado não foi dissolvida e não houve formação de camada passivadora. Na amostra em pH 2 houve um aumento acentuado do potencial de circuito aberto, possivelmente correspondendo à formação de camada passiva protetora, seguido de decréscimo no valor do potencial de circuito aberto podendo significar que houve dissolução ou degradação da camada de passivação. Os ensaios de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica e Polarização Potenciodinâmica Linear não apresentaram curvas aceitáveis para análise, outros ensaios serão realizados posteriormente, para obter um número de dados com maior precisão.

Pretende-se analisar em pH 3 outras variações de soluções e concentrações para verificar a ação do meio ácido no aço galvanizado frente a íons distintos e verificar até que ponto o fosfato consegue proteger o metal, visando contribuir com o conhecimento científico para sua aplicação na indústria a fim de amenizar os desperdícios e prejuízos referentes a corrosão.

### **Referências bibliográficas**

---

[1] NUNES, Laerte de Paula. *Fundamentos de resistência à corrosão*. Rio de Janeiro: Editora Interciência: IBP: ABRACO, 2007.

[2] WOLYNEC, S. *Técnicas Eletroquímicas em corrosão*. São Paulo: EDUSP, junho de 2002. 163 f. São Paulo, 2002.