



ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE CÉLULA DE PROTEÇÃO CATÓDICA EM MEIO DE ÁCIDO.

Victória Ester de Lima Soares¹, Luiz Ferreira da Silva Filho², Gecílio Pereira da Silva³.

Resumo: A corrosão é um dos principais problemas que atingem os materiais, podendo causar grandes prejuízos econômicos e sociais. Deteriorando tanto materiais metálicos quanto não-metálicos, estando presentes nas mais diversas atividades industriais tais como: construção civil, setores naval, aeroespacial, de máquinas dentre outras. Muitos investimentos técnicos e econômicos são despendidos todos os anos no combate e monitoramento desse problema, visando proporcionar uma durabilidade maior das estruturas a serem protegidas. Contudo, ainda assim, há muitas perdas financeiras, riscos às vidas humanas e ambientais que envolvem essa questão. Dentre as muitas formas de combate à corrosão o método da proteção catódica por ânodo de sacrifício é um dos mais utilizados devido a sua elevada eficiência e viabilidade econômica. O desenvolvimento de uma célula de proteção catódica portátil além de apresentar um custo inferior, possui um tamanho adequado para aplicações em estruturas de médio e pequeno porte, viabilizando seu emprego com eficiência similar às obtidas nas grandes estruturas, além de apresentar a possibilidade de substituição facilitada. Este trabalho trata, então, da criação desta célula portátil e da análise da sua eficiência por meio da análise das taxas de corrosão, entre um metal protegido e um metal não protegido, por perda de massa, demonstrando que a célula é eficiente e é viável seu desenvolvimento e aplicação.

Palavras-chave: Corrosão. Proteção catódica. Meio ácido.

1. INTRODUÇÃO

Na natureza todos os metais estão na forma de minérios, com exceção do mercúrio, cobre, prata, ouro e platina. Os minerais são as formas mais estáveis termodinamicamente e para transformá-los em metais é necessário que seja cedido para eles energia, a qual é liberada dos metais quando estes sofrem corrosão. Assim, pode-se definir corrosão para os metais como sendo sua reação com o meio em que está inserido, onde este é transformado para um estado não metálico mais estável, fazendo com que sejam perdidas propriedades essenciais [1]. O processo de corrosão também ocorre em materiais não metálicos através da deterioração dos mesmos através de suas interações com o meio, porém são nos materiais metálicos e suas ligas que geram os maiores problemas em questão de quantidade.

O aço-carbono é o material metálico mais usado em tubulações industriais pelas suas características de fácil moldagem e soldagem, pela relação baixa entre custo e resistência e pela sua facilidade de obtenção no mercado, sendo seu uso descartado apenas em casos especiais que o proíbam. Um exemplo é o fato de que 90% das tubulações de uma refinaria de petróleo são compostas por aço-carbono. Essa liga metálica possui uma resistência a corrosão relativamente baixa e por esse motivo pode ser empregado em sua composição uma sobreespessura para corroer durante o tempo de vida útil da tubulação sem prejudicar sua resistência mecânica [2]. Porém, normalmente, se faz necessário uma proteção que impeça essa corrosão. Isso porque é conhecido, a partir de diversos estudos, que os custos de corrosão em vários países equivalem a cerca de 3% do PIB (produto interno bruto), sendo que entre 10% e 45% das perdas por esse problema poderiam ser evitadas com a aplicação correta das tecnologias já existentes [3].

Uma forma de impedir a corrosão é a proteção catódica, que é aplicada em instalações metálicas que estão em contato com eletrólitos, como solos e meios aquosos (instalações enterradas e submersas). Ela trata de proteger os metais que estão imersos em um eletrólito e possuem em sua superfície áreas anódicas e catódicas e um consequente fluxo de corrente elétrica que sai da área anódica gerando sua corrosão e vai, através do eletrólito, para a área catódica gerando sua redução. Assim, essa proteção trata de eliminar as regiões anódicas da superfície metálica transformando-o apenas no catodo do sistema que receberá a corrente elétrica vinda de um anodo metálico de sacrifício, se for pela proteção catódica galvânica, ou por uma força eletromotriz de uma fonte geradora da corrente, se for pela proteção catódica por corrente impressa [4].

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma célula de proteção catódica galvânica portátil e analisar

sua eficiência e eficácia por meio de testes em meio ácido, onde serão monitoradas as taxas de corrosão por perda de massa em placas de aço SAE 1020.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Fundamentação Teórica

O problema da corrosão atinge materiais metálicos ou não metálicos (polímeros, borracha, concreto, madeira), causando a sua deterioração e prejudicando seu desempenho e durabilidade. Pode ser definida como sendo um processo de degradação espontânea desses materiais decorrente de suas interações com o ambiente em que está presente por meio de ações químicas ou eletroquímicas, que podem estar associadas a esforços mecânicos [4].

Esse processo de deterioração pode ocorrer de várias formas, para a análise dos danos causados visualmente pode-se citar: corrosão uniforme, que se caracteriza por afetar toda a superfície de maneira homogênea, sendo a menos agressiva; corrosão por placas, que se caracteriza por ocorrer apenas em algumas regiões da superfície; corrosão alveolar, que se caracteriza por apresentar alvéolos com fundo arredondado e não profundo; corrosão por pites, que ocorre ataque em um ponto isolado e adentra o interior do metal, sendo muito perigosa; corrosão intergranular, que se caracteriza por seguir o caminho dos contornos de grãos do material; dentre outras [5]. A figura 1 mostra algumas dessas formas de corrosão

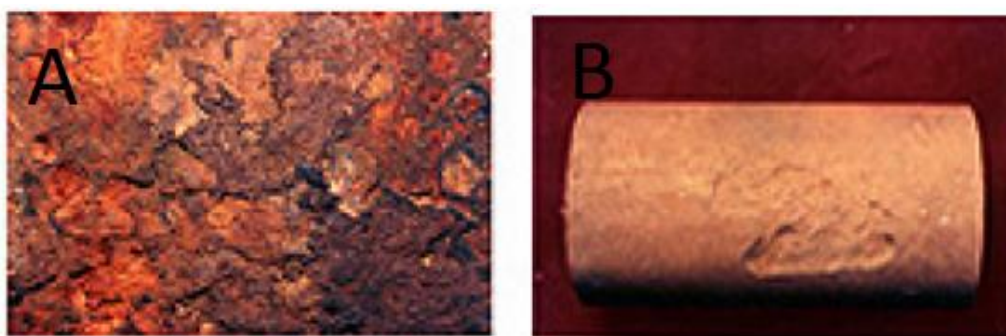


Figura 1. A imagem A apresenta corrosão uniforme e a imagem B apresenta corrosão em placas. (PONTE, 2003)

É de extrema importância nos estudos sobre este tema que se levem em consideração tanto as especificações do material, quanto as condições operacionais e os meios corrosivos. Estes implicam em diferentes mecanismos de corrosão: o mecanismo eletroquímico está relacionado com a formação de uma pilha de corrosão, no qual há transferência de elétrons que são cedidos de uma região chamada de anódica (onde ocorre a oxidação) passando através de um eletrólito (solubilizado em água ou fundido) e são recebidos na região catódica do metal; no mecanismo químico não há transferências de elétrons, havendo um ataque direto entre o meio corrosivo e o material, encaixando-se nessa forma tanto materiais metálicos quanto não metálicos; existe também o mecanismo físico no qual há dissolução física ou fratura do material por meio de um metal no estado líquido, ou mesmo, a entrada deste nos contornos de grão do metal [4].

Os meios corrosivos mais encontrados são: a atmosfera, no qual os metais, frequentemente, estão mais expostos, e sua composição varia de acordo com a geografia, o local e a época do ano; meios marítimos, que é um dos mais corrosivos entre os meios naturais, combinando atmosfera repleta de sal, a própria água do mar e o lodo no fundo do mar; solos, que variam de acordo com o local e são caracterizados pela composição e interação com outros ambientes; e produtos químicos, muito utilizados em indústrias, podendo ser agressivos para alguns metais e para outros não serem agressivos, além de estar normalmente associado com outros agravantes da corrosão como temperatura, pressão, tensões, dentre outros [1].

Isso representa o quão oxidativo é o ambiente terrestre pela presença de oxigênio e água, com o processo de corrosão sendo agravado quando há substâncias ácidas presentes na água. A chuva se torna ácida pela presença de ácido carbônico (H_2CO_3), mas também aumenta sua acidez com a presença de poluentes que formam ácidos. Ligas de aço, por exemplo, quando expostas a água e oxigênio, sofrem deterioração gerando alguns produtos de corrosão, que aparecem dependendo do quão forte é o ataque, e no caso de baixo pH haverá uma maior proporção de Fe_3O_4 (magnetita), que representa uma forte deterioração do ferro metálico. Quando o pH do meio é maior que 10, há uma taxa de corrosão menor do ferro, pela sua passivação; quando o pH está entre 4 e 10, a taxa de corrosão depende apenas da difusão do oxigênio sobre a superfície metálica; porém quando o pH está abaixo de 4 há um aumento da taxa de corrosão, evidenciando que o meio ácido é bastante agressivo [6].

Uma pesquisa realizada em unidades fabris da DuPont relatou que 55% das falhas em equipamentos distintos foram ocasionadas por corrosão, e dessas, 90% foi em meio aquoso. Como esse meio é caracterizado por ser um eletrólito, pode-se constatar que a corrosão eletroquímica é a mais frequente [3].

Essa forma eletroquímica está relacionada com a passagem de partículas carregadas (íons, elétrons) em uma

distância finita, sendo maior que a distância entre átomos. Assim, em geral, quando há reações na superfície de um metal, havendo a passagem de corrente elétrica no mesmo, a reação é eletroquímica, e isso ocorre pela diferença de potencial existente entre partes da superfície do próprio metal. O eletrólito é o meio existente para que os íons possam se movimentar, que pode ser líquido, normalmente aquoso (na maioria dos casos) ou sólido (reações de oxidação, onde os íons se movimentam pela película de óxido formado na superfície do metal) [3].

Uma experiência que pode exemplificar a reação eletroquímica é a “experiência de gota salina” de U. R. Evans, no qual foi colocado numa superfície lixada de aço-carbono uma gota de solução de NaCl a 3% misturada com indicador ferricianeto de potássio (em presença de íons ferrosos se torna azul) e com indicador fenolftaleína (em presença de hidroxila se torna vermelho). A figura 2 ilustra a experiência [3].

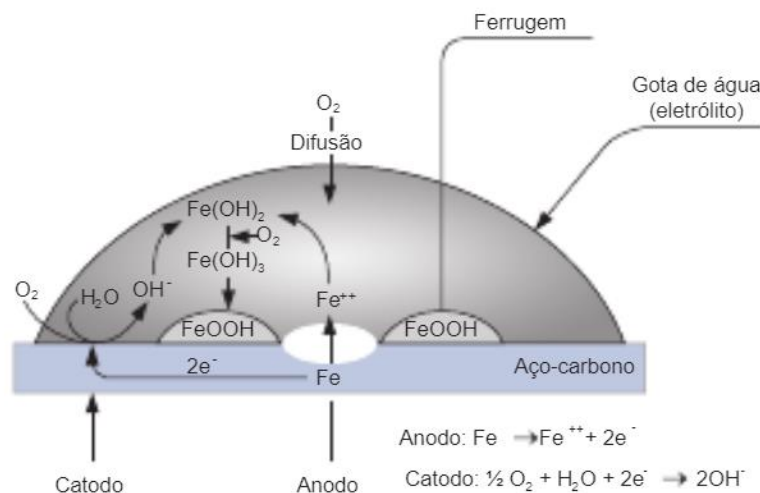


Figura 2. Experiência da gota salina. (PANNONI, 2015)

Como resultados da experiência foi observado o aparecimento de coloração azul pela formação de íons ferro (II) constituindo a reação anódica (Equação 1) e aparecimento de coloração rosa pela formação de hidroxila constituindo a reação catódica (Equação 2). Caracterizando a oxidação do ferro do aço-carbono e a redução do oxigênio [3].



Essas reações geram como produto final a ferrugem, que é constituído principalmente de FeOOH (representado pela Equação 3) e Fe₃O₄ (representado pela Equação 4).



Os metais são os materiais que mais são atingidos por problemas de corrosão pelo fato dos meios corrosivos serem mais agressivos para eles do que para materiais formados por polímeros ou por cerâmica, e por serem os mais usados nos diferentes campos de atividades graças as suas propriedades e características que os tornam mais apropriados. Estima-se que, no mundo, são gastos cerca de 1/4 a 1/3 de aço para reparar os danos produzidos pela corrosão, substituindo os equipamentos afetados. O custo total da corrosão nos diversos materiais oscila em torno de 3 a 4% do produto interno bruto de um país. Os custos envolvem substituição, reparação, contaminação, perdas de produções e medidas de proteção e prevenção [7].

As pesquisas em torno dessas medidas de proteção e prevenção são muito importantes para que haja uma melhora nos métodos utilizados e desenvolvimento de novos. De acordo com a Vice-Presidente da ABRACO, Zehbour Panossian, se métodos de proteção e prevenção da corrosão fossem aplicados corretamente, haveria uma minimização de custos em cerca de 30% [8].

Um método muito eficiente e de baixo custo para a eliminação dos processos de corrosão nos metais é a proteção catódica em conjunto com um revestimento protetor conveniente. O revestimento serve para impedir a formação das pilhas de corrosão no metal, isolando-o do eletrólito por meio de uma barreira protetora. Porém ele acaba não sendo 100% eficiente por vários fatores, como por exemplo, falhas no processo manual de aplicação e instalação, danos causados durante o transporte e manuseio, variações no solo, dentre outros, necessitando então de mais um recurso de proteção [9].

A proteção catódica é muito indicada para a proteção de instalações submersas ou enterradas, que se aplicada

corretamente, consegue manter um revestimento 100% eficiente. Quando um equipamento metálico está imerso em um eletrólito são formadas em sua superfície regiões anódicas e catódicas, nas quais ocorrem transferências de elétrons de uma para outra fazendo com que haja oxidação na região de perda de elétrons, caracterizando as pilhas de corrosão. A proteção catódica consiste, então, na eliminação dessas pilhas de corrosão na superfície do metal por meio da utilização de outro metal de baixo custo que funcionará como o anodo do sistema, eliminando as regiões anódicas do equipamento a ser protegido tornando-o apenas o catodo do sistema [9].

Essa forma de proteção pode ser aplicada por corrente impressa ou pelo método galvânico, que podem ser escolhidos dependendo das condições em que o equipamento a ser protegido estiver, levando em consideração fatores econômicos e técnicos. O método por corrente impressa constitui-se da utilização de uma cama de anodos inertes ligada ao catodo (metal a ser protegido) por meio de uma fonte externa de corrente impressa, que é vantajoso em aplicações para instalações de grande porte, não necessitando de um bom revestimento e estando em meios com alta resistividade elétrica, porém há a necessidade de manutenção periódica e o risco de existir interferências com outras instalações metálicas [9].

O método galvânico consiste apenas na utilização do metal de sacrifício e no seu menor potencial em relação ao metal catódico (para que assim possa haver a transferência de elétrons do anodo para o catodo, efetuando a proteção), sendo ligados por meio de um fio condutor. É utilizado em meios com baixa resistividade elétrica, gerando pouca corrente e necessitando de um bom revestimento em instalações de médio a pequeno porte. Possui a vantagem do baixo custo tanto na instalação quanto na necessidade de manutenção, além dos anodos de sacrifícios serem baratos (em solo os mais usados são o zinco e o magnésio, e na água os mais usados são o zinco e o alumínio) [9]. Na utilização dos anodos enterrados é necessária a utilização de um enchimento condutor, (mistura de betonita, de gesso e de sulfato de sódio) envolvendo-os para que este possa absorver a umidade do solo, minimizando a resistência de aterramento, tornando mais eficiente a passagem de corrente do anodo para o solo gerando um desgaste uniforme e evitando que sejam formados películas protetoras na superfície do anodo [4].

2.2. Método

Este trabalho experimental teve início com a preparação das amostras a serem analisadas por meio de limpezas, produção, preparação de soluções e montagem do sistema. Teve duração de sete semanas, constituindo-se da análise de perdas de massa dos metais elementos da amostra e do registro fotográfico das mesmas, no qual foi realizado no Laboratório de Química Aplicada à Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

2.2.1 Preparação das Semicélulas

Para a preparação da semicélula de proteção catódica foi utilizada uma liga de zinco (metal escolhido como anodo de sacrifício) imerso em um enchimento condutor composto de 20% de betonita, 60% de gesso, 5% de sulfato de sódio e 15% de água destilada, colocados em luvas de correr de PVC como mostra a figura 3.



Figura 3. Anodo de sacrifício. (Autoria própria)

2.2.2 Preparação dos Eletrodos

Para o preparo dos eletrodos foram utilizados duas barras de aço SAE 1020 com dimensões 14 cm x 2,5 cm x 3 cm, que foram limpos por meio do processo de decapagem ácida e desengraxe manual, para a retirada de impurezas.

2.2.3 Meio Corrosivo

O meio utilizado para a análise de corrosão foi a solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,5 mol/L.

2.2.4 Montagem do Sistema

Na montagem do sistema foi utilizada abraçadeira de plástico para acoplar o anodo na superfície do eletrodo e tanto o eletrodo com a proteção quanto o eletrodo sem a proteção foram colocados em béqueres de plástico contendo a solução ácida. Os béqueres foram postos em um depósito de plástico, como mostra a Figura 4. O depósito era mantido fechado durante a semana.



Figura 4. Depósito contendo as amostras de análise. (Autoria Própria)

2.2.5 Acompanhamento da variação de massa

Para a realização das pesagens, o anodo de sacrificio era retirado do eletrodo que o continha e reservado. Em seguida era feito a decapagem nos dois eletrodos, no qual eles eram imersos em solução de Clark, composto por 200 mL de ácido clorídrico concentrado (HCl), 4 g de trióxido de antimônio (Sb_2O_3) e 10 g de cloreto de estanho (SnCl_2) [10], por cerca 10 a 20 minutos, seguido da retirada da solução de limpeza, lavados com água destilada e secos. Os eletrodos eram, então, pesados em uma balança analítica e, logo após, era preparado novamente o sistema, acoplado o anodo no metal que já estava sendo protegido, e colocando novamente as amostras nas soluções ácidas de análise.

As massas eram pesadas a cada sete dias e durante 7 semanas, no qual, passado esse tempo de experimento foram usadas para calcular as taxas de corrosão sendo determinadas pela Equação 5.

$$\text{Taxa de corrosão} = (K \times W) / (A \times T \times D)$$

Onde:

K = Uma constante

T = Tempo de exposição em horas

A = Área em cm^2

W = Massa perdida em gramas

D = Densidade em g/cm^3 [10].

A densidade para o aço-carbono é $7,86 \text{ g/cm}^3$ e o valor para a constante utilizado foi de $8,76\text{E}+04$ que pode ser consultado na Figura 5.

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimeters per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometers per year ($\mu\text{m/y}$)	8.76×10^7
picometers per second (pm/s)	2.78×10^6
grams per square meter per hour ($\text{g/m}^2\cdot\text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
micrograms per square meter per second ($\mu\text{g/m}^2\cdot\text{s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D$

Figura 5. Valores para constante da taxa de corrosão de acordo com a unidade. (ASTM, 1999)

2.3. Resultados e Discussões

Os resultados da análise por perda de massa são observados na Figura 6, no qual observa-se uma variação de massa nos dois eletrodos.

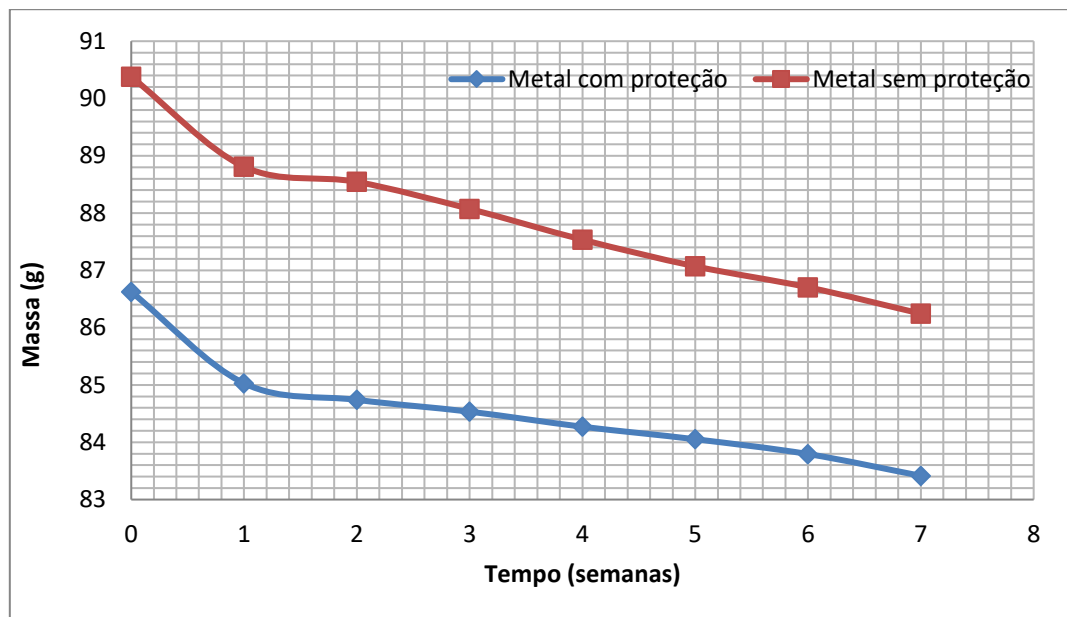


Figura 6. Gráfico da perda de massa com o tempo. (Autoria Própria)

A Tabela 1 mostra as massas medidas na semana 0 do experimento e na última semana.

Tabela 1. Massas iniciais e finais dos eletrodos. (Autoria própria)

Tempo (semanas)	Massa (g)	Massa (g)
	(metal com proteção)	(metal sem proteção)
0	86,62	90,38
7	83,41	86,24

A partir da tabela verifica-se que há uma variação de 3,21 g no metal com a proteção e há uma variação de 4,14 g no metal sem a proteção, mostrando que houve um ataque maior no metal que não continha o anodo de sacrifício. Uma forma melhor de observar graficamente essa diferença de ataque corrosivo é por meio da variação de porcentagem do metal com o tempo, de acordo com a Figura 6.

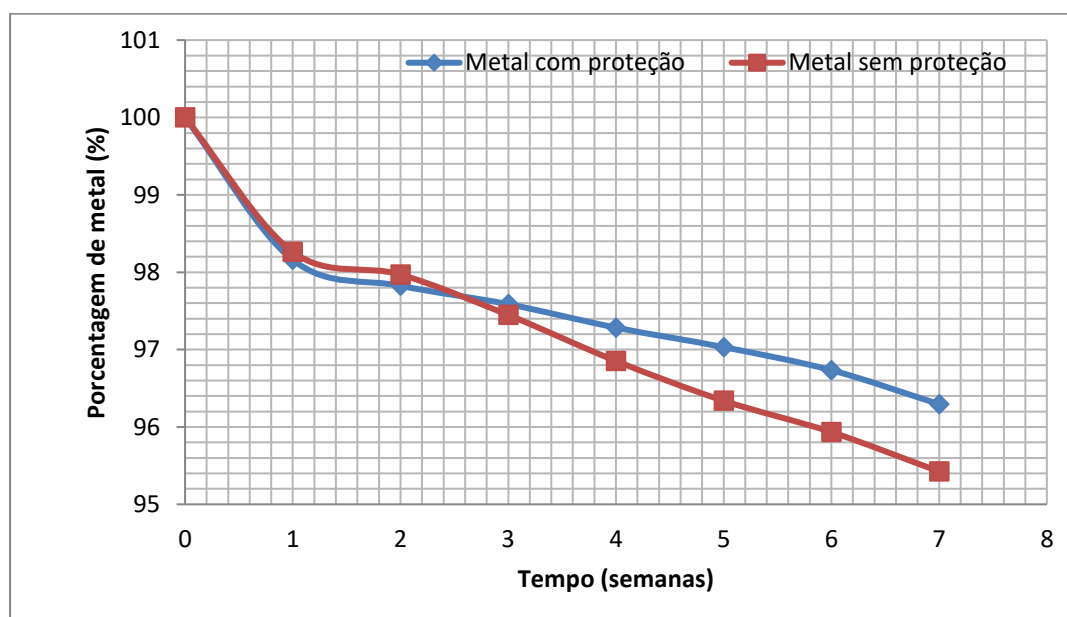


Figura 7. Gráfico da porcentagem de metal com o tempo. (Autoria Própria)

Pelo gráfico observa-se que, no início, as porcentagens de metal dos dois eletrodos seguiam muito próximas, acontecendo, até mesmo, do eletrodo sem proteção possuir uma porcentagem maior. Porém com o passar do tempo verificou-se uma proteção efetiva do sistema por anodo de sacrifício, no qual houve um maior ataque corrosivo no eletrodo que não estava sendo protegido catodicamente. A tabela 3 mostra as taxas de corrosão calculadas a partir da Equação 5, utilizando as informações da tabela 2.

Tabela 2. Informações para cálculo da taxa de corrosão

Propriedades	Valores
Área (cm ²)	35
t (h)	1248

Tabela 3. Taxa de corrosão dos dois eletrodos. (Autoria própria)

Eletrodos	Taxa de corrosão
Metal com proteção	0,721 mm/ano
Metal sem proteção	0,936 mm/ano

A partir da análise das taxas de corrosão, percebe-se uma diferença relevante que evidencia a eficiência da proteção catódica com a utilização do zinco como anodo de sacrifício. Além da comprovação quantitativa que se seguiu, isso também pode ser constatado pela observação da aparência dos metais, de acordo com as Figura 8 e Figura 9.

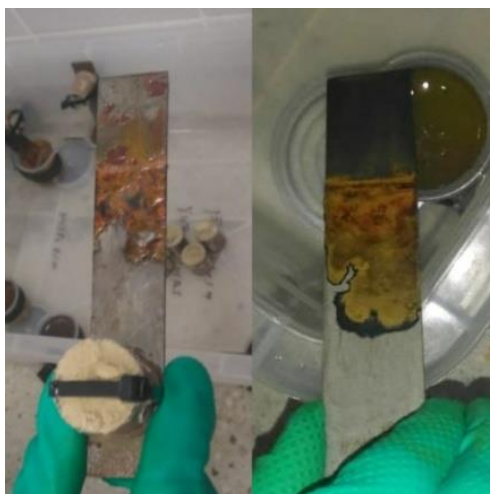


Figura 8. Aspectos iniciais dos eletrodos. (Autoria própria)

A Figura 8 mostra os eletrodos no início do experimento e os primeiros aspectos de corrosão nos dois metais, porém sem a possibilidade de constatar qualquer resultado. Observa-se que a corrosão nos metais segue um aspecto uniforme em sua forma.



Figura 9. Aspectos corrosivos dos Eletrodos na última análise. (Autoria própria)

A Figura 9 mostra os eletrodos na última semana do experimento com uma diferença significativa entre o metal que possui a proteção catódica e o metal sem a proteção. Embora, haja uma maior corrosão no metal protegido em ralação ao início, demonstrado na Figura 8, isso não afeta a resistência mecânica do aço que consegue ter uma vida útil maior graças ao anodo de sacrificio acoplado em sua superfície.

3. CONCLUSÕES

Em virtude dos resultados apresentados, pode-se concluir que é possível a criação e utilização de uma semicélula de proteção catódica portátil com o zinco como metal de sacrificio alcançando-se uma eficiente proteção sobre o aço-carbono em meio ácido. O metal acoplado ao anodo, mesmo apresentando aspectos de ter sofrido corrosão, demonstra uma baixa taxa de corrosão se comparado com o metal sem o anodo e consegue ser utilizado sem o comprometimento de suas propriedades, em razão de que ocorre uma oxidação superficial podendo ser eliminada com a utilização de um recurso auxiliar, como por exemplo, pinturas. Assim, o objetivo do experimento é alcançado ao constatar a eficiência da célula galvânica desenvolvida de forma a ser portátil, diferenciando-se, assim, das demais formas de aplicação da proteção catódica.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RAMANATHAN, Lalgudi V. Corrosão e seu controle. Hemus, 339 p.
- [2] TELLES, Pedro C. Silva. Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem. 10. ed., LTC,, 252 p.
- [3] PANNONI, Fábio Domingos. Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. 6.ed., Gerdau, 2015, 97 p.
- [4] GENTIL, Vicente. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012, 360 p.
- [5] PONTE, Haroldo de Araújo. Fundamentos da corrosão. Curitiba, 2003.
- [6] MAIA, Daltamir Justino; SEGRE, Nádia; SCATIGNO, Andreza Costa; STELLA, Mercia Breda. Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro. Química Nova Escola. Vol. 37, N° 1, p. 71-75, 2015
- [7] GEMELLI, Enori. Corrosão de Materiais Metálicos e Sua Caracterização. LTC editora, 2001.
- [8] ABRACO. Pesquisa Tecnológica: essencial ao desenvolvimento do conhecimento da Corrosão. Revista Corrosão & Proteção, Ano 16 , nº 66, jan/fev/mar 2019.
- [9] GOMES, Luiz Paulo. Sistema de proteção catódica. IEC Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda, 211 p.
- [10] ASTM G1. Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens, 1999.

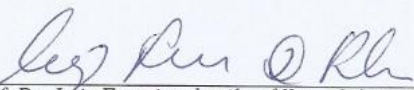


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CCEN

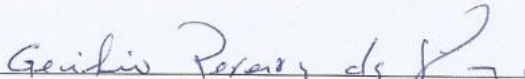
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às onze horas do dia quatorze de agosto de dois mil e dezenove, na sala 05 do setor III de aulas, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, sob a presidência do Professor Dr. Luiz Ferreira da Silva Filho, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de autoria de VICTÓRIA ESTER DE LIMA SOARES, aluno(a) do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia desta Universidade, com o título **“ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE PROTEÇÃO CATÓDICA EM MEIO ÁCIDO”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída: *Luiz Ferreira da Silva Filho*, presidente da banca e orientador do TCC, *Gecilio Pereira Silva*, membro interno, *Manuel Reginaldo Fernandes*, membro interno. Foram registradas as seguintes ocorrências: o trabalho foi apresentado pelo(a) autor(a) que, em seguida, foi arguido(a) pela Banca Examinadora. As alterações propostas foram correções no texto. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da Banca Examinadora, tendo a aluno(a) obtido às seguintes notas: 9,5; 9,5; 9,5. Feita a apuração, verificou-se que a candidato(a) foi APROVADO(A) com a média geral **9,5**, fazendo jus, portanto, ao título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E para constar, eu, Luiz Ferreira da Silva Filho, secretário *ad hoc*, lavrei a presente ata que, após lida e achada conforme, será assinada pelos senhores membros da Banca Examinadora.

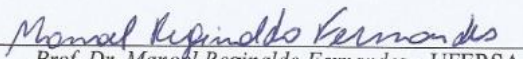
Mossoró-RN, 14 de agosto de 2019.



Prof. Dr. Luiz Ferreira da Silva Filho – Orientador - UFERSA



Prof. Dr. Gecilio Pereira Silva – UFERSA



Prof. Dr. Manoel Reginaldo Fernandes – UFERSA