

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE
POTENCIAL PARA ESTUDO ELETROQUÍMICO DA
CORROSÃO DE VIGAS DE AÇO PROTEGIDAS POR FILMES
POLIMÉRICOS**

VALSON DO CARMO MORAES JÚNIOR

Rio Verde, GO

2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE

ENGENHARIA CIVIL

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE POTENCIAL
PARA ESTUDO ELETROQUÍMICO DA CORROSÃO DE VIGAS DE
AÇO PROTEGIDAS POR FILMES POLIMÉRICOS**

VALSON DO CARMO MORAES JÚNIOR

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal
Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos
Perbone de Souza

Rio Verde - GO

Novembro, 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MV214d Moraes Junior, Valson do Carmo
Desenvolvimento de um Controlador de Potencial para Estudo Eletroquímico da Corrosão de Vigas de Aço Protegidas por Filmes Poliméricos / Valson do Carmo Moraes Junior; orientador João Carlos Perbone de Souza. -- Rio Verde, 2019.
16 p.

Monografia (em Engenharia Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Revestimento. 2. Aço. 3. Eletroquímica. 4. Polímeros. 5. Resíduos. I. Perbone de Souza, João Carlos, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Valson do Carmo Moraes Júnior

Matrícula: 2016102200840490

Título do Trabalho: Desenvolvimento de um controlador de potencial para estudo eletroquímico da corrosão de vigas de aço protegidas por filmes poliméricos

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 18/12/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

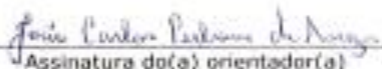
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 29/11/2019.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



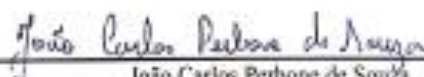
Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

ANO	SEMESTRE
2019	2

No dia 29 do mês de novembro de 2019 às 14 horas reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Denner Ferreira Costa, João Carlos Perbone de Souza e Michell Macedo Alves para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "Desenvolvimento de um Controlador de Potencial para estudos eletroquímicos da corrosão de vigas de aço protegidas por filmes poliméricos" do acadêmico Valson do Carmo Moraes Junior, matrícula nº 2016102200840490 do curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Câmpus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela aprovação do acadêmico. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 29 de novembro de 2019.



João Carlos Perbone de Souza
Orientador(a)



Denner Ferreira Costa

Membro


Michell Macedo Alves

Membro

Observação:

() O(s) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

RESUMO

MORAES JÚNIOR, Valson do Carmo. **Desenvolvimento de um controlador de potencial para estudo eletroquímico da corrosão em vigas de aço protegidas por filmes poliméricos.** 2019. 16 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2019.

A corrosão metálica é um grande problema na construção civil, considerando que grande parte das estruturas utilizadas contém ou são compostas por ligas metálicas. Este processo deteriora as estruturas, fazendo assim que a vida útil das edificações seja reduzida e a manutenção seja elevada. O projeto visou o desenvolvimento de um controlador de potencial e o desenvolvimento de filmes poliméricos que revestirão as vigas de aço visando a redução do processo corrosivo. O controlador foi construído usando componentes simples e baratos, sendo uma fonte 9V, um Tip 42C, um potenciômetro de 100k Ω , uma protoboard e cabos garra jacaré para ligação dos eletrodos. Ele é capaz de alterar manualmente a tensão aplicada no sistema. Os filmes poliméricos são formados por resíduos sólidos abundantes como Polietileno, visando em conjunto a diminuição de resíduos no meio ambiente. Analisou-se através de ensaios de absorvância nas soluções e MEV nas vigas, a eficiência dos filmes constituídos de resíduos sólidos na proteção do aço contra a corrosão eletroquímica, visando diversificar as possibilidades de proteção de uma estrutura exposta a condições favoráveis a corrosão. Os resultados foram satisfatórios, mostrando que os filmes poliméricos são eficientes na proteção contra a corrosão, reduzindo de 50 a 80% do depósito de partículas resultantes do processo corrosivo. Conclui-se ainda que a eficiência pode ser potencializada com o aumento de demãos do revestimento.

Palavras-chave: Revestimento; Aço; Eletroquímica; Polímeros; Resíduos.

ABSTRACT

MORAES JUNIOR, Valson do Carmo. **Development of a potential controller for electrochemical study of corrosion in steel beams protected by polymeric films. 2019. 16 p. Monograph (Bachelor Course in Civil Engineering).** Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2019.

Metal corrosion is a major problem in civil construction, considering that most of the structures used contain or are composed of metal alloys. This process deteriorates the structures, thus reducing the useful life of the buildings and the maintenance. The project aimed at the development of a potential controller and the development of polymeric films that will coat the steel beams in order to reduce the corrosive process. The controller was built using simple and inexpensive components, being a 9V power supply, a Tip 42C, a 100k Ω potentiometer, a protoboard and alligator clip cables for electrode connection. It is capable of manually changing the voltage applied to the system. Polymeric films are formed by abundant solid residues such as Polyethylene, aiming at reducing residues in the environment. Through absorbance tests on solutions and SEM on beams, the efficiency of solid waste films in the protection of steel against electrochemical corrosion was analyzed, aiming to diversify the possibilities of protection of a structure exposed to conditions favorable to corrosion. The results were satisfactory, showing that the polymeric films are efficient in the protection against corrosion, reducing from 50 to 80% of the deposition of particles resulting from the corrosive process. It is further concluded that efficiency can be enhanced by increasing coatings.

Keywords: Coating; Steel; Electrochemistry; Polymers; Waste.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Corrosão Eletroquímica	2
2.2 Voltametria	4
2.2.1 Voltametria Linear	5
2.2.2 Voltametria Cíclica	5
2.2.3 Filmes poliméricos contra corrosão metálica	6
3 MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1 Desenvolvimento do Controlador	7
3.2 Preparo de Soluções	8
3.3 Testes de Corrosão sem Filme Polimérico	8
3.4 Desenvolvimento do Filme Polimérico	8
3.5 Aplicação do Filme Polimérico	9
3.6 Ensaio de Absorbância das Soluções	9
3.7 Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1 Controlador Potencial/Corrente	10
4.2 Testes de Corrosão	11
4.3 Comparação Barras de Aço com e sem Filme Polimérico	12
4.4 Ensaio Absorbância	12
4.5 Ensaio MEV	14
5 CONCLUSÃO	15
6 REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, em obras de pequeno e médio porte, é comum que as peças metálicas de aço, utilizadas com funções estruturais, sejam instaladas e fiquem expostas ao ambiente por um grande intervalo de tempo, até que o revestimento seja aplicado. Assim, a exposição dessas peças aos agentes como a água da chuva, o gás carbônico, o oxigênio e gases poluentes é bastante elevada. Ao entrar em contato com esses agentes, o transporte de íons metálicos é iniciado, dando origem à corrosão.

A corrosão é um processo que gera degradação das ligas metálicas, afetando a sua forma e resistência mecânica, sendo de impossível reversão. Alguns dos fatores que influenciam na forma que este processo irá ocorrer, podendo ser localizado ou generalizado, de forma mais lenta ou mais acelerada, os quais são o pH do meio e da proteção, temperatura, pressão e composição da liga metálica.

Devido à enorme quantidade de obras de construção civil que apresentam problemas relacionados à corrosão em vigas de aço, o estudo voltado para a investigação da natureza do processo e que trace estratégias para solucionar estes problemas torna-se necessário. Diante desta necessidade, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo que possa analisar parâmetros de corrente e potencial, os quais estão intimamente relacionados ao processo de corrosão. Logo, será possível um estudo sobre a origem dos processos de corrosão e o estudo de soluções físico-químicas para prolongar o tempo de vida das estruturas metálicas.

Por meio das análises eletroquímicas realizadas no dispositivo, será possível escolher a melhor estratégia para diferentes casos. Por exemplo, decidir sobre a viabilidade da mudança de meio, ou seja tratar as condições a qual a estrutura está sendo submetida, alteração de material, por um outro que seja afetado em menor escala por este certo meio ou a aplicação de filmes protetores, os quais tenham o potencial de evitar o transporte de íons e, conseqüentemente, retardar o processo corrosivo.

O desenvolvimento do dispositivo que analisa potencial/corrente proporciona condições de análise da corrosão eletroquímica em metais e ligas metálicas. Com o dispositivo de análise é possível o estudo da eficácia de filmes protetores na inibição do processo corrosivo. Além disso, neste projeto busca-se soluções para as questões ambientais, devido à grande preocupação mundial com o descarte de plásticos e polímeros no que se diz respeito à sustentabilidade, pois na maioria das vezes não ocorre a destinação final de forma adequada. Com base no aspecto mencionado, percebe-se a grande necessidade de uma destinação alternativa deste tipo de resíduo. Com a finalidade de reutilizar materiais plásticos e

que tenham a função de proteger as vigas metálicas, as vigas de aço utilizadas neste estudo serão revestidas com filmes oriundos de descartes plásticos.

A utilização de polietileno na composição dos filmes poliméricos pode ser uma solução sustentável e aplicável a um grande problema na construção civil. Esses materiais são encontrados em embalagens de refrigerantes, sucos, tubos de transporte de água, esgoto, embalagens de diversos elementos utilizados no cotidiano humano, como shampoo e cremes, sendo assim podem ser utilizados na confecção dos filmes poliméricos após o descarte.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um dispositivo portátil e de baixo custo que consegue a leitura de dados de potencial/corrente para a análise de corrosão eletroquímica em vigas de aço e desenvolver um filme polimérico usando polietileno que reduz o processo de corrosão.

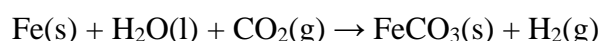
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Corrosão Eletroquímica

A corrosão metálica é um processo termodinamicamente espontâneo que compromete as propriedades do material metálico através do desgaste, se mostrando de impossível reversão. Alguns parâmetros e condições, tais como: temperatura, pressão, pH da solução, composição do material metálico, esforços mecânicos e presença de determinadas substâncias dissolvidas, são diretamente ligados a velocidade ou cinética do processo. (GENTIL, 2007)

Em todos os casos de corrosão ocorre a participação de íons metálicos. No entanto, quando ocorre a simultaneidade no transporte de eletricidade através de um eletrólito (por exemplo, a água do mar). São colocados neste grupo a corrosão atmosférica, corrosão em solos, corrosão em água do mar e em soluções salinas. (GENTIL, 1983)

Outro agravante é a presença de gás carbônico (CO₂), podendo, também, reagir com a superfície metálica, causando danos à mesma, como mostra a reação abaixo.



É gerado o desgaste físico do material metálico através dessas reações de oxirredução. A corrosão uniforme, que ocupa por completo a superfície do material exposto é a mais comum. (GENTIL, 2007)

O aço carbono por ter baixa presença ou ausência de elementos de liga como Níquel (Ni) e Cromo (Cr), por exemplo, não possui grande resistência a corrosão, contudo por seu baixo custo é extremamente utilizado na construção civil. O Cr favorece a liga metálica através da formação de filme passivador, aumentando assim sua resistência em altas temperaturas e ao desgaste. Já o Ni, refina o grão da liga, diminuindo assim a velocidade de transformação que pode ocorrer devido à corrosão na estrutura do aço. Porém, o custo das ligas metálicas tem um

enorme aumento a partir da introdução de alta quantidade desses elementos, portanto tornando inviável essa ocasião. (LLEWELLYN, 1998)

Outros elementos com elevado custo, como Cobre (Cu) e Vanádio (V) também auxiliam a liga metálica da mesma forma que o Níquel (Ni) e o Cromo (Cr), portanto sendo também inviáveis. Sendo assim, é necessária a busca de alternativas com o intuito de proteger o aço carbono do fenômeno de corrosão. (AQUINO,2006)

A corrosão é uma reação eletroquímica que consiste em reações anódica e catódicas. Microcélulas de corrosão é o termo dado a uma situação em que a dissolução ativa e a reação da meia-célula catódica correspondente ter lugar a partes adjacentes da mesma peça de metal. Para uma barra de aço de reforço (vergalhão) em concreto, este processo ocorre sempre na prática. A superfície do aço corroído pode atuar como um eletrodo misto contendo ambas as regiões do ânodo e cátodo ligados pelo aço grandes quantidades. Macrocélulas corrosão também podem formar-se uma única barra exposta a ambientes diferentes no interior do concreto ou no caso de parte da barra estende-se fora do concreto. Em ambos os casos, de concreto de solução de poro funciona como um eletrólito. (POURSAEE, 2016)

As figuras 1 e 2 a seguir mostram este processo:

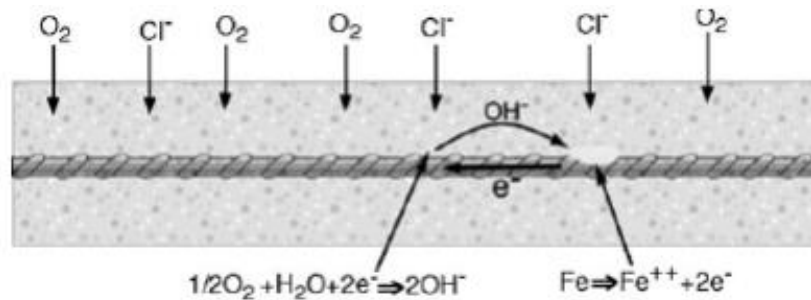


Figura 1: Microcélula de corrosão em uma estrutura de concreto armado. (HANSSON, et al.,2006)

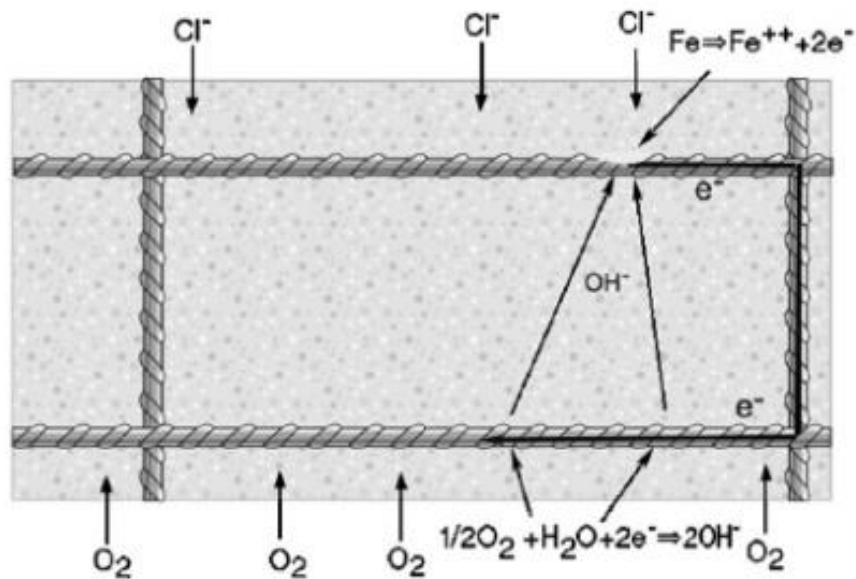


Figura 2: Macrocélula de corrosão em uma estrutura de concreto armado. (HANSSON, et al.,2006)

2.2 Voltametria

A voltametria é uma técnica eletroanalítica que se baseia nos fenômenos que ocorrem na interface entre a superfície do eletrodo de trabalho e a camada fina de solução adjacente a essa superfície. (ALMADA, 2008) A técnica é medida em função de um potencial aplicado na célula eletroquímica, portanto a célula é operada com presença de corrente elétrica ($i > 0$), portanto a técnica é classificada como dinâmica. (SKOOG et al.,2002) Assim, nesta técnica, ao se aplicar uma diferença de potencial entre o eletrodo de trabalho e o eletrodo de referência surge uma corrente elétrica entre os mesmos, e a medição da magnitude desta corrente elétrica gera as informações sobre o analito em estudo(PACHECO et al., 2013)

Utilizando apenas dois eletrodos, o potencial é aplicado no eletrodo de trabalho frente a um eletrodo de referência, de modo que apenas o eletrodo de trabalho se polarize. Essa determinada configuração apresenta alguns problemas e limitações, ao se trabalhar em meio não aquoso a resistência da célula é aumentada, assim a corrente que passará através dos eletrodos, e isso torna inviável a utilização nestas condições devido a distorção causada nos voltamogramas. Além disso em meio aquoso a corrente resultante de varredura percorre o eletrodo de referência. (PACHECO et al., 2013)

Para sanar as tais limitações, os sistemas que são utilizados com mais frequência são os que contém três eletrodos. O terceiro eletrodo é chamado de eletrodo auxiliar ou de contra-eletrodo, podendo ser de platina, ouro, carbono vítreo etc. Ao conectar os eletrodos a um amplificador operacional quando uma diferença de potencial for imposta entre o eletrodo de

trabalho e o de referência, a resistência do contra-eletrodo diminui e do de referência aumenta, assegurando assim uma situação potenciostática. Assim, a corrente passará entre o eletrodo de trabalho e o auxiliar, evitando que ocorram distúrbios no eletrodo de referência. (PACHECO et al., 2013)

2.2.1 Voltametria Linear

A voltametria de varredura linear, é uma técnica que consegue proporcionar velocidades de varredura consideravelmente altas, o potencial aplicado ao eletrodo de trabalho varia linearmente com o tempo, mas não se mostra uma técnica muito sensível. (BAREK et al., 2001)

O grande prejuízo desta técnica é que ao realizar uma medida de forma direta, em função do potencial aplicado, existe contribuição da corrente faradáica (desejável) e da corrente capacitiva (ruído). Os limites de detecção obtidos por essa técnica, nas estimativas mais otimistas, são da ordem de 10^{-6} mol L⁻¹. (PACHECO et al., 2013)

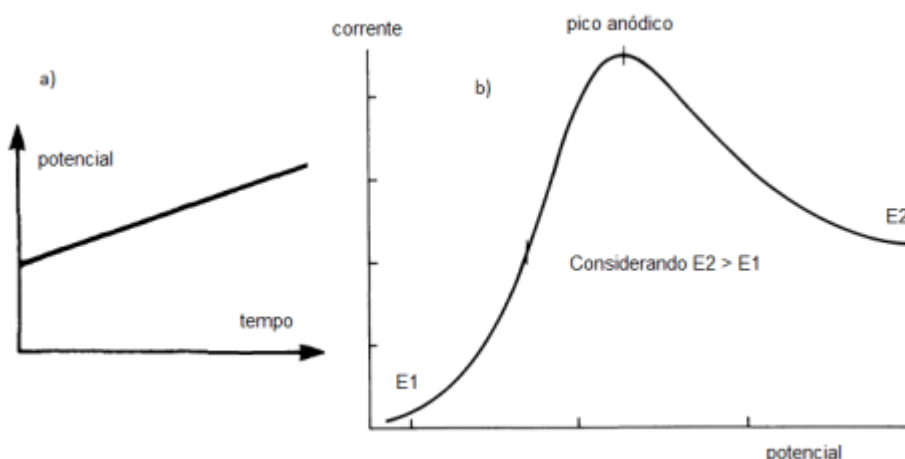


Figura 3: a) Potencial pelo tempo; b) Corrente pelo tempo. Fonte: (PACHECO et al., 2013)

2.2.2 Voltametria Cíclica

A voltametria cíclica é a técnica mais comumente usada para adquirir informações qualitativas sobre os processos eletroquímicos. Essa técnica consegue fornecer rapidamente informações sobre reações químicas acopladas a processos adsorptivos, da velocidade de reações heterogêneas de transferência de elétrons e sobre a termodinâmica de processos redox, comprovando assim sua eficiência. (WANG, 2000)

Em um experimento voltamétrico, inicia-se a aplicação do potencial em um valor no qual nenhuma redução ocorre. Com a variação de potencial para regiões mais negativas (catódica) ocorre a redução do composto em solução, gerando um pico de corrente proporcional

à concentração deste composto. Quando o potencial já tiver atingido um valor no qual nenhuma reação de redução ocorre, o potencial é varrido no sentido inverso até o valor inicial. No caso de uma reação reversível, os produtos que tiverem sido gerados no sentido direto (e se localizam ainda próximos à superfície do eletrodo) serão oxidados, gerando um pico simétrico ao pico da redução. O tipo de voltamograma gerado depende do tipo de mecanismo redox que o composto em questão sofre no eletrodo, o que faz da voltametria cíclica uma ferramenta valiosa para estudos mecanísticos. (PACHECO et al., 2013)

Existem dois componentes principais que determinam as reações que ocorrem no eletrodo: a transferência difusional de massa do analito em solução para a superfície do eletrodo, e a transferência heterogênea de carga entre o analito e o eletrodo. A utilização desta técnica tem como grande objetivo a redução da contribuição de corrente capacitiva. As equações utilizadas podem ser consideradas idênticas as provenientes de voltametria cíclica de varredura linear, visto que as etapas de alteração de potencial são muito pequenas (PACHECO et al., 2013)

A figura a seguir mostra três diferentes tipos de variação da voltametria cíclica:

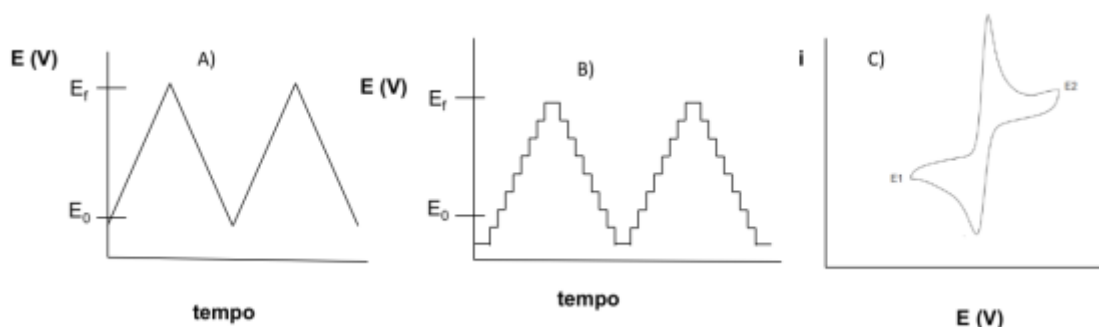


Figura 4: a) Potencial com varredura linear; b) Potencial do tipo escada; c) Voltamograma obtido de um sistema reversível. Fonte: (PACHECO et al., 2013)

2.2.3 Filmes poliméricos contra corrosão metálica

Para desenvolver materiais que inibem ou retardarem o processo de corrosão, mostra-se de grande necessidade o entendimento do processo corrosivo que afeta os metais e seus ligas. Corrosão é o resultado de reações químicas, não desejadas, que ocorrem entre o metal, ou liga, e o ambiente, causando a deterioração da superfície e de propriedades estruturais. Com pelo menos, um processo de redução (envolvendo oxigênio, hidrogênio e/ou água) e um processo de oxidação (oxidação do metal) é formado o processo de corrosão. (TALLMAN, et al., 2002) A proteção da superfície exposta ao meio corrosivo é necessária para manter a performance e aparência originais do material. Geralmente, isto é realizado através da aplicação de um

revestimento protetor e/ou resistente à corrosão ou modificação da superfície exposta. (BROOMAN, 2002)

No presente momento, a estratégia mais comum de proteção à corrosão envolve a aplicação de um ou mais revestimentos orgânicos sobre o metal. Ao impedir ou reduzir o acesso de componentes essenciais (O_2 , H_2O e H^+) a superfície metálica, esses revestimentos reduzem a taxa de corrosão. Eventualmente, água, oxigênio e íons de ambiente penetram no revestimento e atingem o metal. Em casos de cobertura defeituosa o processo é acelerado. (ALMADA, 2008)

Um sistema de revestimento tipicamente utilizado é aquele em que um “primer” é aplicado sobre o metal, seguido de um “topcoat”, o qual possui a barreira desejada. Os metais pesados como o cromo, por possuírem potencial de equilíbrio positivo em relação a metais como, ferro e alumínio, anulando as reações catódicas, como a redução do O_2 , sendo que elas levam o metal a sofrer reações anódicas, são os componentes ativos mais comumente utilizados no “primer. A área ambiental e a área da saúde têm grande interesse em eliminar a utilização de metais pesados de uma maneira geral, e o cromo em particular, dos revestimentos anticorrosivos. (TALLMAN, et al.,2002)

Uma alternativa de revestimento anticorrosivo em relação aos compostos de cromo são os polímeros condutores. Igualmente aos cromatos, os revestimentos poliméricos contém um potencial de equilíbrio positivo, além de serem testados e aprovados em testes toxicológicos realizados pela comunidade europeia, comprovando assim um ótimo desempenho ambiental.(ALMADA, 2008)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenvolvimento do Controlador

Desenvolveu-se o controlador como mostra o esquema da figura 5, buscando a aplicação de uma diferença de potencial entre o eletrodo de trabalho e o de referência para que ocorra corrente entre eles. Utilizou-se uma fonte 9V, um Tip 42C, um potenciômetro de $100k\Omega$, uma protoboard e cabos garra jacaré para ligação dos eletrodos.

Necessitou-se da implantação de um dissipador de calor no Tip 42C para que ele não entrasse em superaquecimento.

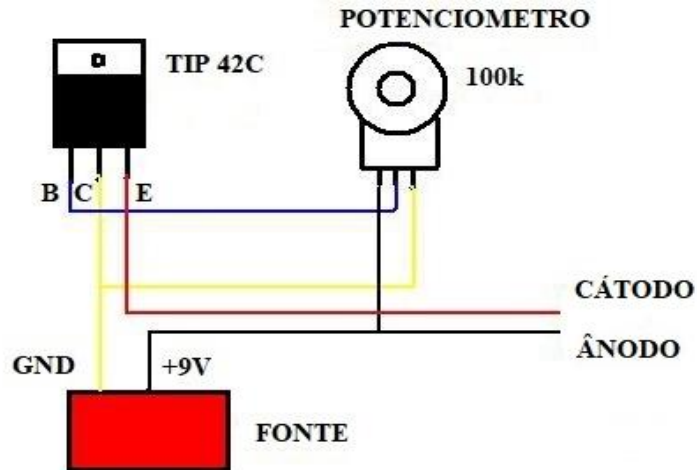


Figura 5: Esquema Controlador. Fonte: Autor.

3.2 Preparo de Soluções

Utilizou-se Cloreto de Potássio (KCl), Cloreto de Amônio (NH₄Cl), Hidróxido de Sódio (NaOH), Ácido Clorídrico (HCl) e água pura no preparo das soluções, fixando a concentração em 0,1g mol⁻¹. A fórmula utilizada o cálculo de concentração foi a equação 1:

$$M = \frac{m(g)}{MM * V(L)}$$

Equação 1: Concentração de soluções.

Onde:

M = Concentração (g mol⁻¹)

m = Massa (g)

MM = Massa Molar

V = Volume (L)

3.3 Testes de Corrosão sem Filme Polimérico

Conecta-se o controlador a duas barras de aço com diâmetro de 4,2mm e comprimento de 7cm cada e mergulha-se as barras na solução até que fiquem com 2cm submersas. Em seguida liga-se a fonte em uma tomada e regula o controlador para oferecer a diferença de potencial desejada, aguarda-se a estabilização do potencial e aguarda-se o processo por 30 minutos.

3.4 Desenvolvimento do Filme Polimérico

Definiu-se a utilização de copos plásticos com massa total de 2,8627g para 50ml de clorofórmio CHCl₃, em um béquer adicionou-se o clorofórmio e iniciou-se a dissolução dos copos, formando assim o filme polimérico.



Figura 6: Copos utilizados para composição do filme. Fonte: Autor

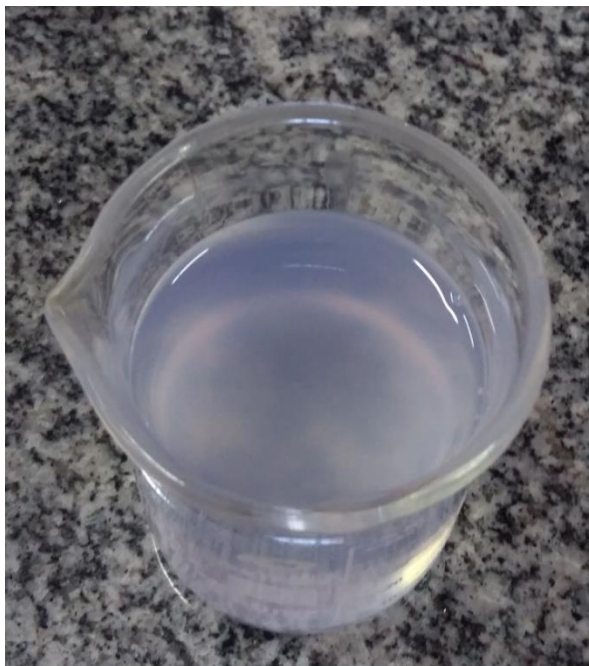


Figura 7: Filme polimérico. Fonte: Autor

3.5 Aplicação do Filme Polimérico

Mergulha-se no filme polimérico até 2 cm e mantendo por 5 segundos a barra que sofrerá oxidação, assim a superfície ficando protegida pelo filme, em seguida repete-se o processo realizado sem o filme polimérico.

3.6 Ensaio de Absorbância das Soluções

Ao terminar os ensaios de corrosão recolhe-se amostra da solução com os resíduos de óxido de ferro que se formaram durante o processo, em seguida utiliza-se o espectrofotômetro UV para a realização do ensaio de absorbância, conseguindo assim saber a concentração de resíduos formados no processo de corrosão.



Figura 8: Espectrofotômetro UV. Fonte: Autor

3.7 Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Após a realização dos testes de corrosão, retira-se uma amostra de cada barra submetida a tensão de 2V e realiza-se as imagens para a verificação de corrosão no aço e proteção do filme polimérico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Controlador Potencial/Corrente

O controlador foi montado em uma protoboard e foi colocado um multímetro de alta precisão para a visualização da diferença de potencial aplicada, isso é observado na figura 9 a seguir, a figura 10 mostra o esquema de montagem do controlador:

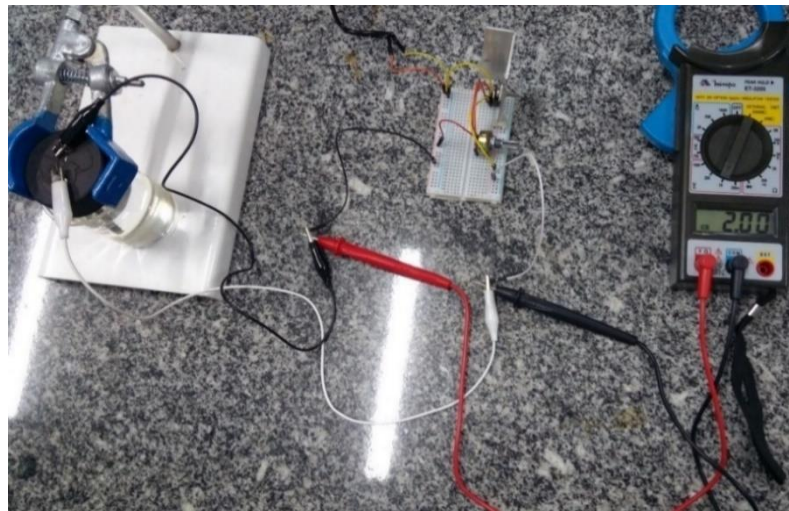


Figura 9: Controlador. Fonte: Autor.

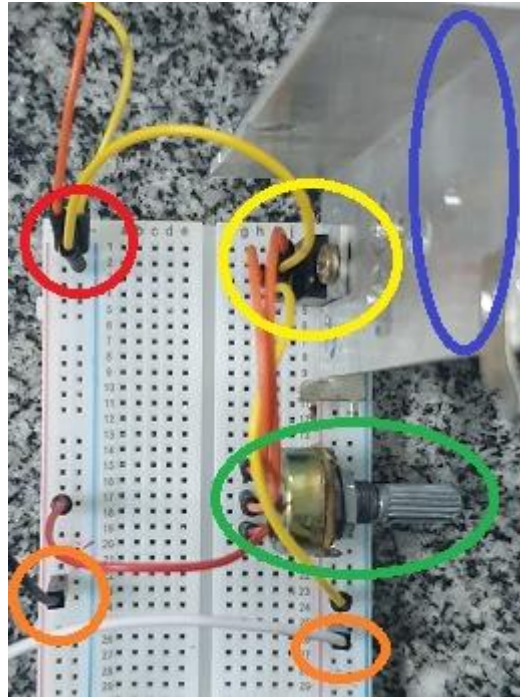


Figura 10: Controlador – Vermelho: Entrada de Energia. Amarelo: TIP 42C. Azul: Dissipador de calor. Verde: Potenciômetro. Laranja: Saída com diferença de potencial definida. Fonte: Autor

4.2 Testes de Corrosão

Os testes foram realizados aplicando tensões de 0,5V, 1V, 1,5V e 2V, com as barras submersas nas soluções de Cloreto de Potássio (KCl), Cloreto de Amônio (NH_4Cl), Hidróxido de Sódio (NaOH), Ácido Clorídrico (HCl). Observando os ensaios através da figura 11 é possível analisar visualmente que ao aumentar a tensão o processo de corrosão é acelerado e são depositadas mais partículas de óxido de ferro na solução.

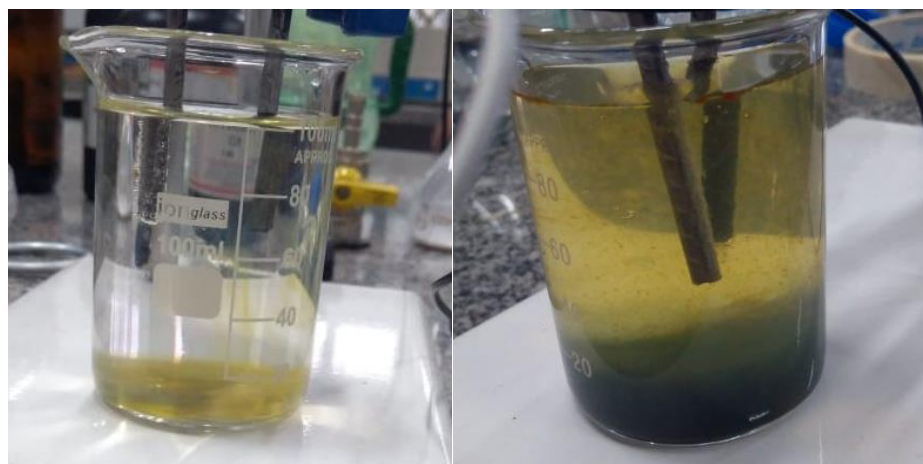


Figura 11: Lado esquerdo: Tensão 1V em solução de KCl e barras sem filme polimérico. Lado direito: Tensão 2V em solução de KCl e barras sem filme polimérico. Fonte: Autor

Ao observar a reação ocorrida com filme polimérico na figura 12 é visível que são depositadas menos partículas, confirmando a expectativa de inibição do processo corrosivo ao aplicar-se o filme polimérico.

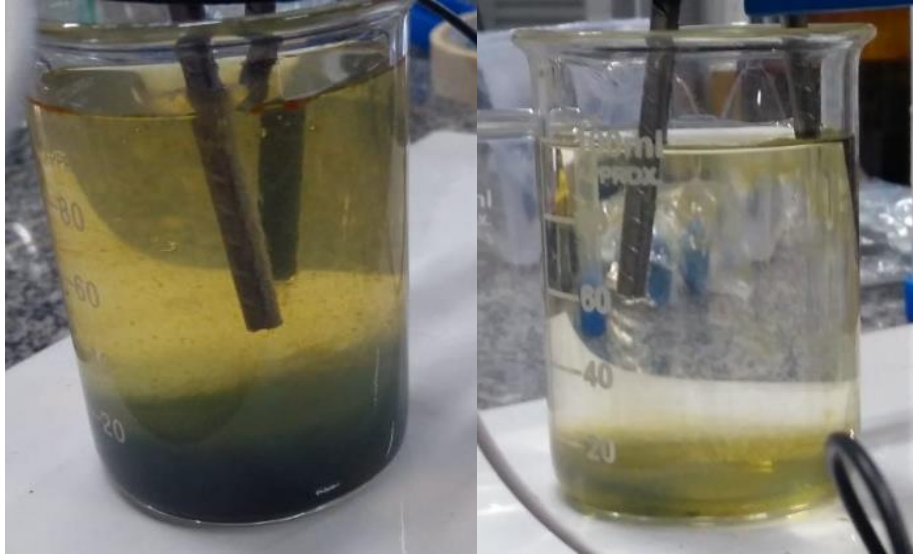


Figura 12: Lado esquerdo: Tensão 2V em solução de KCl e barras sem filme polimérico. Lado direito: Tensão 2V em solução de KCl e barras com filme polimérico. Fonte: Autor

4.3 Comparação Barras de Aço com e sem Filme Polimérico

Após os testes de corrosão é possível analisar visualmente as barras de aço submetidas a uma mesma tensão por 30 minutos, e assim é notável a confirmação que o filme protege contra o processo corrosivo. Ao observar a figura 13 consegue-se visualizar maior corrosão nas barras que foram submetidas aos testes sem a proteção do filme polimérico.

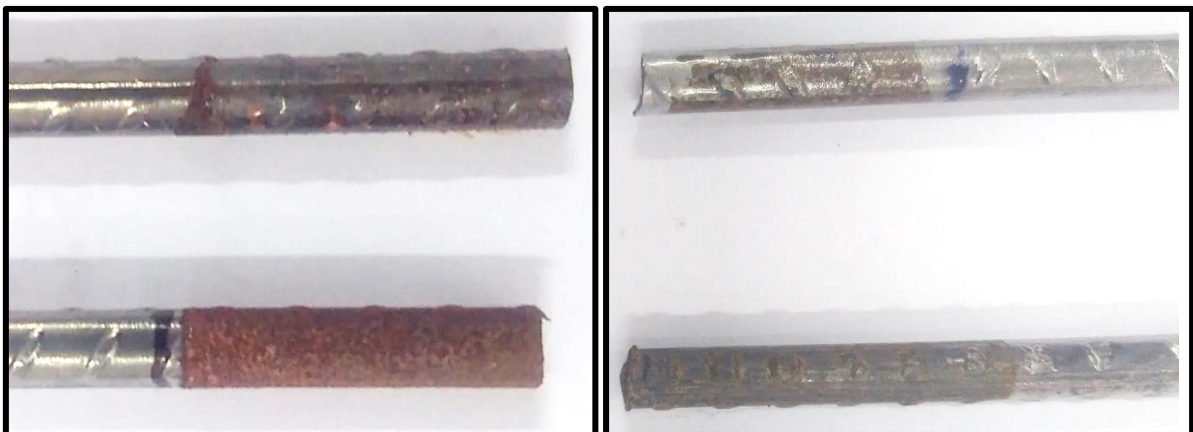


Figura 13: Lado esquerdo: Tensão 2V em solução de NH_4Cl , barra superior com revestimento polimérico e inferior sem revestimento. Lado direito: Tensão 1,5V em solução de KCl, barra superior com revestimento polimérico e inferior sem revestimento.

4.4 Ensaio Absorbância

Ao final dos testes de corrosão uma amostra de cada solução foi coletada e submetida ao ensaio de absorvância utilizando o espectrofotômetro UV. As amostras foram analisadas entre os comprimentos de onda de 220nm e 800nm. Ao analisar os gráficos de absorvância por comprimento de onda comparando o resultado sem e com filme é possível chegar à conclusão

que as soluções dos testes com filme têm absorvância menor, portanto o nível de sólidos depositados pelo teste é consideravelmente menor, confirmando a hipótese que o filme protege as barras de aço contra o processo corrosivo.

As figuras 14 e 15 mostram a comparação dos ensaios realizados na solução de KCl, sem e com filme polimérico respectivamente:

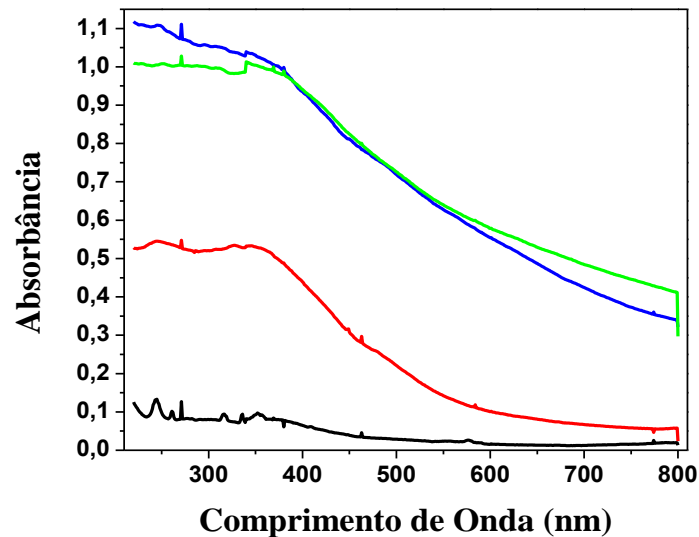


Figura 14: Comparação Absorvância em solução de KCl e barras sem Filme Polimérico: 0,5V (preto), 1,0V (vermelho), 1,5V (azul), 2,0V (verde). Fonte: Autor.

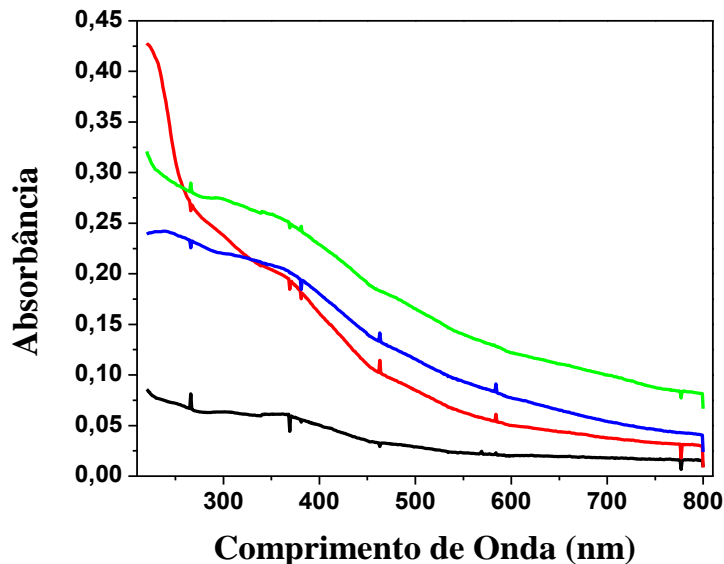


Figura 15: Comparação Absorvância em solução de KCl com Filme Polimérico: 0,5V (preto), 1,0V (vermelho), 1,5V (azul), 2,0V (verde). Fonte: Autor.

4.5 Ensaio MEV

As barras de aço submetidas a tensão de 2V foram submetidas a este ensaio, buscando imagens que consigam mostrar a superfície gerada ao estimular o processo de corrosão, comparando-as com e sem proteção do filme polimérico.

As figuras 16 e 17 a seguir são imagens das barras que foram ensaiadas em HCl, realizadas com abertura de 2mm e 100 μ m respectivamente. É possível visualizar que nas imagens do lado direito (revestidas pelo filme polimérico) a corrosão teve efeito nitidamente reduzido, tendo ação mais acentuada em pontos onde o filme não revestiu completamente a superfície.

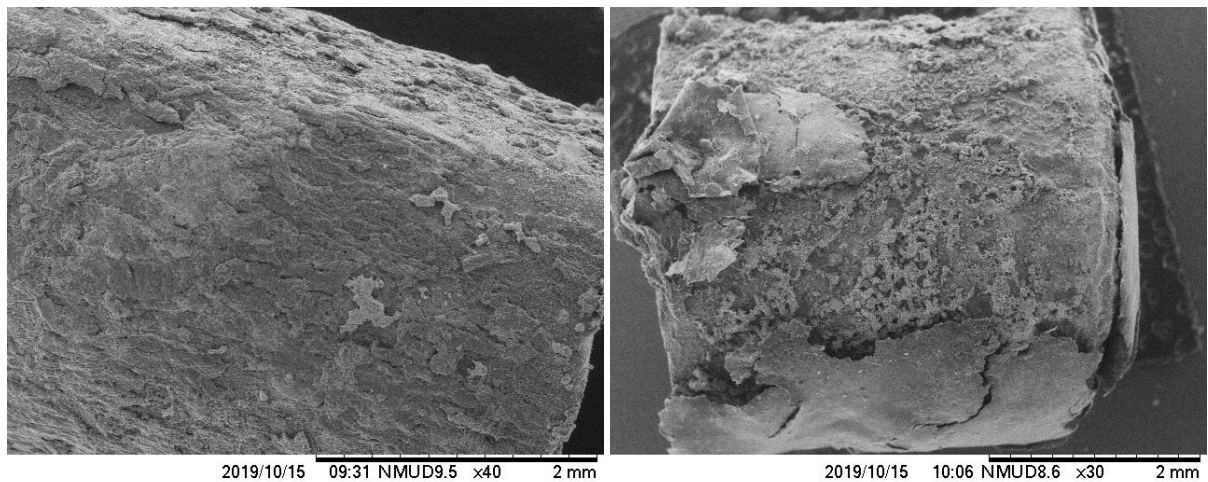


Figura 16: Lado esquerdo: Tensão 2V em solução de HCl, barra sem filme polimérico, abertura 2mm. Lado direito: Tensão 2V em solução de HCl, barra com filme polimérico, abertura 2mm.

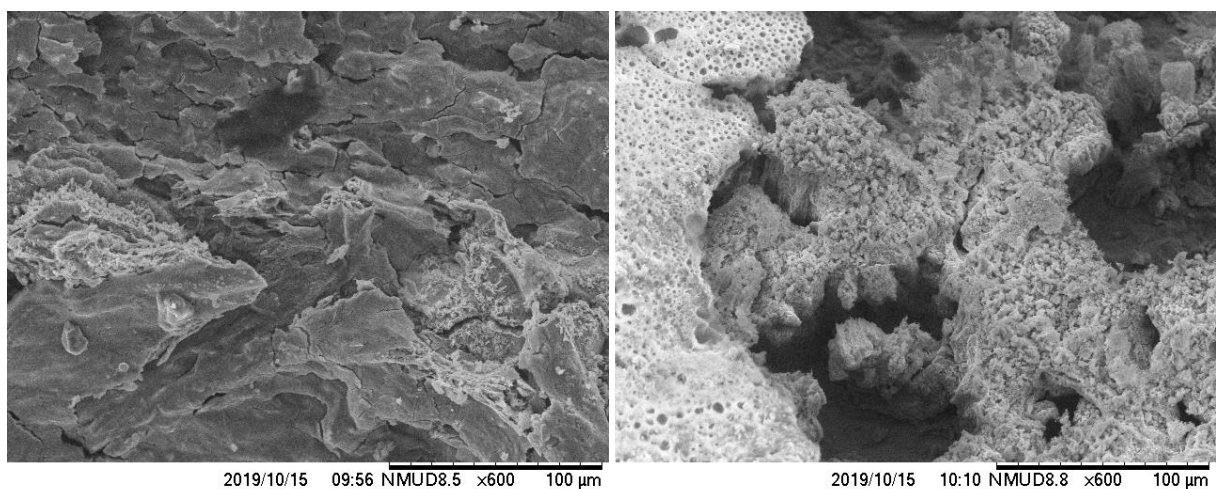


Figura 17: Lado esquerdo: Tensão 2V em solução de HCl, barra sem filme polimérico, abertura 100 μ m. Lado direito: Tensão 2V em solução de HCl, barra com filme polimérico, abertura 100 μ m.

5 CONCLUSÃO

A analisar os resultados, obtidos através dos ensaios realizados para acelerar o processo de corrosão nas vigas de aço utilizando o dispositivo desenvolvido, é possível concluir que o filme polimérico criado através dos copos descartáveis é eficiente na proteção das vigas de aço contra a corrosão, chegando a reduzir em 80% a disposição de materiais em alguns ensaios. Ainda sendo possível a alteração de concentração do filme e a aplicação de mais demãos nas vigas de aço em busca de obter melhores resultados e até evitar a corrosão por completo.

Ademais, este trabalho pode ser um gatilho para o desenvolvimento de filmes poliméricos utilizando materiais que são descartados na natureza para a utilização na construção civil, visando aumentar a vida útil das estruturas e diminuir os impactos gerados pelo descarte destes materiais na natureza.

6 REFERÊNCIAS

- ALMADA, G. F. Estudo da proteção à corrosão pelo uso de polímeros condutores. **Polímeros**, p. 116, 2008.
- AQUINO, Isabella Pacífico. **Caracterização da superfície do aço-carbono ABNT 1008 revestida com organo-silanos por meio de técnicas eletroquímicas e físicoquímicas. 2006.** 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- BAREK, J.; FOGG, A.G.; MUCK, A.; ZIMA, J.; Polarography and voltammetry at Mercury electrodes. **Crit. Rev. Anal. Chem.** 2001; 31:291.
- BROOMAN, W. Modifying Organic Coatings to Provide Corrosion Resistance-Part I: Background and General Principles. **Metal Finishing**, v. 100, n. 1, p. 48–53, 2002.
- CASCUDO, O. **O Controle da Corrosão das Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas.** Ed. PINI, São Paulo, Ed. UFG, 1997, 237p.
- GENTIL, Vicente. **Corrosão**, 2ºed, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1983
- GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 5º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007
- HANSSON, C.M.; POURSAEE, A.; LAURENT, A. Macrocell and microcell corrosion of steel in ordinary Portland cement and high performance concretes. **Cement and Concrete Research**. v. 36, n. 11, Novembro 2006, p. 2098-2102.
- LLEWELLYN, David., HUDD, Roger., **Metallurgy and Applications**. Elsevier,1998, p. 291-379.
- PACHECO, W. F. et al. Voltametrias: Uma breve revisão sobre os conceitos. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 4, p. 516–537, 2013.
- POURSAEE, A. **Corrosion of Steel in Concrete Structures**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F.J; NIEMAN, T.A.; **Princípios de análise instrumental**, 5a. ed., Bookman: Porto Alegre, 2002.
- TALLMAN, D.E; SPINKS, G.; DOMINIS, A.; WALLACE, G.G; Electroactive conducting polymers for corrosion control part 1: general introduction and a review of nonferrous metals, **Journal of Solid State Electrochemistry**, ed.6, 73-84, 2002.
- WANG, J.; Analytical Electrochemistry, 2a.ed., **Wiley-VCH**: New Jersey, 2000.