CAPÍTULO 8

APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 06/04/2021

Luís Gustavo Costa Nimo Santos
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/0958114582921870

Nayara Maria Santos de Almeida
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/8726476604358613

Franco Dani Rico Amado
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA
http://lattes.cnpq.br/3437088948218191

Fernando Cotting
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - MG
http://lattes.cnpq.br/3373558974232568

Isabella Pacifico Aquino
Fundação Educacional Inaciana Padre Saboia de Medeiros
São Bernardo do Campo – SP
http://lattes.cnpq.br/7110789474734080

Vera Rosa Capelossi
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus - BA
http://lattes.cnpq.br/0713486577039303

RESUMO: O aço galvanizado é bastante utilizado pela indústria da linha branca e automotiva. Para obtenção de maior durabilidade e resistência, a superfície do aço galvanizado é comumente submetida a processos de pré-tratamento, como a cromatização e fosfatização, que são responsáveis por danos ambientais e à saúde humana. Dessa forma, estuda-se modos alternativos para mitigação de tais problemas. Os silanos são moléculas organofuncionais capazes de unir superfícies orgânicas e inorgânicas e têm apresentado resultados promissores para mitigação da corrosão em superfícies metálicas. De forma similar, a pesquisa com inibidores verdes utilizando pó e extrato de frutos e resíduos vegetais também vem ganhando notoriedade por não serem tóxicos e apresentarem compostos orgânicos capazes de minimizar os processos corrosivos. Desta maneira, unindo as duas vertentes, o objetivo desta pesquisa é avaliar qual metodologia de produção do filme hibrido dos silanos viniltrietoxisilano (VS) e 3-(gliciloxipropil) trimetoxissilano (GPTMS) modificados com o pó do caroço de abacate pode proporcionar uma melhor resistência à corrosão em meio salino. As análises eletroquímicas feitas por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e curvas de polarização potenciodinâmicas mostraram uma incompatibilidade entre o filme de silano e o pó do caroço de abacate.

PALAVRAS - CHAVE: Aço galvanizado; Silano; Inibidor natural; Caroço de abacate.

APPLICATION OF SILANE FILM VS/GPTMS MODIFIED WITH AVOCADO SEED FOR PROTECTION AGAINST CORROSION OF GALVANIZED STEEL

ABSTRACT: Galvanized steel is widely used by the white line and automotive industry. To obtain greater durability and resistance, the surface of galvanized steel is commonly pre-treatmented with chromatization and phosphating, which are responsible for environmental damage and human health. Thus, alternative ways to mitigate such problems are studied. Silanes are organofunctional molecules capable of joining organic and inorganic surfaces and have shown promising results for mitigating corrosion on metallic surfaces. Similarly, research with green inhibitors using powder and extract of fruits and vegetable residues has also gained notoriety for not being toxic and for having organic compounds capable of minimizing corrosive processes. Thus, uniting the two strands, the objective of this research is to evaluate which production methodology of the hybrid film of vinyltriethoxysilane (VS) and 3- (glycyloxypropyl) trimethoxysilane (GPTMS) modified with the powder of the avocado seed can provide a better resistance corrosion in saline medium. The electrochemical analyzes made by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization curves showed an incompatibility between the silane film and the powder of the avocado seed.

KEYWORDS: Galvanized steel; Silane; Natural inhibitor; Avocado seed.

1 I INTRODUÇÃO

O aço carbono é formado por ligas de ferro/carbono sendo constituído predominantemente por ferro. Passando pelo processo de galvanização, o aço carbono é imerso em um banho de zinco fundido, o qual concede uma barreira isolante na superfície do aço. Dessa forma, o aço passa a ser galvanizado tornando-o mais atrativo por apresentar proteção por barreira e galvânica. Na proteção por barreira, o zinco que está em contato com o meio externo, sofrerá os possíveis danos provenientes do meio agressivo cumprindo sua tarefa de isolamento. Na proteção galvânica, o zinco atuará como ânodo e o ferro assumirá o comportamento catódico, pois o potencial do eletrodo formado com o zinco é menor do que o potencial do eletrodo formado com o ferro. Assim, o aço galvanizado vem sendo amplamente utilizado pelas indústrias de linha branca, automotiva e civil, apresentando características mais resistentes à corrosão e menor custo com manutenção (SANTOS; COTTING; CAPELOSSI, 2020; RUELA *et al.*, 2017; YU*et al.* 2020).

É muito comum que o aço galvanizado seja submetido a processos de pré-tratamento de superfície, com o objetivo de obter uma maior resistência à corrosão e durabilidade do material, sendo os processos de cromatização e fosfatização os mais empregados. Apesar de serem bem aceitos industrialmente, ambos os processos são tóxicos e capazes de causar danos à saúde humana, bem como impactos negativos ao meio ambiente. Dessa forma, estudos com filmes de silanos vêm sendo recorrentes no intuito de apresentar um tratamento menos nocivo e de baixa toxicidade (CAPELOSSI; AOKI, 2013; COSTA *et al.,* 2019).

Os silanos apresentam propriedades químicas orgânicas e inorgânicas, sendo assim, considerados híbridos. Tal característica permite aos silanos a capacidade de unir superfícies orgânicas e inorgânicas, tornando-os bons agentes de acoplamento, com fortes ligações resistente à água e alguns reagentes químicos. Por conta dessas características, os silanos são bastante utilizados entre as interfaces metal/tinta e tinta/vidro (FRANCISCO; CAPELOSSI; AOKI 2013; SANTOS; COTTING; CAPELOSSI, 2020).

Dadas suas características, estudos apontam que alguns silanos possuem potencial de substituição dos pré-tratamentos convencionais, melhorando a proteção por barreira da superfície metálica. Capelossi e Aoki (2013) estudaram filmes de silanos como pré-tratamento para o aço *galvannealead,* avaliando as condições de hidrólise dos filmes de silanos bis-1,2-[(trietoxisilil)propil tetrasulfeto (BTESTP) e bis-(γ-trimetoxysililpropil)amina (BTSPA) em diferentes concentrações, variando pH, temperatura e tempo de cura, além da adição de íons Ce (III) e íons Ce (IV). Os resultados apontaram como maior resistência à corrosão para os filmes obtidos em pH 4, além disso a adição de íons Ce beneficiou as propriedades protetoras e reticulação dos filmes, sendo este mais homogêneo.

Souza *et al* (2020) estudaram a proteção contra a corrosão promovida pelo filme de silano híbrido contendo (3-aminopropil) trietoxissilano (APTES) e (3-gliciloxipropil) trimetoxissilano (GPTMS) em aço *Galvannealead*. Nesse estudo, os autores encontraram maior resistência à corrosão para o filme com a proporção de silano 2:1 (APTES:GPTMS), concentração em 2% e tempo de 150 minutos de hidrólise.

Costa *et al.* (2019) avaliaram a resistência à corrosão do filme de silano vinitrimetoxisilano (VTMOS) modificados com íons Ce(III) e íons Ce(IV) como pré-tratamento do aço carbono. Eles obtiveram bons resultados para concentração de 50ppm de Ce(IV) adicionado ao VTMOS, com maior reticulação do filme, bem como efeito barreira. Silva *et al*. (2019) também avaliaram o comportamento eletroquímico dos íons Ce (IV) na solução de hidrólise obtido dos silanos tetraetoxissilano (TEOS) e 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPTS) para o aço carbono em meio salino, concluindo que o efeito dopante confere melhor capacidade de proteção e barreira da superfície metálica.

Longhi *et al.* (2015) investigaram o efeito das quantidades de tetraetoxissilano (TEOS) na prevenção da corrosão com siloxano-poli(metacrilato de metila) (PMMA) depositados em aço galvanizado. Os autores concluíram que o aumento do teor de TEOS ocasionou uma maior espessura do revestimento, na rugosidade superficial, bem como na hidrofobicidade. Nesse trabalho, os filmes com maior teor de TEOS apresentaram melhor desempenho contra a corrosão.

Santos, Cotting e Capelossi (2020), por sua vez, fizeram um estudo das condições de obtenção do filme de viniltrietoxisilano (VS) na proteção contra a corrosão do aço galvanizado em meio salino. Os resultados mostraram maior eficiência para o pré-tratamento com filme na concentração de 4% e 60min de hidrólise.

De forma concomitante à pesquisa de silanos, os inibidores verdes vêm ganhando

espaço por serem biodegradáveis, não tóxicos, baixo custo e boa disponibilidade. Vegetais como dendê, cacau e mamona vêm sendo estudados como inibidores de corrosão por apresentarem compostos orgânicos como flavonóides, polifenóis, alcalóides e taninos, além de heteroátomos de nitrogênio, oxigênio e enxofre capazes de conferir propriedades antioxidantes. (SANTOS, *et al*, 2017; BARRETO *et al*. 2017)

Barreto *et al* (2017) estudaram a eficiência da casca de cacau como inibidor de corrosão do aço carbono. Os resultados apontaram que a adição do extrato ao eletrólito dificultou de forma efetiva o processo de corrosão, além de adsorver na superfície do eletrodo. De forma similar, Santos *et al.* (2017), avaliaram o pó da casca de mamona como inibidor de corrosão para aço carbono em meio ácido. Seus resultados mostraram uma eficiência inibitória progressiva conforme se aumenta a concentração do inibidor natural no meio corrosivo, chegando à eficiência máxima de 83%, indicando-o como potencial inibidor de corrosão.

O abacate é um fruto muito utilizado na culinária pelo alto teor de vitaminas, fibras e minerais. A polpa desse fruto é a mais utilizado pela indústria alimentícia e sociedade civil. A casca e a semente são pouco exploradas, porém apresentam compostos úteis, sendo usados para outras finalidades, agregando assim mais valor ao abacate (DAIUTO, *et al.* 2014). A semente do abacate, por exemplo, possui em sua constituição alguns grupos funcionais como carboxilatos, nitrogenados, anéis aromáticos e heteroátomos que são característicos de polissacarídeos, fenóis e flavonoides, substancias as quais, são conhecidas pelo seu poder antioxidante (De JESUS *et al.*,2020). Um estudo feito por Wang et al. (2010), analisou a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais de diferentes espécies de abacate e foi verificado que as sementes apresentaram a maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais em relação à polpa.

De Jesus *et al* (2020) testaram o caroço do abacate como inibidor de corrosão do aço carbono SAE 1008 em meio ácido. O pó da semente do abacate foi testado em diferentes concentrações (0,44 $g.L^{-1}$; 0,77 $g.L^{-1}$; 1,11 $g.L^{-1}$;1,44 $g.L^{-1}$; 1,77 $g.L^{-1}$) e os autores observaram que a resistência à corrosão do aço aumentava à medida que a concentração também aumentava. A maior eficiência alcançada pelos ensaios de perda de massa e de espectroscopia de impedância eletroquímica foi para a concentração de 1,77 $g.L^{-1}$, cujas eficiências foram de 92% e 98%, respectivamente.

Em virtude do exposto, o objetivo do trabalho é avaliar a eficiência anticorrosiva do filme de silano VS+GPTMS modificado com o pó do caroço de abacate, em meio aquoso de NaCl 0,1 $mol.L^{-1}$. Além disso, como o filme de silano aditivado com inibidores naturais é um trabalho novo, a literatura disponível para avaliar a melhor condição para a introdução de um inibidor obtido de frutos e resíduos vegetais no filme de silano é escassa, bem como as melhores concentrações para seu uso. Logo, duas metodologias e concentrações diferentes foram testadas para se avaliar qual promovia uma melhor proteção do aço galvanizado. A avaliação da resistência à corrosão foi analisada por espectroscopia de

impedância eletroquímica e curvas de polarização potenciodinâmcas.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Preparo do Substrato

O substrato utilizado no presente trabalho, foi a placa de aço galvanizado fornecida pela USIMINAS. As placas foram previamente cortadas, nas dimensões 20 mm x 15 mm x 0,9 mm. Em seguida, os corpos de prova foram limpos com álcool etílico P.A. e levados para banho ultrassônico por 10 min em acetona P.A., sendo secos posteriormente com auxílio de um soprador térmico. Após a secagem, as placas foram imersas em solução desengraxante Saloclean N667 50 $g.L^{-1}$ em temperatura de 55°C e sobre agitação por 10 min. Dado o tempo de imersão, os corpos de prova foram retirados e lavados com água destilada e novamente secos com ar quente. Todo esse preparo de superfície visou a remoção de possíveis sujidades e gorduras que poderiam interferir na aderência do filme na superfície do aço galvanizado.

2.2 Preparação do Pó do Caroço de Abacate

Os caroços de abacate foram inicialmente cortados em pedaços menores e lavados em água corrente, sendo posteriormente levados à estufa a 60°C para secagem até massa constante. Ao término da secagem, o material foi triturado em moinho de facas para redução de sua granulometria. Em seguida, o produto triturado foi levado para peneiramento na série de peneiras Tyler para obtenção do pó com 170 mesh, que posteriormente foi utilizado como inibidor de corrosão.

2.3 Formação do Filme

Metodologia 1

Para a preparação do filme proposta nessa metodologia, inicialmente foi preparado uma solução solvente composta por água destilada e etanol (50% m/m). Em seguida, a mistura teve seu pH ajustado para 4 com o ácido acético glacial. Posteriormente, foi adicionado o pó do caroço de abacate nas concentrações 1,77 $g.L^{-1}$ (melhor concentração obtida no trabalho de SANTOS *et al,* 2017) e 2.77 $g.L^{-1}$ (extrapolação do valor obtido por SANTOS *et al,* 2017) e levados a banho ultrassônico por 10 min. Dado o tempo, foi acrescido a mistura 4% dos silanos VS e GPTMS na proporção 1:1 (m/m) e levado para o processo de hidrólise sob agitação por 60 min. Finalizado o processo de hidrólise, os corpos de prova foram imersos por 2 min nas soluções com diferentes concentrações (na presença e ausência do inibidor natural) e depois submetidos a cura em estufa em temperatura de 150°C por 120 min.

Metodologia 2

Diferentemente da metodologia anteriormente apresentada, o pó do caroço do abacate foi adicionado em diferentes concentrações (1,77 $g.L^{-1}$ e 2.77 $g.L^{-1}$) somente ao álcool etílico e deixado em banho ultrassônico por 10 min. Ao término do tempo, acrescentou-se água destilada, bem como a mistura 4% de silanos VS e GPTMS 1:1 (m/m), formando a solução alcoólica com silanos 50% m/m. O pH foi ajustado para 4 com ácido acético sob agitação. Por fim, foi deixado em agitação por 60 min. Dado o tempo, os corpos de prova foram imersos por 2 min e levados para cura em estufa à 150°C por 120min.

As Metodologias 1 e 2 estão esquematizadas na Figura 1.

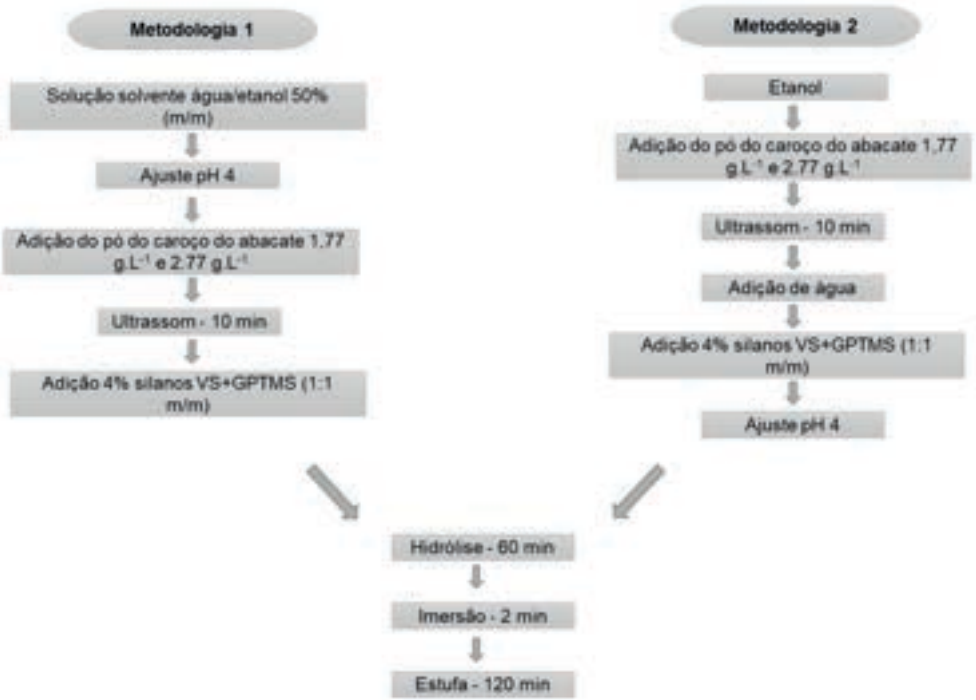

Figura 1: Fluxograma das metodologias 1 e 2 utilizadas para a formação do filme.

2.4 Ensaios Eletroquímicos

Os ensaios eletroquímicos foram feitos em potenciostato/galvanostato Metrohm Autolab, conectados ao computador, com software NOVA 2.1.4. Os dados foram tratados utilizando o programa Origin 8.0. Todos os ensaios foram realizados em triplicata em célula eletroquímica vertical de três eletrodos, temperatura ambiente e sem agitação. A célula é composta por um eletrodo de referência Ag|AgCl|KCl$_{sat}$, um contra eletrodo de titânio revestido com ródio e um eletrodo de trabalho (corpos de prova do aço galvanizado) com

área exposta de 1cm². Como solução eletrolítica, utilizou-se NaCl 0,1 mol.L^{-1}. Inicialmente foi realizado o ensaio de potencial de circuito aberto durante 90 min para verificação da estabilização do potencial de corrosão (EOC). Em seguida, foram realizadas as medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) em uma faixa de frequência de 100 kHz a 10 mHz, com amplitude de 10 mV(RMS). Sucedendo-se, foram obtidas as curvas de polarização potenciodinâmicas no intervalo de +250 mV vs EOC a -250 mV vs EOC, com 0,5 mV.s^{-1} de velocidade de varredura.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espectroscopia de Impedância Eletroquímica

Os diagramas de EIE das Figuras 2 e 3 mostram os resultados de resistência à corrosão do aço galvanizado revestido com o filme de silano na presença e na ausência do pó do caroço de abacate nas condições estudadas.

No diagrama de Nyquist para metodologia 1 (Figura 2.a), nota-se a diminuição do arco capacitivo independente da concentração do pó do abacate. Dessa forma, o filme VS+GPTMS na ausência de inibidor natural oferece maior resistência a corrosão. Os resultados para a segunda metodologia utilizada também demonstram no diagrama de Nyquist (figura 2.b) que o desempenho dos filmes aditivados não foi satisfatório, já que houve decréscimo da impedância eletroquímica ao modificar o filme com pó de abacate.

Analisando qualitativamente os diagramas de Nyquist (figura 2) podemos observar que a apesar da baixa resistência do filme modificado com pó do abacate, a maior concentração utilizada (2,77 g.L^{-1}) do inibidor apresentou-se melhor para as duas metodologias utilizadas. Cabendo a trabalhos futuros, teste com concentrações superiores, para verificação se há uma melhora na resistência do filme para o aço galvanizado.

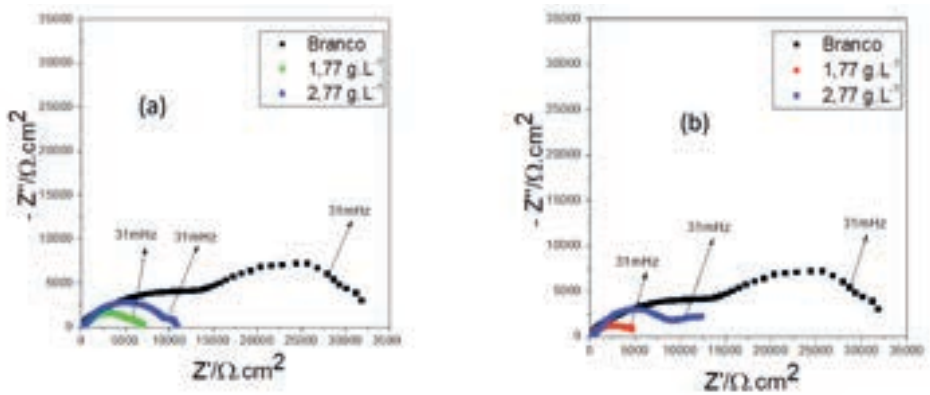

Figura 2: Diagrama de Nyquist do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações do pó de abacate pela metodologia 1 (a) e metodologia 2 (b)

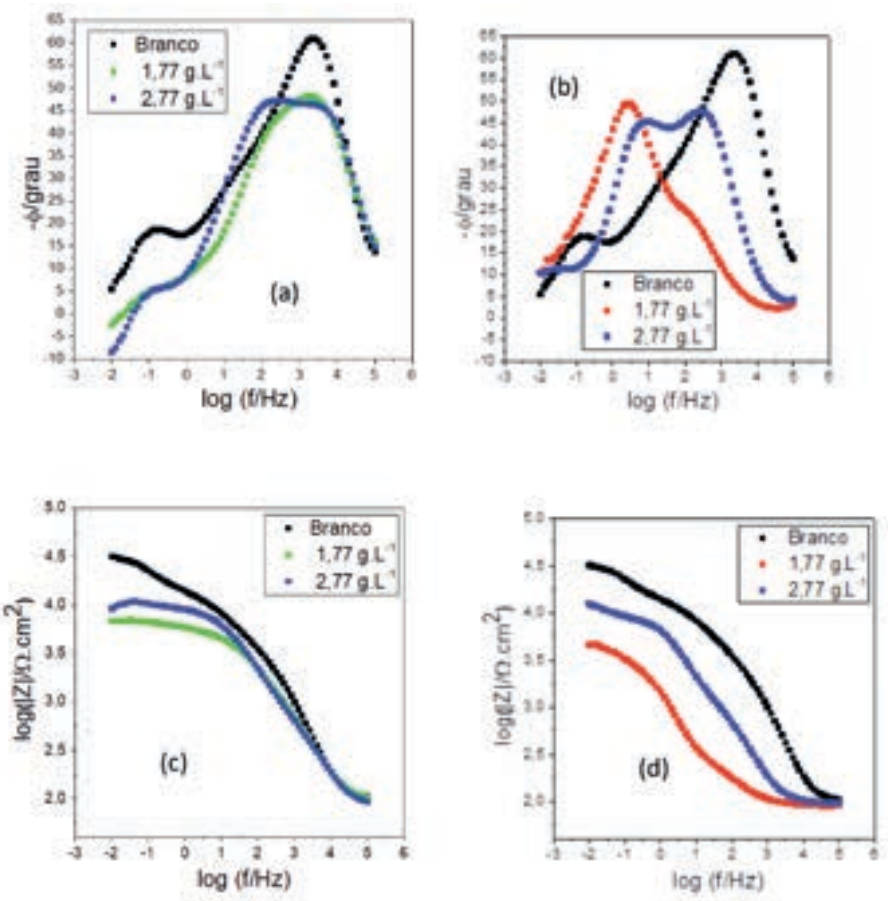

Figura 3: Diagrama de Bode de Ângulo de Fase (a-b); Diagrama de Bode Módulo de Impedância (c-d) do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações de pó de abacate pela metodologia 1 (a-c) e metodologia 2 (b-d).

Para os diagramas de Bode de ângulo de fase e módulo de impedância, (Figura 3(a-b) e 3(c-d), respectivamente), nota-se que a adição do pó de abacate no filme de silano acarreta numa diminuição do ângulo de fase, bem como menores valores do módulo de impedância. Quanto menor for o valor do ângulo de fase e do módulo de impedância, menor o apontamento para uma inibição efetiva do processo corrosivo.

Vale ressaltar, que assim como observado no digrama de Nyquist (Figura 2), a maior concentração (2,77 $g.L^{-1}$) apresentou melhor resistência do que a menor concentração (1,77 $g.L^{-1}$). Além disso, a metodologia 2 apresentou resultados inferiores comparados a metodologia 1. Destaca-se que na metodologia 2 o inibidor natural foi adicionado incialmente em etanol, sendo em seguida levado a banho ultrassônico. Posteriormente foi acrescentado água para a hidrólise, VS+GPTMS e só então ajustado o pH em 4.

A diminuição da resistência a transferência de carga dos filmes carregados também

pode estar associada à maior quantidade de sólidos no revestimento, o que favorece a penetração do eletrólito. Desse modo, estudos adicionais devem ser realizados, aplicando-se uma segunda camada silano puro, verificando assim a ação inibitória do pó de caroço de abacate.

3.2 Curvas de polarização potenciodinâmicas

Os resultados obtidos de curvas de polarização potenciodinâmicas encontram-se na Figura 4. Analisando qualitativamente as curvas apresentadas tanto para a metodologia 1 (Figura 4.a) quanto para a metodologia 2 (Figura 4.b), nota-se menor corrente de corrosão para curva indicada como branco, onde o filme é constituído apenas por VS+GPTMS. Quanto menor a densidade de corrente, menor será o fluxo eletrônico na dupla camada elétrica do eletrodo, mitigando o efeito corrosivo.

Pelas curvas de polarização, nota-se que o pó de abacate está ajudando na proteção anódica, pois para um mesmo potencial, a corrente anódica é menor para todas as amostras aditivadas. Esse efeito na corrente de corrosão pode ser atribuído à forma em que a corrosão se manifesta ou ainda pela diferença de espessura dos filmes, pois o filme aditivado tem uma maior fração de sólidos e consequentemente resultará em um filme mais fino. Devido a isso, os resultados de EIE e da polarização possam se mostrar não tão eficientes, indicando que um estudo mais detalhado dever ser realizado já que a polarização anódica está mostrando que o pó do caroço do abacate pode atuar na melhora da resistência à corrosão do filme.

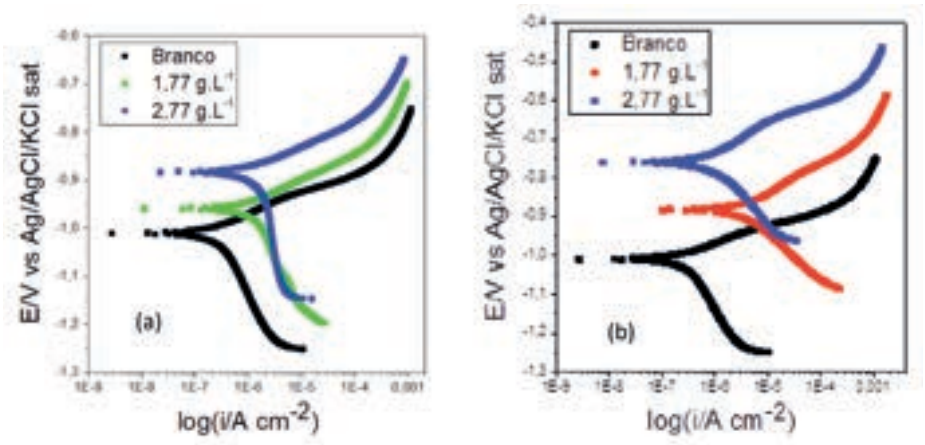

Figura 4: Curvas de polarização do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações do pó do caroço de abacate pela metodologia 1 (a) e pela metodologia 2 (b).

Metodologia 1				
Concentração ($g.L^{-1}$)	Ecorr (mV) /Ag/AgCl/KCl sat	Icorr (A)	βc (mV/dec)	βa (mV/dec)
Branco	-1010	$2,51 \times 10^{-7}$	-215,05	50,70
1,77	-958	$1,03 \times 10^{-6}$	-211,65	51,56
2,77	-884	$1,20 \times 10^{-6}$	-407,93	49,18
Metodologia 2				
Concentração ($g.L^{-1}$)	Ecorr (mV) /Ag/AgCl/KCl sat	Icorr (A)	βc (mV/dec)	βa (mV/dec)
Branco	-1010	$2,51 \times 10^{-7}$	-215,05	50,70
1,77	-886	$3,97 \times 10^{-6}$	-121,81	85,08
2,77	-761	$7,39 \times 10^{-7}$	-145,65	84,42

Quadro 1: Parâmetros das curvas de polarização.

A análise do quadro 1, permite inferir que as reações anódicas obtiveram uma certa redução na concentração de 2,77 $g.L^{-1}$ na metodologia 1, fato demonstrado na diminuição do valor do parâmetro βa (49,18). Além disso, observa-se uma redução mais acentuada nas reações catódicas para essa condição, como pode ser visto pelo parâmetro βc (-407,93).

4 I CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam que mesmo o filme de silano modificado com um inibidor natural, não tendo apresentado eficiência, os parâmetros βa e βc obtidos para as curvas de Tafel indicam que a concentração de 2,77 $g.L^{-1}$ para a metodologia 1 promoveu uma redução das reações de oxirredução. Diante disso, como os processos de cromatização e fosfatização são capazes de causar danos ambientais e à saúde humana, cabe estudos do filme de silanos VS+GPTMS em concentrações superiores a 2,77 $g.L^{-1}$ do pó do caroço de abacate, devendo a introdução do inibidor do pó do caroço de abacate no filme ocorrer após o preparo da solução solvente com ajuste de pH.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESB (PET0015/2016) pelo financiamento do projeto, CAPES, CNPq e FAPESB pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica, UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz) e LAMMA (Laboratório de Materiais e Meio Ambiente) pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

BARRETO, L.S.; *et al.* Study and Assessment of the Efficiency of the Cocoa Bark Extracted from the *Theobroma Cacao* as an Inhibitor of the Corrosion of Carbon Steel in Substitution of Benzotriazole. **Materials Research**, vol.21, n. 1, 2017.

CAPELOSSI, V. R.; AOKI, I. V.; Influence of sonication on anticorrosion properties of a sulfursilane film dopped with Ce (IV) on galvannealed steel. **Progress in Organic Coatings**, v. 76, n. 5, p. 812–820, 2013.

COSTA, J. G. R.; SILVA, K. G.; *et al.* Avaliação da resistência à corrosão do filme de silanoviniltrimetoxisilano modificado com íons Ce (III) e Ce (IV) como pré-tratamento do aço carbono. Evaluation of the corrosion resistance of the vinyltrimethoxsilane film modified with Ce(III) or Ce(IV) ion as carbon steel pretreatment.. **Matéria (Rio de Janeiro)** v. 24, n. 3, 2019.

DAIUTO, E.R.; TREMOCOLDI M.A.; *et al.* Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n. 2, 2014.

DE JESUS, M. E. S. et al. Evaluation of Efficiency of avocado seed powder (Persea Americana) as a corrosion inhibitor in SAE 1008 carbon steel in acidic medium. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 77197-77215, 2020.

FRANCISCO, J. S.; CAPELOSSI, V. R.; Evaluation of a sulfursilane anticorrosive pretreatment on galvannealed steel compared to phosphate under a waterborne epoxy coating. **Electrochimica Acta,** 124, p. 128-136, 2014.

LONGHI, M. et al. Effect of Tetraethoxy-silane (TEOS) Amounts on the Corrosion Prevention Properties of Siloxane- PMMA Hybrid Coatings on Galvanized Steel Substrates. **Materials Research**, v. 18, n. 6, p. 1140–1155, 2015.

RUELA, M. S. P; SILVEIRA, D. M.; Corrosão de Aço Galvanizado em Soluções Ácidas. Corrosion Behavior of Galvanized Steel in Acid Solutions.**The Journal of Engineering and Exact Sciences - JCEC** v. 3, n.8, p.1250-1258, 2017.

SANTOS, A. M.; *et al.* Evaluation of Castor Bark Powder as a Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Media. **Materials Research**, vol. 20, sulp. 2, 2017.

SANTOS, T. S. DOS; COTTING, F.; CAPELOSSI, V. R. Estudo das condições de obtenção do filme viniltrietoxisilano na proteção contra a corrosão do aço galvanizado Study of the Obtaining Conditions of Vinyltretoxysilane Film as Corrosion Protection of the Galvanized Steel. **Matéria (Rio de Janeiro)** v. 25, n. 2, 2020.

SILVA, F. S, *et al.*; Influence of Ce(IV) ions amount on the electrochemical behavior of organic-inorganic hybrid coatings in 0.1 mol.L^{-1} NaCl solution. **Eclética Química Journal**, v. 44, n.4, 2019.

SOUZA, K. G. S.; *et al.;* Study of the wettability and the corrosion protection of the hybrid silane (3-aminoproyl) triethoxysilane (APTES) and (3-glycidyloxypropyl) trimethoxysilane (GPTMS) filmo n galvannealead steel. **Revista Matéria**, v. 25, n. 02, 2020.

WANG, W.; TERRELL, R.; BOSTIC, L.G. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. Food Chemistry, Barking, v.122, p. 1.193-1.198, 2010.

YU, Z., *et al.;* A Review of Recent Developments in Coating Systems for Hot-Dip Galvanized Steel. **Frontiers in Materials**. v. 7, 2020.