
Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Extrato de casca de banana (Musa AAB subgrupo Prata) como inibidor verde de corrosão do aço carbono 1020 em ácido clorídrico 1M

Ana Luiza G. Eurides^a, Aysla C. S. Mayrink^a, Bruno C. de Andrade^a, Igor M. Alves^a, Isabella L. de Souza^a, Matheus B. Barrouin^a, Pedro F. de Andrade^a

Abstract

Corrosion inhibitors are substances that reduce or eliminate corrosion when placed in the right quantities in the corrosive medium (1). Due to the high toxicity of many synthetic inhibitors, alternatives have been prospected; notably the low cost and high availability ones, the green inhibitors. The Brazilian banana peel (Musa AAB Prata subgroup) weights up to 50% of the fruit. It is the 2nd most produced and consumed fruit in the country. This article explores the inhibition efficiency of the Brazilian banana peel on mild steel AISI 1020 in HCl 1 mol.L⁻¹. The gravimetric test presented 90% of inhibition efficiency for above 0.6 g.L⁻¹ of the freeze-dried extract, while 85% of inhibition efficiency for 0.4 g.L⁻¹ of extract was obtained on the electrochemical test. The polarization curves indicated predominantly cathodic inhibition behavior. The infrared spectroscopy indicated the presence of molecules with the characteristics of the galocatechin and catechin in the extract. The scanning electron microscopy confirmed an adsorption of the inhibitor on the metal surface, forming a protective film. The mass balance shown yield of 2% of extract obtainment. Thus, it is evident the potential corrosion inhibition of the Brazilian banana peel in acidic medium.

Keywords: green inhibitor, uniform corrosion, banana peel, polarization, extract

Resumo

Inibidores de corrosão são substâncias que, quando presente em concentrações adequadas, no meio corrosivo, reduzem ou eliminam a corrosão (1). Devido à alta toxicidade de inibidores sintéticos, buscam-se alternativas, preferencialmente de baixo custo e boa disponibilidade, os chamados inibidores verdes. A casca de banana prata (Musa AAB subgrupo Prata) representa até 50% do fruto, sendo no Brasil a 2ª fruta mais produzida e a mais consumida. Neste trabalho, foi investigada a eficiência de inibição do extrato de casca de banana, liofilizado e não liofilizado, no aço carbono AISI 1020 em HCl 1 mol.L⁻¹. O ensaio gravimétrico mostrou uma eficiência de inibição de 90% para o extrato liofilizado em concentrações acima de 0,6 g.L⁻¹, enquanto no ensaio eletroquímico obteve-se 85% de eficiência para a concentração 0,4 g.L⁻¹ de extrato inibidor não liofilizado. As curvas de polarização indicaram um comportamento de inibição predominantemente catódico. A espectroscopia do infravermelho

^a Graduandos, Engenharia Química – PUC Minas.

indicou a presença de moléculas com as características da galocatequina e catequina no extrato. O rendimento do processo de obtenção do extrato foi de 2%.

Palavras-chave: inibidor verde, corrosão uniforme, casca de banana, polarização, extrato

Introdução

O aço carbono é a liga metálica mais utilizada no setor industrial e a sua corrosão acarreta problemas em diversas atividades (2). O mecanismo de proteção metálica com inibidores consiste na formação de uma barreira na superfície do material, impedindo ou retardando as reações de oxirredução, tornando o meio menos agressivo ao metal (3).

De acordo com Raja (4), a maioria dos inibidores sintéticos são tóxicos trazendo riscos à saúde e ao meio ambiente. Por isso, pesquisas para o desenvolvimento de inibidores extraídos de produtos naturais têm sido realizadas (5). Os extratos de plantas e resíduos, chamados de inibidores "verdes", são alternativas disponíveis e renováveis podendo ser extraídos por meio de procedimentos simples com baixo custo (6).

Extratos inibidores eficientes apresentam compostos bioativos aromáticos conjugados e longas cadeias alifáticas com heteroátomos (N, S, O) que possuem pares de elétrons disponíveis para se ligarem a superfície metálica por adsorção. Foram encontradas moléculas no extrato da casca da banana, a galocatequina e catequina que contêm essas estruturas químicas (7)(8).

Ji *et al.* (7) avaliaram a casca de banana (*Musa paradisiaca*) como inibidora de corrosão do aço carbono em meio ácido, em diferentes graus de maturação. A casca verde apresentou eficiências de inibição em até 78% entre 100 mg.L⁻¹ a 300 mg.L⁻¹ enquanto a casca de banana madura, que representa maior parte dos resíduos após consumo do fruto, apresentou eficiência de até 75%.

No Brasil, a banana é a segunda fruta mais produzida, com aumento de 117643 t entre 2015 e 2016 (9) sendo a casca de 47% m/m a 50% m/m do fruto (10). Portanto, é válido concluir que com a crescente produção da fruta no Brasil, haverá também uma grande quantidade de resíduos gerados.

Este trabalho investiga o potencial do extrato da casca de banana (*Musa* AAB subgrupo Prata) como inibidor natural da corrosão uniforme do aço-carbono AISI 1020 em solução de ácido clorídrico 1 mol.L⁻¹. Para isso, ensaios de perda de massa, polarização anódica potenciodinâmica e análise morfológica da superfície por microscopia eletrônica de varredura foram efetuados, além da caracterização do extrato por espectroscopia no infravermelho.

Metodologia

Corpos de prova e meio corrosivo

Os testes de corrosão foram realizados com amostras retangulares de aço carbono AISI 1020 de dimensões médias de 15 mm x 14 mm x 6 mm, imersas em ácido clorídrico 1mol/L.

Obtenção do extrato da casca de banana e balanço de massa

Com o objetivo de realizar um balanço de massa do processo de obtenção do extrato realizou-se a pesagem em uma balança analítica antes e após cada etapa citada. Para o preparo da solução estoque do inibidor foi utilizado um cacho de bananas prata (*Musa* AAB subgrupo Prata), com a massa correspondente de 853,53 g. As cascas da fruta foram devidamente limpas e colocadas em estufa de circulação de ar a 50 °C por 24 h. O material seco foi triturado em moinho de facas (TE-680 tipo Wiley com aberturas de 10 mesh) e encaminhado para uma série de peneiras vibratórias com menor abertura de 600 µm (30 mesh) operando a 15 Hz por 10 min. O passante foi misturado em solução aquosa 90% v/v de acetona à temperatura ambiente sob agitação por 36 h na proporção de 15 g de pó para cada 300 mL de solução (11). A mistura foi filtrada a vácuo, o filtrado concentrado em rotaevaporador e refrigerado a 4 °C. Parte do extrato foi liofilizado (Alpha 2-4 LSC da MARTIN CHRIST) e mantidos congelados (-5 °C) para novos ensaios de perda de massa.

Caracterização do Extrato não liofilizado

Foram realizadas análises do extrato não liofilizado no espectrômetro de infravermelho (FTIR Shimadzu IRAffinity-1 700 cm^{-1} a 4000 cm^{-1}) para identificar os grupos funcionais presentes no inibidor

Ensaio Gravimétricos

Seis amostras de aço carbono AISI 1020 foram lixadas com lixas de 180, 320 e 600 mesh. Após o lixamento, as dimensões das amostras foram medidas com o auxílio de um paquímetro. Os corpos de prova foram lavados com água destilada e desengordurados com acetona e secos. Por fim, fez-se um furo superior em cada peça, a fim de se permitir sua suspensão no meio com um fio de nylon.

Conforme a norma ASTM G31 – 72 (12), as amostras foram pesadas inicialmente e mergulhadas nas soluções ácidas durante um total de 48 h, à temperatura ambiente. Os dados coletados foram utilizados para construção de curvas. Ensaio de perda de massa foram realizados para o extrato liofilizado para obtenção de uma concentração ótima do inibidor.

Ensaio eletroquímicos

Conforme a norma ASTM G102 – 89 (13), as faces das peças de aço carbono foram lixadas lateralmente com lixas de 180, 320 e 600 mesh, e soldou-se um fio de cobre encapado na peça. Em seguida, embutiu-se a peça em resina epóxi num molde de 30 mm de diâmetro. Por fim, a face superior da peça foi lixada até lixa de 600 mesh. Foi utilizado o método de extrapolação de Tafel com a montagem de uma célula eletroquímica contendo o eletrodo de referência Ag/AgCl 3 mol.L⁻¹, o contra eletrodo de platina e aço carbono 1020 como eletrodo de trabalho. As curvas de polarização anódica potenciodinâmicas foram obtidas com um potenciostato AUTOLAB® PGSTAT 302N, com software de controle Nova 2.0®.

Inicialmente foram realizadas medidas de potencial de circuito aberto (OCP) para avaliar o tempo de estabilização do potencial eletroquímico do material no meio. Após 1800 s, foram aplicados potenciais de -250 mV a 250 mV em relação ao OCP a uma taxa de 1 mV.s⁻¹. Este

ensaio foi realizado apenas para a melhor concentração encontrada no ensaio de perda de massa do extrato não liofilizado. A análise da curva de potencial aplicado por densidade de corrente (corrente medida por unidade de área) fornece a parâmetro de “corrente” de corrosão e por ele calcula-se a taxa de corrosão e a eficiência de inibição.

Observação da superfície do aço carbono

Para observar a superfície do aço carbono 1020, utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), da marca JEOL, do modelo JSM-IT300, em três amostras, sendo uma apenas lixada e duas utilizadas no ensaio de perda de massa, em um meio sem inibidor e em um meio com 5% de inibidor ($0,47 \text{ g.L}^{-1}$).

Resultados e discussão

Balanco de massa

Durante o processo de obtenção do extrato, a massa de casca de banana foi medida, o que permitiu avaliar o rendimento do processo. De início, verificou-se que o resíduo de casca de banana correspondeu a 42% do fruto, valor inferior ao citado por Silva *et al.* (10), os quais estimaram-se uma relação de 47 a 50% da casca em relação ao fruto. Tal discordância de valores pode ser justificada pela avaliação em diferentes tipos, estágios de maturação do fruto e condições de plantio.

Na etapa de secagem foi verificada um teor de umidade de 86,6% pelo procedimento gravimétrico, um teor mais elevado do que 71,3% encontrado por Ribeiro *et al.* (14) para esse tipo de banana (Prata-Anã AAB), um parâmetro também dependente do grau de maturação e das condições de plantio e estocagem. Dos 13,4% de massa seca que passou pelo processo de moagem e peneiramento, 4,3% não estava na granulometria selecionada (abaixo de $600 \mu\text{m}$) e foram descartados, enquanto que no processo de filtragem a vácuo 7,1% ficou retido no filtro.

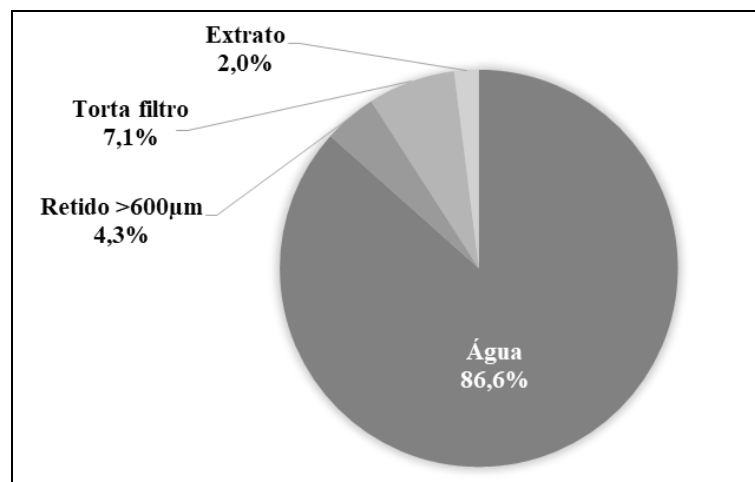


Figura 1 - Gráfico do balanço de massa do processo de obtenção do extrato de casca de banana prata

Assim, apenas 2% em massa dos resíduos de casca de banana corresponderam ao extrato obtido, a eficiência do processo global (Figura 1). Tendo em vista a massa do extrato que

ficou na solução (6,7 g) foi possível estimar a concentração do extrato inibidor, ou seja, para os 600 mL de solução a concentração de extrato foi de $0,01 \text{ g.L}^{-1}$.

Ensaio de corrosão

Perda de massa

Como observado na Figura 2, as taxas de corrosão do aço-carbono 1020 em $\text{HCl } 1 \text{ mol.L}^{-1}$, na ausência e presença do extrato, diminuíram com o aumento do tempo de imersão até estabilizar em aproximadamente 24 h. Com a adição de 5% v/v de extrato da casca da banana houve uma redução de 70,4% da taxa de corrosão em relação ao ensaio sem inibidor, contudo, em concentrações menores, não houve diminuição significativa. A diminuição da corrosão no meio de maior concentração de inibidor pode ser atribuída ao aumento da área de cobertura da superfície do aço carbono por adsorção dos componentes do extrato que criou uma barreira entre o material e o meio corrosivo (7). Como não fora verificada inibição de corrosão significativa para concentrações inferiores a 5% v/v, considerou-se adequado testar concentrações superiores, de modo a obter condições mais eficientes.

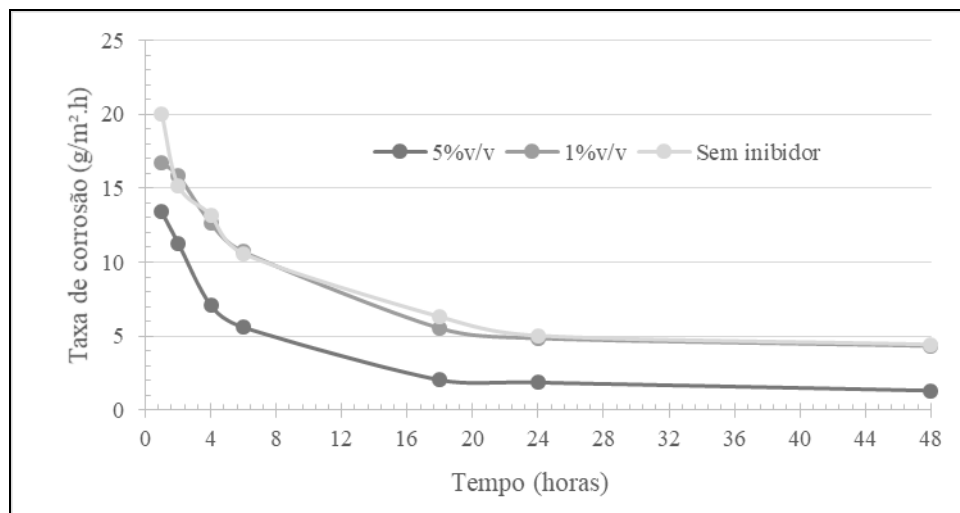


Figura 2 - Gráfico da variação da taxa de corrosão do aço carbono 1020 com o tempo de imersão em $\text{HCl } 1 \text{ mol.L}^{-1}$ na presença e ausência do extrato de casca de banana

A partir dos dados coletados no ensaio de perda de massa calculou-se a eficiência de inibição e a taxa de corrosão de acordo a norma ASTM G31 – 72 (12). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos, assim, com o aumento da concentração do inibidor têm-se uma eficiência de inibição maior em decorrência da maior cobertura da superfície. Não fora verificada inibição de corrosão significativa para concentrações inferiores a $0,4 \text{ g.L}^{-1}$, desse modo, considerou-se adequado testar concentrações superiores, de modo a obter condições mais eficientes.

Ensaio de perda de massa com o extrato liofilizado foram realizados para concentrações maiores que 5% v/v que equivale a $0,4 \text{ g.L}^{-1}$. Para uma concentração de $0,6 \text{ g.L}^{-1}$ atingiu-se eficiência de inibição de 90%. A taxa de corrosão uniforme encontrada pode ser classificada na norma NACE MR0175 (15), e estabelece os padrões para a seleção e a qualificação de materiais metálicos utilizados em ambientes corrosivos da área de petróleo e gás. Conforme a

norma, o aço carbono 1020 não pode ser usado em HCl 1 mol.L⁻¹ e com a adição de 0,4 g.L⁻¹ de inibidor ao meio, pois é classificada como severa acima de 0,12 mm.ano⁻¹, (Tabela 1). Recomenda-se a realização de replicatas tanto na presença quanto na ausência de inibidor a fim de se encontrar a concentração ótima de inibição do extrato de casca de banana obtido.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de perda de massa para eficiência e taxa de corrosão em diferentes concentrações de inibidor liofilizado.

Concentração (g.L ⁻¹)	Eficiência (%) 48h	Taxa de corrosão (mm/ano)
Sem inibidor	-	6,14
0,4	72,0	1,46
0,6	90,6	0,58
0,8	91,1	0,54
1,0	90,9	0,56

Ensaio eletroquímico

Na Figura 3 são apresentadas as curvas do potencial de circuito aberto (OCP) versus o tempo e mostra a estabilização dentro do intervalo estudado.

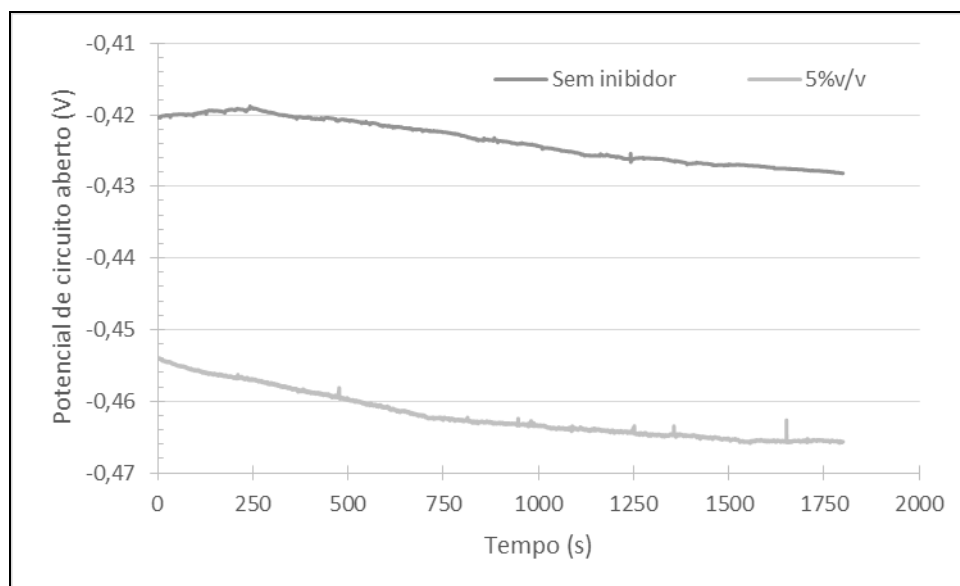


Figura 3 - Gráfico de estabilização do OCP antes do ensaio de polarização anódica potenciodinâmica para aço carbono em meio HCl 1 mol.L⁻¹

As curvas de polarização potenciodinâmicas foram obtidas sem a presença de inibidor e com adição de 0,4 g.L⁻¹ de inibidor são mostradas na Figura 4. A eficiência de inibição calculada foi de 85%, superior ao encontrado para as mesmas condições do meio no ensaio de perda de massa. Recomenda-se a realização de replicatas deste ensaio.

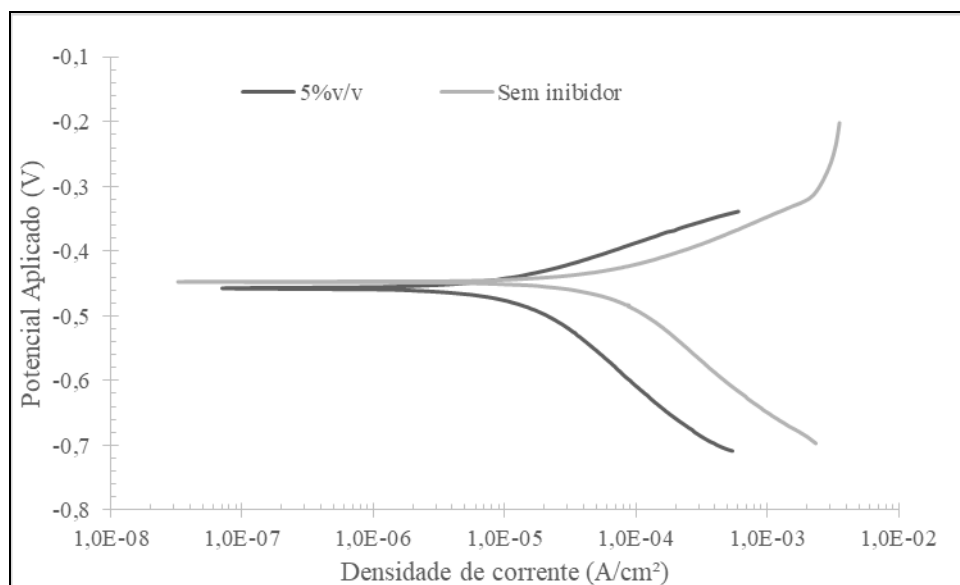


Figura 4 - Gráfico das curvas de polarização de Tafel para aço carbono em meio HCl 1 mol/L na presença e na ausência de inibidor

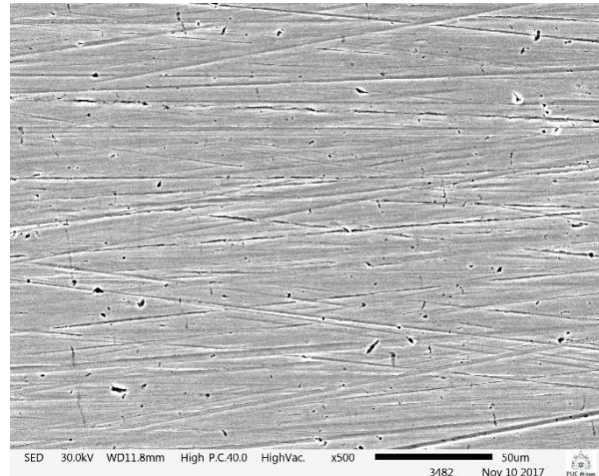
Tabela 2 - Resultados do ensaio eletroquímico, eficiência e taxa de corrosão, na presença e na ausência de extrato inibidor no meio

Condição	Potencial de corrosão (V)	Corrente de corrosão (μAcm^{-2})	Taxa de corrosão (mm.ano^{-1})	Eficiência (%)
Sem inibidor	-0,43	60	0,71	-
5% v/v de inibidor	-0,47	9	0,11	85

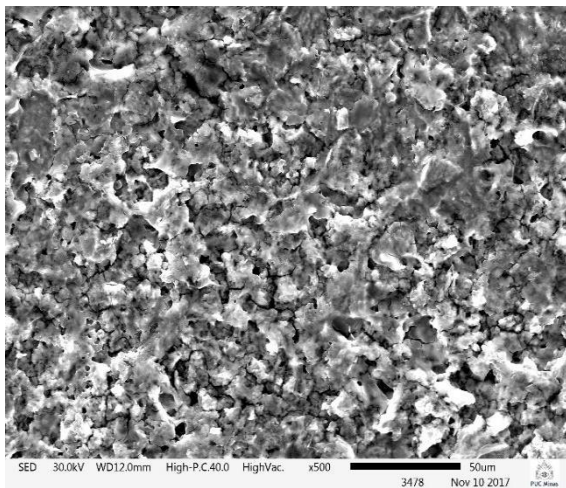
Pode-se classificar o inibidor de extrato de casca de banana como catódico, devido a variação de potencial na região catódica ser maior que os 85 mV indicados como mínimo para considerar um desvio significativo (8). Isso ocorre porque os compostos presentes no extrato inibidor envolveram a área catódica, impedindo a difusão do oxigênio e a condução de elétrons, inibindo assim o processo catódico. Mesmo que a região catódica não esteja totalmente coberta, não haverá corrosão nas áreas protegidas, portanto em qualquer concentração, os inibidores catódicos são considerados mais seguros do que os anódicos, que necessitam de uma concentração mínima de inibidor no meio, concentração crítica, para ser considerado efetivo (1).

Morfologia da superfície

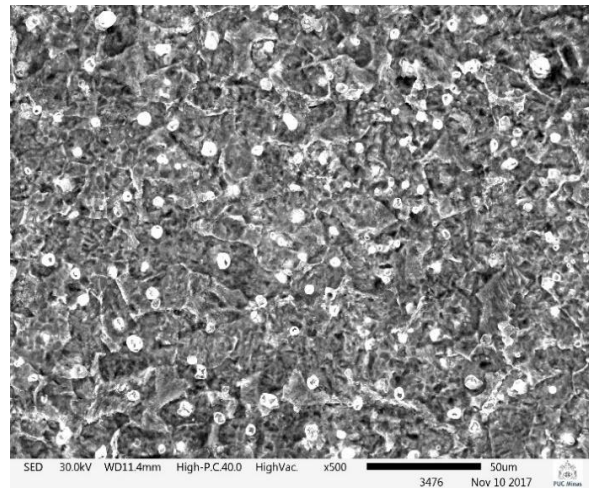
A Figura 5 apresenta as imagens fornecidas pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) das superfícies das amostras de aço carbono 1020 antes da imersão no meio ácido (a), portanto, apenas lixada, imersa em solução de HCl 1 mol.L⁻¹ por 24 h (b) e imersa também em solução de HCl 1 mol.L⁻¹ por 24 h, contendo 5% v/v de extrato da casca de banana não liofilizado (c). As três imagens têm ampliação de 500 vezes, portanto, a escala é de 50 μm .



(a)



(b)



(c)

Figura 5 - Imagens de microscopia eletrônica em 50 μm (a) Amostra antes da imersão; (b) Amostra corroída sem inibidor; (c) Amostra corroída com inibidor

Pela Figura 5(a) pode-se observar as ranhuras produzidas devido ao lixamento da peça. Na Figura 5 (b) é observada uma elevada rugosidade ao longo de toda superfície do aço, na Figura 5(c) também há uma rugosidade uniforme, porém, é observada em menor intensidade, menor profundidade de ataque, indicando que existe uma ação inibidora da corrosão uniforme.

Sugere-se que os efeitos de inibição observados estão de acordo com os resultados obtidos pelos ensaios de perda de massa e eletroquímico, em que se comprovaram eficiências de inibição de 70,4% e 85%, respectivamente. Porém, assim como nos testes de corrosão realizados, os quais se concluiu que para melhores resultados relacionados à eficiência do inibidor, seria necessário estudar meios com maiores concentrações do extrato, na análise micrográfica tal avaliação estaria diretamente relacionada com o aspecto da superfície metálica. Portanto, em maiores concentrações do inibidor, deixaria a superfície menos agredida.

Foi observado na Figura 5(c) pequenos glóbulos brancos, estes também foram encontrados por Senthilvadivu *et al.* (8) e, acredita-se que estes sejam provenientes de alguma ação do

inibidor, devido à ligação das moléculas inibidoras do extrato da casca de banana na superfície metálica. Com aumento do tempo de exposição da peça ao meio corrosivo, com o inibidor, o filme adquire esse perfil globular (16). Portanto, para análises mais conclusivas sobre a capacidade de adsorção do extrato da casca de banana, ou efeitos inibitórios, seria necessário maior tempo de imersão da peça no meio ácido, bem como, utilizar maiores concentrações do inibidor.

Caracterização do extrato inibidor

Com o extrato liofilizado, após a retirada dos solventes, identificou-se no espectro de infravermelho grupos funcionais (Figura 6). Uma banda larga de 3600 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} referente à vibração do estiramento do grupo -OH presente em moléculas polifenólicas como na catequina e galocatequina, principais compostos bioativos encontrados na casca de banana por JI et. al. (7). Os picos próximos a 2900 cm^{-1} são referentes aos estiramento C-H, enquanto os picos próximos a 1600 cm^{-1} são do estiramento C=C de grupos aromáticos substituídos. A presença de grupos C-N em aromáticos pode ser suspeitada devido a ocorrência de picos entre 1400 cm^{-1} e 1300 cm^{-1} , embora não possa ser confirmada o estiramento N-H entre 3500 cm^{-1} a 3300 cm^{-1} por sobreposição com a larga banda O-H. Finalmente, os picos 1250 cm^{-1} e 1050 cm^{-1} indicam estiramentos C-O-C também encontrados na catequina e galocatequina.

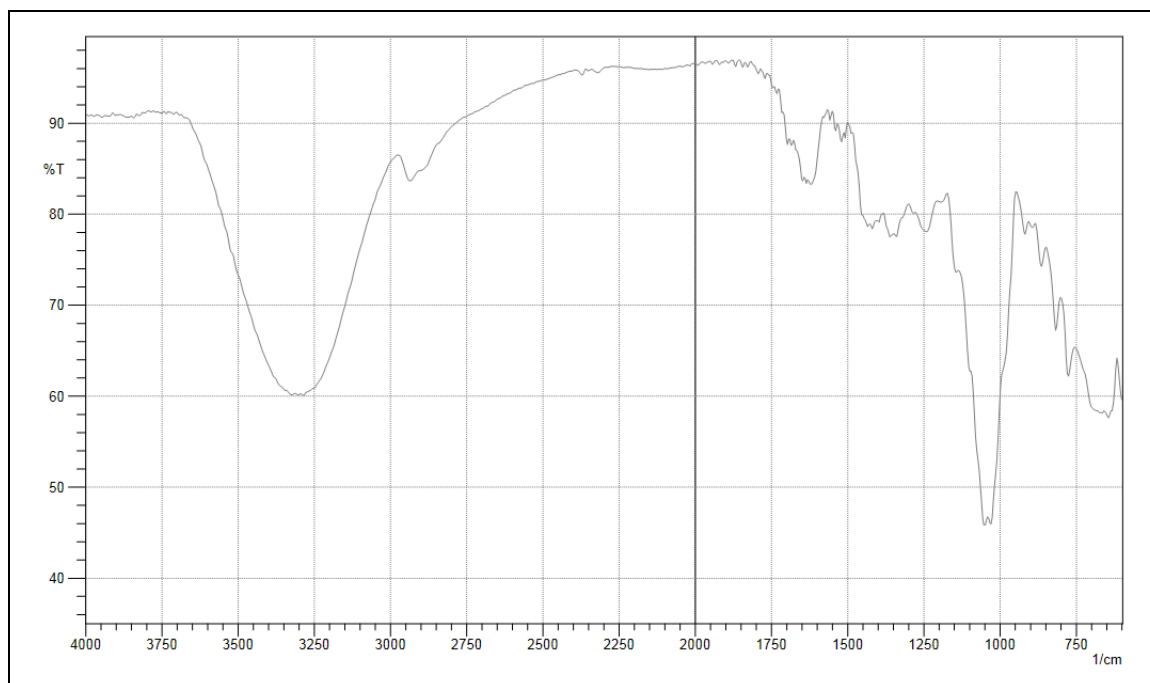


Figura 6 - Espectro de infravermelho (FTIR) do extrato liofilizado da casca de banana prata

Conclusões

O balanço de massa do processo de obtenção de extrato revelou que após a secagem moagem, extração e filtração, apenas 2% em massa das cascas de banana corresponderam ao extrato que foi utilizado para a realização dos testes. Os ensaios de corrosão demonstraram eficiência de inibição de 90% em 48 h de imersão para concentração de $0,6\text{ g.L}^{-1}$ do extrato liofilizado. Pelo método eletroquímico foi encontrado uma eficiência de 85% para uma concentração de

0,4 g.L⁻¹ (5%^{v/v}) do extrato. A análise morfológica da superfície do corpo de prova mostrou que houve adsorção do inibidor sobre regiões da superfície que reduziram a corrosão do material.

O extrato inibidor foi classificado como inibidor catódico. E pelo espectro infravermelho foram identificados grupos funcionais referentes às moléculas polifenólicas como a galocatequina e catequina. É recomendável a realização de novos ensaios potenciostáticos e de perda de massa para concentrações maiores de inibidor no meio visando encontrar eficiências ainda mais significativas e ainda, para a obtenção de melhores resultados, fazer replicatas dos testes com uma avaliação estatística.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPq, FUNED e à PUC Minas a utilização da infraestrutura e ao apoio financeiro dado para a realização deste trabalho.

Referências bibliográficas

- (1) GENTIL, V. **Corrosão**, 3ª Ed. Rio de Janeiro, Ed. LTC. 2011.
- (2) FRAUCHES-SANTOS, C., ALBUQUERQUE, M. A., OLIVEIRA, M. C. C., ECHEVARRIA, A. **A Corrosão e os agentes anticorrosivos**. Revista Virtual de Química. 6(2), 293–309, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140021>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- (3) MAINIER, F. B.; SILVA, R. R. C. M. **Formulações Inibidoras de Corrosão e o Meio Ambiente**. ENGEVISTA, v. 6, n. 3, p. 106-112, dezembro 2004. Disponível em: <www.uff.br/engevista/36Engevista9.pdf>. Acesso em: 11 set. 2017.
- (4) RAJA, P. B.; SETHURAMAN, M. G., **Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media** — A review. Materials Letters, v. 62, n. 1, p. 113-116, 2008.
- (5) LAUREANO, A. C.; GREGÓRIO, M. S.; PEREIRA, N. C. N.; ESTEVES, L.; SCHVARTZMAN, M. M. A. M. **Utilização de resíduo de maracujá como inibidor de corrosão em aço 1020 em meio contendo HCl**. Em: 14ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos (Coteq), Belo Horizonte, maio de 2017.
- (6) ABDEL-GABER, A. M.; ABD-EL-NABEY, B. A.; SIDAHMED, I. M.; EL-ZAYADY, A. M.; SAADAWY, M. **Inhibitive action of some plant extracts on the corrosion of steel in acidic media**. Corrosion Science. 48 2765–2779, 2006.
- (7) JI, G. et al. **Musa paradisiaca peel extract as green corrosion inhibitor for mild steel in HCl solution**. Corrosion Science, v. 90, p. 107–117, 2015.
- (8) SENTHILVADIVU, D. B.; ASWINI, V.; KUMAR, K. S. **Anti-corrosive behavior of ethanolic extract of banana peel against acidic media and their thermodynamic studies**. Internacional Journal of Science and Research (IJSR), v.6, n.7, p.1762-1768, 2017.
- (9) IBGE, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em:<[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2016/lspa_201612_20170222_133000.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2017.
- (10) SILVA, Marina Borges de Lima da. et al. **Qualidade físico-química e sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática**. Alim. Nutr., v. 20, n. 2, p. 167–178, 2009.

-
- (11) GONZÁLEZ-MONTELONGO, R.; GLORIA LOBO, M.; GONZÁLEZ, M. **Antioxidant activity in banana peel extracts:** Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, v. 119, n. 3, p. 1030–1039, 2010.
- (12) ASTM. INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TESTING MATERIALS. **Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.** Designation: G31 – 72, West Conshohocken, Pennsylvania, United States, reapproved 2004.
- (13) ASTM. INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TESTING MATERIALS. **Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements.** Designation: G102 – 89, West Conshohocken, Pennsylvania, United States, reapproved 1994.
- (14) RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, S. O.; BORGES, A. L. **Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico.** *Rev. Bras. Frutic.* v. 34, n. 3, p. 774-782, 2012.
- (15) NACE. **National Association of Corrosion Engineers. International Standard: Petroleum and natural gas industries - Materials for use in H₂S containing environments in oil and gas production.** MR0175/ISO15156, Houston, USA, 2015.
- (16) COLARES, R. P. **Estudo da inibição da corrosão do zinco por íons inorgânicos ecologicamente amigáveis:** molibdato, tungstato, silicato e fosfato. Fortaleza, 2009. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Ceará.

* * *