

Avaliação do potencial do óleo de limão siciliano como inibidor verde do aço inox 316L

Melissa Moraes dos Anjos¹; 0009-0006-8667-3290
Hariston Rubens Pita dos Santos Silva¹; 0009-0007-7943-5072
Nathalia Vasconcellos de Andrade¹; 0009-0002-5012-1292
Ana Clara de Faria Fernandes Madeira¹; 0009-0007-2177-6384
Neyda de la Caridad Om Tapanes¹; 0000-0002-9818-3655
André Pereira de Almeida²; 0009-0004-8596-8826
Ana Isabel de Carvalho Santana¹; 0000-0002-2000-5859

1 – FCEE-UERJ, Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

2 – FCBS-UERJ, Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

moraessmelissa@gmail.com

Resumo: Os aços inoxidáveis austeníticos são materiais que possuem uma elevada resistência à corrosão em virtude da formação de um filme de passivação. Entretanto em meios corrosivos que possuem a presença de íons cloreto pode ocorrer a quebra do filme passivo, resultando na corrosão do material. Este trabalho avaliou o potencial de aplicação do óleo essencial de limão siciliano sobre a resistência à corrosão do aço inox 316L exposto a meio corrosivo de elevada acidez e presença de íons cloreto. Testes eletroquímicos de monitoramento do potencial de circuito aberto e curvas de polarização anódica foram obtidos no meio corrosivo naturalmente aerado e temperatura ambiente, com e sem a adição do óleo essencial. Os resultados mostraram que a adição do óleo na concentração de 4000 ppm promoveu o deslocamento do potencial para valores mais positivos e a redução da corrente na região ativa da curva. Esses resultados apontam que o óleo possui um potencial para inibir a corrosão do aço nas condições experimentais avaliadas, representando uma como uma alternativa promissora e sustentável aos inibidores convencionais.

Palavras-chave: Inibidor de corrosão. Óleo essencial. Aço inoxidável. Curva de polarização.

INTRODUÇÃO

O processo de degradação de materiais metálicos, conhecido como corrosão, é uma reação espontânea que pode ocorrer por ação química ou eletroquímica, em virtude do contato do material metálico com o ambiente no qual está inserido (Gentil, 2011). O aço inoxidável AISI 316L é um aço austenítico de baixo teor de carbono e elevadas concentrações de cromo e níquel, o que proporciona a formação de um filme protetor (filme passivo). A combinação de características como propriedades mecânicas e boa resistência à corrosão permitem a utilização do aço 316L em setores industriais com elevada corrosividade. No entanto, a utilização destes materiais em ambientes com presença de cloreto e elevada acidez pode promover a quebra do filme passivo e a degradação por corrosão localizada.

Os inibidores de corrosão são frequentemente aplicados com a finalidade de reduzir/inibir os processos corrosivos em diferentes tipos de ligas metálicas. A escolha do inibidor varia de acordo com o metal, o meio corrosivo e as características de cada inibidor. No entanto, uma das principais desvantagens da aplicação de alguns inibidores mais comumente utilizados é o elevado nível de toxicidade, na maioria das vezes, prejudiciais ao meio ambiente e ao homem. Com o objetivo de solucionar esse problema, diversas pesquisas dedicaram esforços para avaliar compostos que possam aliar capacidade inibidora da corrosão com comportamento ambientalmente amigável (ROCHA e GOMES, 2017; MARURANI et al. 2024; PARAGUSAN et al. 2025). Alguns trabalhos apontam o uso dos extratos vegetais e óleos essenciais como potenciais inibidores de corrosão (EHSANI et al. 2017; CHAOUICHE, et al. 2025)

Este trabalho teve como objetivo melhorar a resistência à corrosão do aço 316L e, conseqüentemente, ampliar sua aplicabilidade, através da utilização de um inibidor que pudesse apresentar um comportamento ambientalmente amigável. A pesquisa analisa a potencial inibidor do óleo essencial de limão siciliano, a fim de estudar a ação inibidora do óleo sobre o aço, exposto a um meio ácido.

MÉTODOS

A avaliação da viabilidade de aplicação do óleo essencial de limão siciliano como inibidor de corrosão foi realizada através da obtenção de testes eletroquímicos. O aço testado consistiu em uma amostra de aço inoxidável austenítico 316L, adquirido comercialmente. A preparação das amostras iniciou-se com o corte da barra do aço na cortadora metalográfica, em seguida realizou-se a soldagem eletrônica do fio de cobre e o contato elétrico foi verificado com um multímetro. Após soldagem as amostras foram embutidas a frio com a resina epóxi. Para os ensaios eletroquímicos as amostras foram lixadas utilizando uma lixadeira (politriz metalográfica, Arotec, AROPOL 2 V), e lixas d'água de granulações 80, 120, 220, 340, 400 e 600. Na sequência, as amostras foram lavadas com água e sabão neutro, desengorduradas com etanol, rinsadas com água destiladas e secas com jato de ar frio.

Para obtenção dos testes eletroquímicos foi utilizada uma célula de três eletrodos, contendo o eletrodo de trabalho (aço inox 316L), como contra eletrodo (fio de platina) e o eletrodo de referência (eletrodo de calomelano saturado). Os ensaios foram obtidos utilizando um potenciostato da AUTOLAB e o software NOVA para leitura dos dados. Foram realizados o monitoramento do potencial de circuito aberto (OCP), seguido da obtenção de curvas de polarização anódica. Os testes foram conduzidos com e sem a presença do óleo essencial. O OCP foi monitorado durante o tempo de 3600 segundos. As curvas de polarização foram obtidas aplicando um intervalo de potencial -0,25 à 1 V em relação ao OCP. Os ensaios foram realizados 0,1 M de HCl, naturalmente aerada e em temperatura ambiente (25°C). O meio corrosivo foi escolhido para simular um ambiente de elevada corrosividade (pH ácido e presença de íons cloreto). Em relação ao óleo essencial, os testes preliminares foram conduzidos aplicando uma concentração de 4000 ppm do óleo essencial de limão siciliano, adicionado ao meio corrosivo (0,1 M de HCl).

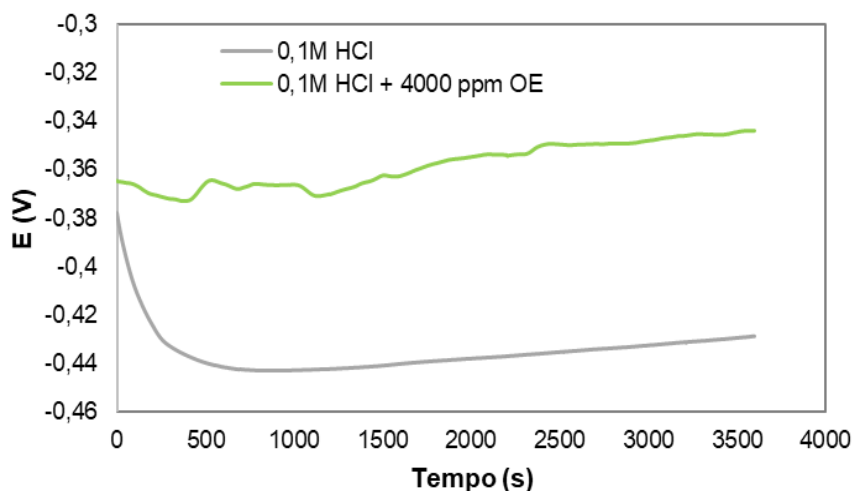
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares dos testes eletroquímicos estão apresentados a seguir nas Figuras 1 e 2. O monitoramento do potencial de circuito aberto (OCP) do aço 316L, ao longo



de 1 hora após exposição ao meio corrosivo com e sem a adição do óleo essencial de limão, pode ser observado na Figura 1. A Tabela 1, mostra a média e o padrão do potencial de circuito aberto para o aço 316L com e sem a adição do inibidor. Observa-se que a adição do óleo essencial promoveu um deslocamento do OCP para valores mais positivos de potencial, esse comportamento é um indicativo que o óleo essencial provoca o aumento da resistência à corrosão do aço. Comportamento semelhante foi observado na literatura para o aço 304 exposto ao meio ácido com adição de extrato vegetal (*Thymus vulgaris*) (SHABANI-NOOSHABADI e GHANDCHI 2015).

Figura 1 – Medida do potencial de circuito aberto para o aço 316L, em solução ácida (0,1 M HCl) naturalmente aerada, T=25°C, com e sem a adição do óleo essencial de limão.



Fonte: (AUTOR, 2025)

Tabela 1. Potencial de circuito aberto do aço 316 L com e sem adição do óleo essencial de limão siciliano.

Meio	E (V)
0,1 M HCl	-0,426 ± 0,003
0,1M HCl + 4000 ppm OE	-0,352 ± 0,010

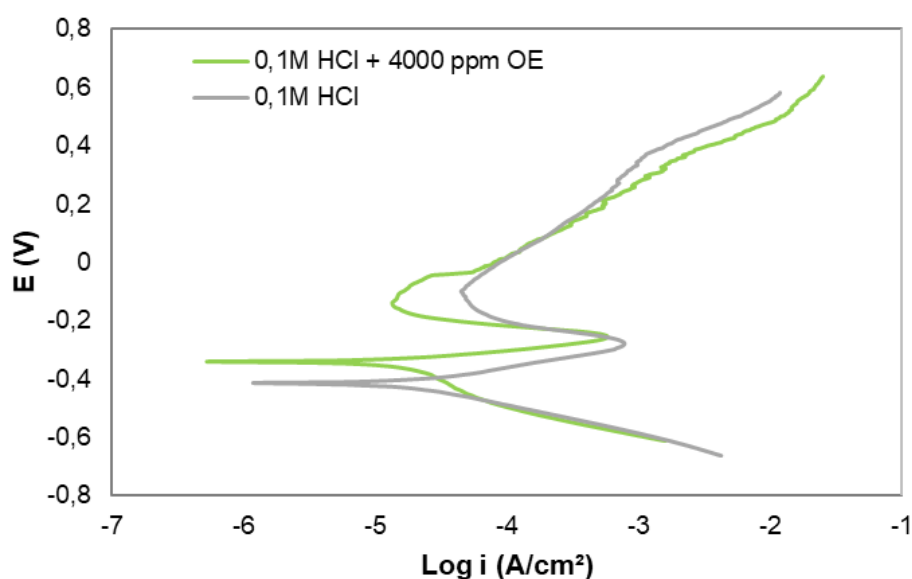
Fonte: (AUTOR, 2025)

As curvas de polarização anódicas foram realizadas para o aço 316L após o monitoramento do potencial de circuito aberto. Os resultados preliminares destas curvas estão apresentados na Figura 2. O comportamento das curvas corrobora os resultados observados para o



potencial de circuito aberto, verifica-se claramente uma redução da corrente anódica na região ativa da curva a adição do óleo ao meio corrosivo. Esse comportamento é um indicativo que o óleo essencial analisado possui um potencial para reduzir os processos corrosivos do aço 316L exposto em meio ácido contendo íons cloreto.

Figura 2 – Curvas de polarização anódica para o aço 316L, em solução ácida (0,1 M HCl) naturalmente aerada, T=25°C, com e sem a adição do óleo essencial de limão.



Fonte: (AUTOR, 2025)

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares observados a partir do potencial de circuito aberto e das curvas de polarização indicam que o óleo essencial de limão siciliano possui um potencial para reduzir a corrosão do aço 316L em meios corrosivos de elevada agressividade. Esse potencial é evidenciado pelo deslocamento do potencial de circuito aberto do aço e pela redução da densidade de corrente na área ativa da curva de polarização após a adição do óleo essencial. Os resultados preliminares obtidos neste estudo reforçam a possibilidade de aplicação de inibidores de corrosão que apresentem comportamento ambientalmente amigável no setor industrial, destacando seu papel como alternativas sustentáveis e ambientalmente menos impactantes em comparação aos inibidores convencionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio para realização da pesquisa. Agradecem também à Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, pelo apoio e incentivo ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CHAOUCHE, R.; TISKAR, M.; LARHLID, I.; IHAMDANE, R.; EL AMRI, A.; AIT MANSOUR, A.; HSISSOU, R.; SALGHI, R.; CHEIKHI, N.; CHAOUCH, A.; HABSAOUI, A. Exploring of the Origanum Compactum essential oil as an ecofriendly corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl environment: Experimental, DFT, MD, DFTB and PDOS approaches. Journal of Molecular Structure, [S.l.], v. 1327, p. 141112, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.141112>

EHSANI, A.; MAHJANI, M. G.; HOSSEINI, M.; SAFARI, R.; MOSHREFI, R.; MOHAMMAD SHIRI, H. Evaluation of Thymus vulgaris plant extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for stainless steel 304 in acidic solution by means of electrochemical impedance spectroscopy, electrochemical noise analysis and density functional theory. Journal of Colloid and Interface Science, [S.l.], v. 490, p. 444-451, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2016.11.048>

GENTIL, V., "Corrosão", in: Corrosão, 6ª ed., Ed. LTC, Rio de Janeiro (2011) pp. 1-376.

MADURANI, K. A.; FIRDAUSI, S.; HARMAMI, H.; ULFIN, I.; SHINCHI, E.; SARI, S. R.; TOMINAGA, M.; KURNIAWAN, F. Improving inhibition efficiency of 304 stainless steel using an organic extract in acidic and high temperature environment: Experimental and theoretical studies. Applied Surface Science Advances, [S.l.], v. 22, p. 100620, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100620>

ROCHA, J. C. DA .; GOMES, J. A. DA C. P. Inibidores de corrosão naturais - Proposta de obtenção de produtos ecológicos de baixo custo a partir de resíduos industriais. Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170005.0263>
SHABANI-NOOSHABADI, M.; GHANDCHI, M. S. Santolina chamaecyparissus extract as a natural source inhibitor for 304 stainless steel corrosion in 3.5% NaCl. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, [S.l.], v. 31, p. 231-237, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2015.06.028>