

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

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

Avaliação de extratos de chás verde e branco como inibidores de corrosão para o aço-carbono 1020 em solução de HCl 1mol/L
Viviane M. Teixeira^a, Lilian F. de Senna^b, Dalva C. B. do Lago^c, Aderval S. Luna^d

Abstract

The use of inhibitors to control corrosion of metals in contact with an aggressive environment is very common in many industrial plants. They are, mostly, organic compounds with good efficiency of inhibition. However, in many cases, these compounds have high cost and exhibit high toxicity. Natural (or green) corrosion inhibitors have been studied in recent years, presenting low toxicity to humans and the environment, as well as antioxidant and anticorrosive properties. In this study, it was evaluated the inhibitory effect of aqueous extracts of leaves of white and green teas (*Camellia sinensis*) on corrosion of carbon steel 1020, in 1 mol/L HCl solution. Potentiodynamic polarization experiments were performed employing an experimental design 2^2 with central point to evaluate the influence of the volume of extract used (V) and extraction time (t) on the efficiency of inhibition (*E.I.*) and corrosion current density (I_{corr}). Electrochemical impedance spectroscopy and total immersion experiments in the best conditions of the experimental design were also performed for each tea extract. There is a general trend that higher *E.I.* and smaller I_{corr} values are obtained using higher V and smaller t.

Keywords: green tea, white tea, extract of natural products, corrosion inhibitors, carbon steel, electrochemical techniques.

Resumo

O uso de inibidores para controlar a corrosão de metais em contato com um meio agressivo é muito comum em diversas plantas industriais. São, em sua maioria, compostos orgânicos com boa eficiência de inibição. Porém, em muitos casos, esses compostos apresentam custo elevado e exibem alta toxicidade. Inibidores de corrosão naturais (ou verdes) vêm sendo estudados nos últimos anos, apresentando baixa toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente, além de propriedades antioxidantes e anticorrosivas. Neste trabalho, avaliou-se a ação inibidora de extratos aquosos de folhas de chás branco e verde (*Camellia sinensis*) na corrosão do aço-carbono 1020, em solução de HCl 1 mol/L. Foram realizados ensaios de polarização potenciodinâmica empregando um planejamento de experimentos 2^2 com ponto central para avaliar a influência do volume de extrato empregado (V) e do tempo de extração (t) na eficiência de inibição (*E.I.*) e na densidade de corrente de corrosão (I_{corr}). Ensaios de

a

Aluno de Mestrado em Engenharia Química - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^b DSc., Professor adjunto – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^c DSc., Professor associado – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

^d DSc., Professor associado – UNVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

espectroscopia de impedância eletroquímica e imersão total dos melhores resultados do planejamento também foram realizados para os extratos de cada chá. Há uma tendência geral de que os maiores valores $E.I.$ e menores I_{corr} sejam obtidos usando maior V e menor t .

Palavras-chave: chá verde, chá branco, extrato de produtos naturais, inibidores de corrosão, aço carbono, técnicas eletroquímicas.

Introdução

Soluções ácidas são largamente usadas industrialmente em várias aplicações, que incluem decapagem ácida do aço, limpeza química e processamento e processos petroquímicos (1). O uso de inibidores é um dos métodos mais utilizados para proteger o metal contra corrosão. Entre esses inibidores destacam-se os compostos orgânicos, que agem como bons inibidores de corrosão devido à presença de heteroátomos em suas estruturas. Recentemente, o uso desses inibidores vem sendo questionado, em função de vários apresentarem elevada toxicidade (2,3). Isso faz com que muitos estudos proponham sua substituição por inibidores naturais ou também chamados de verdes, os quais apresentam baixa toxicidade ao ser humano e não são prejudiciais ao meio ambiente (4-7). Destacam-se entre esses inibidores extratos de produtos naturais, tais como plantas, vegetais, ervas etc.

Extratos de vários produtos naturais são conhecidos na literatura como agentes antioxidantes e muitos foram testados como inibidores de corrosão (4-7). O presente trabalho tem como objetivo investigar a eficiência de inibição dos extratos aquosos das folhas de chás verde e branco do aço-carbono, em solução de ácido clorídrico 1 mol/L. Para isso foram empregadas diferentes técnicas experimentais, tais como: polarização potenciodinâmica (PP) e espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e ensaios de perda de massa (imersão total, IT).

Adicionalmente, com base nos resultados iniciais de PP, empregou-se um planejamento fatorial 2^2 com ponto central a fim de analisar estatisticamente os efeitos dos parâmetros volume de extrato (V) e tempo de extração (t) dos chás verde e branco na eficiência de inibição ($E.I.$) e densidade de corrente de corrosão (I_{corr}). Estes resultados serviram de base para os experimentos selecionados de EIE e de IT, que também serão apresentados neste trabalho.

Metodologia

Obtenção do extrato aquoso e preparação dos corpos de prova

A mesma metodologia foi empregada para obtenção do extrato aquoso dos chás verde e branco. Inicialmente, pesou-se 5 g do chá e adicionou-se 150 mL de água destilada, submetendo-o à extração em banho-maria à temperatura constante de 100 °C, durante (30, 60, 90 e 120) minutos. Em seguida, a solução foi filtrada a vácuo, sendo o filtrado recolhido, armazenado em recipiente de vidro e acondicionado em geladeira.

Os cupons utilizados nos ensaios tiveram dimensões diferentes dependendo dos ensaios aos quais se destinaram. Para os ensaios de PP e EIE, os cupons foram acoplados a um fio condutor, e posteriormente embutidos com resina epóxi. Esses cupons foram polidos em lixa d' água com granulometria variando de (100 a 600) mesh e em seguida lavados com água destilada e etanol, secos com ar quente, e mantidos em dessecador para uso posterior.

Os cupons destinados aos ensaios de IT, não foram embutidos, porém passaram pelo mesmo tratamento (sequencia de lixamento) anteriormente citado.

Ensaio de polarização potenciodinâmica (PP)

Os ensaios de PP foram realizados em uma célula de três eletrodos, sendo o eletrodo de trabalho um corpo de prova de aço carbono AISI 1020 (área exposta $\approx 1,5 \text{ cm}^2$), o contra eletrodo um fio de Pt e o eletrodo de referência de calomelano saturado (ECS). Um potenciostato (PGSTAT 302N), foi utilizado para os ensaios, sendo empregada uma velocidade de varredura de 1 mV/s e variação de potencial de -2 V a 2 V (ECS). Volumes iguais a (1, 5, 10, 25, 30 e 40) mL foram adicionados a 100 mL de solução HCl 1 mol/L em cada ensaio para realização dos experimentos. Das curvas de polarização foram obtidos os valores de densidade de corrente de corrosão (I_{corr}) pela extrapolação das retas de Tafel, que foram utilizados para o cálculo da eficiência de inibição ($E.I.$), segundo a equação 1:

$$EI(\%) = \frac{I_{corr}(\text{branco}) - I_{corr}(\text{ensaio})}{I_{corr}(\text{branco})} \times 100 \quad (1)$$

Com base nos resultados iniciais, selecionaram-se os volumes de extrato de 10 mL e 40 mL, os tempos de extração de 30 min e 90 min, e novos ensaios de PP foram realizados, empregando-se um planejamento fatorial 2^2 com ponto central, a fim de analisar estatisticamente os efeitos dos parâmetros variados (V e t) nas variáveis de resposta analisadas ($E.I.$ e I_{corr}). A Tabela 1 mostra a matriz desse planejamento.

Tabela 1- Matriz do planejamento fatorial 2^2 com ponto central.

Experimento	Valores Codificados		Valores Reais
	X ₁ (volume de chá)	X ₂ (tempo de extração)	Condição
1	-1	1	10 mL chá e 90 min
2	1	1	40 mL chá e 90 min
3	-1	-1	10 mL chá e 30 min
4	1	-1	40 mL chá e 30 min
5	0	0	25 mL chá e 60 min
6	0	0	25 mL chá e 60 min
7	0	0	25 mL chá e 60 min

Ensaio de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e imersão total (IT)

Os ensaios de EIE foram realizados na mesma célula eletroquímica e empregando o mesmo equipamento anteriormente descrito para os ensaios de PP. Os ensaios foram realizados no potencial de circuito aberto, com frequência variando de 100 KHz a 1 MHz e com amplitude de perturbação de ± 10 mV. As condições de V e t dos extratos utilizados foram selecionadas a partir dos melhores resultados do planejamento de experimentos da etapa de PP. Os volumes dos extratos foram adicionados a 100 mL de solução HCl 1 mol/L em cada ensaio para realização dos experimentos. A eficiência de inibição (*E.I.*) foi calculada a partir da equação 2 em função da resistência à polarização (*R_p*) experimental obtida em cada ensaio:

$$EI(\%) = \frac{Rp(ensaio) - Rp(branco)}{Rp(ensaio)} \times 100 \quad (2)$$

Os ensaios de IT foram realizados a temperatura ambiente em béqueres de 150 mL contendo 80 mL de solução de HCl 1mol/L, sem e com a presença do inibidor, de modo a manter as mesmas condições selecionadas para os ensaios de EIE (Tabela 1). Os testes foram conduzidos por 24 h e em duplicata. A eficiência de inibição foi obtida usando a equação 3:

$$EI(\%) = \frac{\text{taxa de corrosão (branco)} - \text{taxa de corrosão(ensaio)}}{\text{taxa de corrosão (branco)}} \times 100 \quad (3)$$

E a taxa de corrosão foi calculada com base na equação 4:

$$TC = \frac{(m_i - m_f) \times 87600}{A \times \rho \times t} \quad (4)$$

Onde: T.C. = taxa de corrosão (mm/ano)

m_i = massa inicial do corpo de prova (g);

m_f = massa final do corpo de prova (g);

A = área do corpo de prova (cm²);

ρ = densidade do aço (g/cm³);

t = tempo de imersão (h).

Resultados e discussão

Ensaio de Polarização Potenciodinâmica

Os resultados iniciais de *E.I.* e I_{corr} com base nos ensaios de PP mostraram que menores valores de *E.I.* (e, conseqüentemente, maiores I_{corr}) foram obtidos para maiores t. Por outro lado, um aumento de V ocasionou uma diminuição em I_{corr} . Estes resultados indicaram que possivelmente, os parâmetros variados (V e t) poderiam ter efeitos significativos sobre as variáveis estudadas. Assim, a fim de obter uma avaliação mais quantitativa destes efeitos, o planejamento fatorial 2² com ponto central foi realizado, sendo os resultados em termos de E_{corr} e I_{corr} , obtidos da extrapolação das retas de Tafel oriundas das curvas de polarização, e *E.I.*, calculado a partir da equação 1, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Densidade de corrente de corrosão (I_{corr}), potencial de corrosão (E_{corr}) e eficiência de inibição ($E.I.$) com base nos resultados do planejamento para os extratos aquosos, dos chás verde e branco.

Condição	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	E_{corr} (mV)	$E.I.$ (%)
HCl 1mol/L	69,68	-469,71	-----
chá verde aquoso			
10 mL chá e 90 min	9,27	-478,36	86,68
40 mL chá e 90 min	7,08	-480,18	89,83
10 mL chá e 30 min	7,84	-504,24	88,73
40 mL chá e 30 min	6,48	-490,14	90,70
25 mL chá e 60 min	25,83	-463,44	62,93
25 mL chá e 60 min	25,23	-464,70	63,78
25 mL chá e 60 min	24,01	-455,00	65,53
chá branco aquoso			
10 mL chá e 90 min	24,54	-490,54	64,77
40 mL chá e 90 min	5,43	-458,11	92,20
10 mL chá e 30 min	17,76	-525,83	74,51
40 mL chá e 30 min	5,31	-467,39	92,37
25 mL chá e 60 min	19,16	-465,04	72,49
25 mL chá e 60 min	19,04	-479,14	72,67
25 mL chá e 60 min	18,06	-474,84	74,07

Analisando a Tabela 2, nota-se que a maior diferença entre os potenciais de corrosão apresentados para o inibidor extrato de chá verde e para o branco (HCl 1 mol/L) foi próximo de - 35 mV, enquanto que para o inibidor extrato de chá branco, foi próximo de - 56 mV. Não há, portanto, uma variação maior que ± 85 mV do E_{corr} do aço, na presença ou ausência dos extratos na solução ácida, o que indica a ação de ambos os extratos como inibidores mistos (8). Contudo, observando exemplos das curvas de polarização potenciodinâmica do aço carbono imerso na solução de ácido clorídrico 1 mol/L, na ausência e na presença do extrato aquoso de chás verde e branco (Figura 1), verifica-se que apesar dos inibidores apresentarem características de inibidor misto, o ramo catódico das curvas é sensivelmente mais inibido nos dois casos, sugerindo maior atuação sobre a reação catódica (redução de H^+).

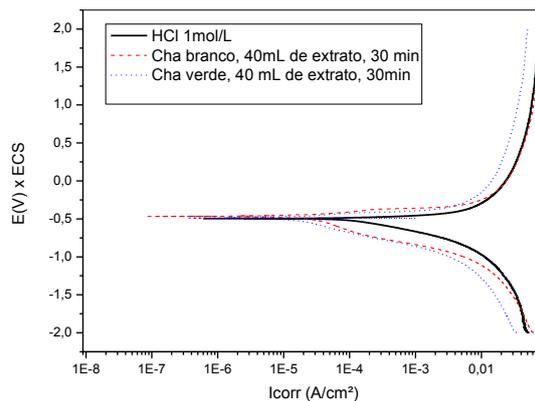


Figura 1: Curvas de polarização potenciodinâmica para o aço-carbono imerso em solução de HCl 1mol/L na ausência e presença do inibidor extratos de chás verde e branco, na melhor condição do planejamento. Velocidade de varredura = 1 mV/s.

Os resultados de $E.I.$ (%), apresentados também na Tabela 2, mostram que a eficiência de inibição aumentou, enquanto a I_{corr} diminuiu, quando foi adicionado um volume maior de inibidor à solução. Esse decréscimo no valor da I_{corr} , provavelmente ocorreu devido à adsorção dos compostos orgânicos presentes nos extratos em sítios ativos da superfície metálica, retardando ambas as reações de dissolução do metal e de evolução de hidrogênio (8). Também é possível observar na Tabela 2, que os piores resultados, ou seja, menores valores de $E.I.$, foram obtidos no ponto central.

As Figuras 2 e 3 mostram os diagramas de Pareto e as superfícies de resposta para os extratos aquosos de chás verde e branco, respectivamente, com relação à $E.I.$. Analisando o diagrama de Pareto da Figura 2A, nota-se que nenhum dos parâmetros avaliados foi estatisticamente significativo. A superfície de resposta, Figura 2B, mostra que para tempos menores de extração e volumes maiores de extrato, maiores resultados de $E.I.$ poderiam ser obtidos.

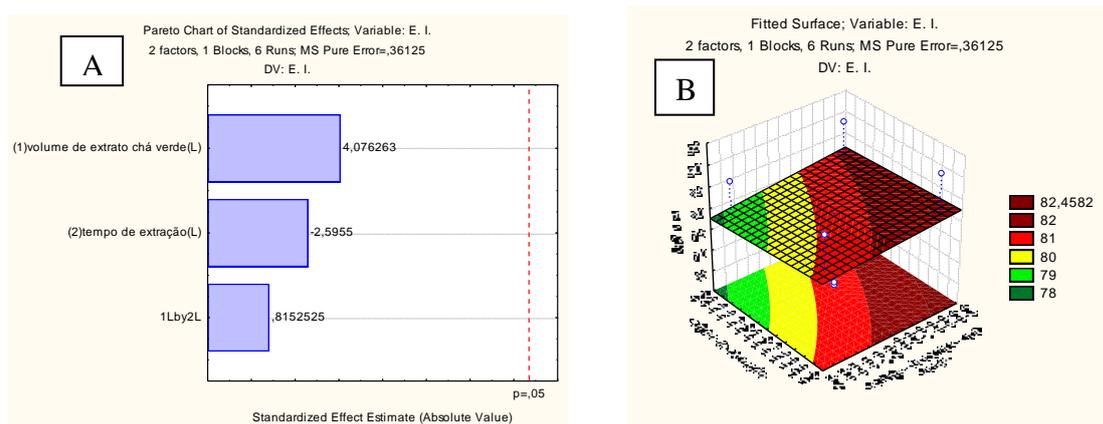


Figura 2: Diagrama de Pareto (A) e Superfície de resposta (B) para o extrato aquoso de chá verde. Variável: $E.I.$

Para o extrato aquoso de chá branco, o diagrama de Pareto, Figura 3A, mostra que o volume de extrato (V), o tempo de extração (t), bem como a interação entre esses parâmetros (Vt) influenciam estatisticamente a $E.I.$, sendo a maior influência verificada para V . A equação 5

também mostra este resultado. Assim, maiores valores de $E.I.$ podem ser esperados quando maiores volumes de extrato e menores tempos de extração são empregados, conforme mostra a superfície de resposta (Figura 3B), o que condiz com os resultados de $E.I.$ mostrados na Tabela 2.

$$E.I. = 78,17 + 11,32V - 2,48t + 2,39Vt \quad (5)$$

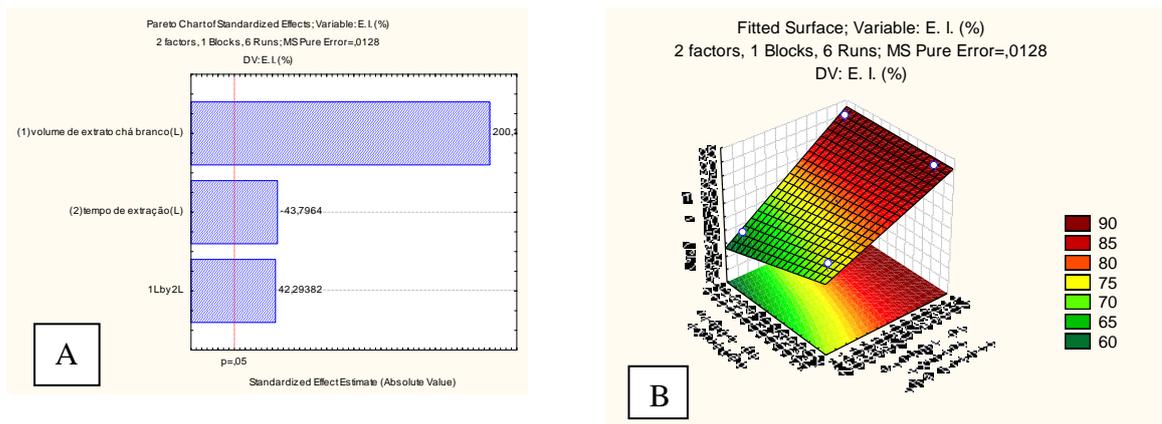


Figura 3: Diagrama de Pareto (A) e Superfície de resposta (B) para o extrato aquoso de chá branco. Variável: $E.I.$

As Figuras 4 e 5 mostram os diagramas de Pareto e as superfícies de resposta para os extratos de chás verde e branco, respectivamente, com relação à I_{corr} .

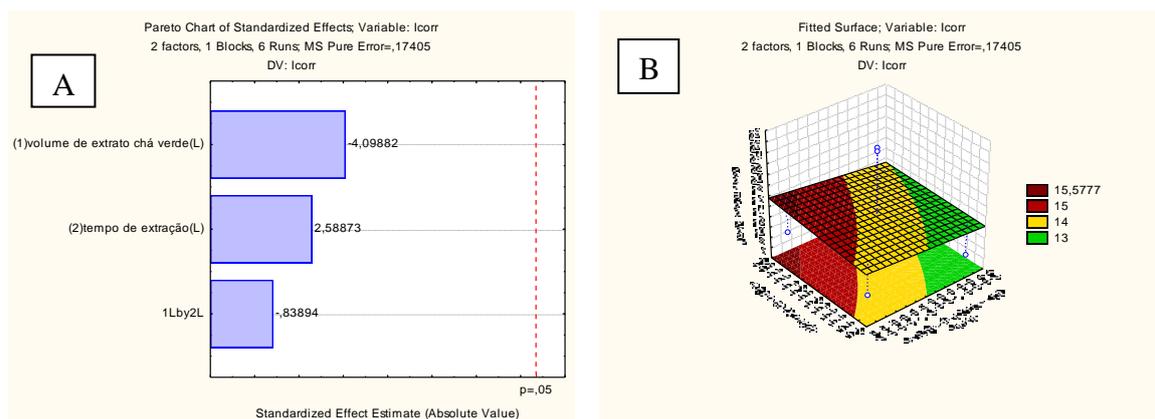


Figura 4: Diagrama de Pareto (A) e Superfície de resposta (B) para o extrato aquoso de chá verde. Variável: I_{corr}

Semelhante ao resultado estatístico obtido para $E.I.$ referente ao extrato de chá verde, nenhum parâmetro analisado (V ou t) influenciou estatisticamente a I_{corr} para este extrato, conforme pode ser visto na Figura 4A. Comportamento complementar ao da Figura 2B foi verificado na

Figura 4B, onde menores valores de I_{corr} poderiam ser obtidos para maiores valores de V e menores de t.

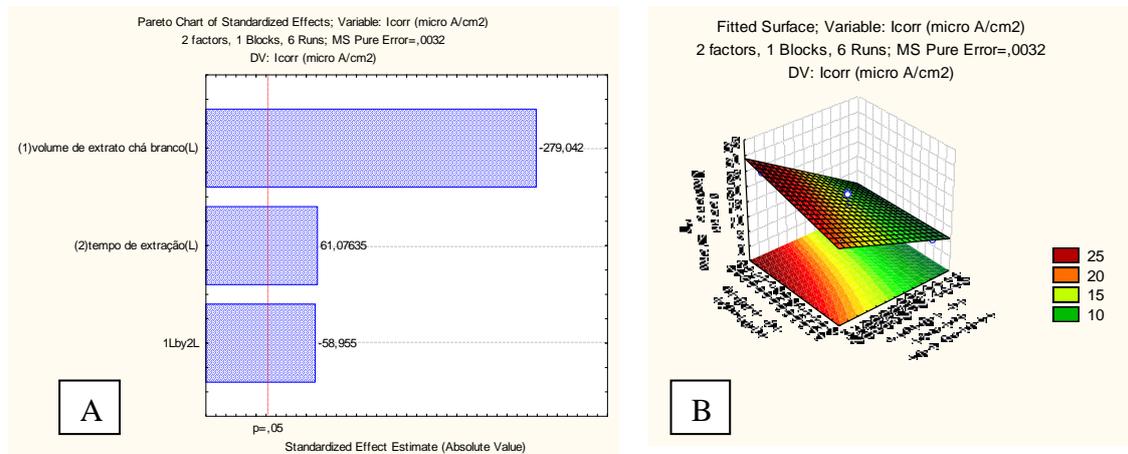


Figura 5: Diagrama de Pareto (A) e Superfície de resposta (B) para o extrato aquoso de chá branco. Variável: I_{corr}

A Figura 5A mostra que a variável I_{corr} é influenciada de maneira significativa por todos os parâmetros investigados: volume de extrato (V), tempo de extração (t) e interação entre eles (Vt). Observa-se, no diagrama de Pareto e na equação 6, que o volume de extrato de chá adicionado à solução de HCl 1mol/L influenciou de forma negativa a densidade de corrente de corrosão, ou seja, o aumento do volume diminuiu o valor de I_{corr} . Já o tempo de extração influenciou de maneira positiva esta variável. Assim, um menor valor de I_{corr} é esperado em menores tempos de extração.

$$I_{corr} = 15,21 - 7,89V + 1,73t - 1,67Vt \quad (6)$$

A influência da interação entre o volume de extrato e o tempo de extração pode ser visualizada na Figura 5B. Observa-se uma influência negativa desta interação sobre I_{corr} , isto é, menores valores de I_{corr} são obtidos quando são empregados maiores volumes de extrato e menores tempos de extração. De fato, os maiores valores de $E.I$ e menores valores de I_{corr} foram obtidos, para ambos os casos, nas condições de maior V e menor t ($E.I. (\%) = 90,70$ e $92,37$; $I_{corr} (\mu A/cm^2) = 6,48$ e $5,31$) para os chás verde e branco, respectivamente. Com base nestes resultados, selecionou-se o volume de 40,00 mL de extrato e o tempo de extração de 30 min, para a realização dos ensaios de EIE e IT, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

Ensaio de EIE

O espectro de impedância eletroquímica do aço carbono imerso em uma solução de ácido clorídrico 1 mol/L, na ausência e na presença dos inibidores extratos aquosos das folhas de chás verde e branco, nas condições selecionadas de extração, é mostrado na Figura 6.

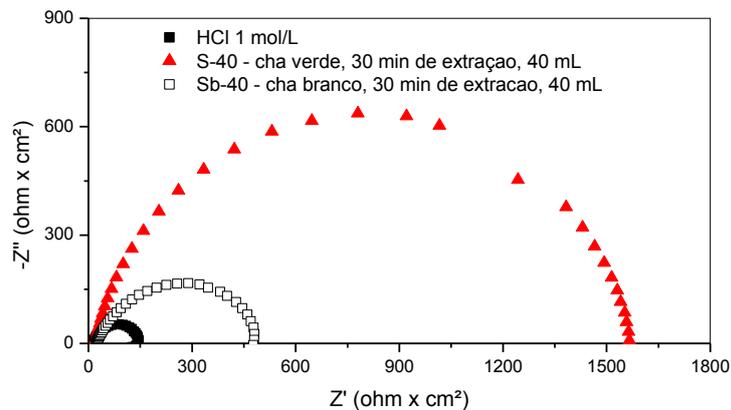


Figura 6: Diagrama de Nyquist do aço carbono imerso em solução de HCl 1 mol/L, na presença e na ausência do inibidor, a partir das melhores condições verificadas no planejamento de experimentos dos ensaios de PP.

Conforme se pode observar na Figura 6, a presença do extrato aquoso dos chás aumentou a resistência de polarização (R_p) do substrato de aço ($R_{p_{HCl}} = 145,42 \text{ ohm} \times \text{cm}^2$, $R_{p_{Sb-40}} = 480,13 \text{ ohm} \times \text{cm}^2$ e $R_{p_{S-40}} = 1566,60 \text{ ohm} \times \text{cm}^2$). O diagrama de Nyquist mostra um semicírculo capacitivo, o qual é relacionado ao processo de carregamento e descarregamento da dupla camada eletroquímica. De modo geral, é possível dizer que quanto maior este semicírculo, maior a resistência à transferência de carga (e conseqüentemente à corrosão) exibida pelo sistema imerso no meio corrosivo. A ação inibitória se dá, provavelmente, através da adsorção do inibidor na superfície metálica, formando uma barreira protetora entre a interface metal/meio corrosivo (9).

Ensaio de IT

A Tabela 3 mostra os resultados dos ensaios de IT, onde são apresentados os valores de taxa de corrosão e de eficiência de inibição ($E.I.$). Para efeito de comparação, os resultados dos ensaios de EIE e PP são também apresentados.

Tabela 3: Resultados de Taxa de corrosão (mm/ano) e de $E.I.$ obtidos a partir dos ensaios de IT, EIE e PP para o do aço-carbono 1020 imerso em solução de HCl 1 mol/L por 24h, na ausência e na presença dos extratos aquosos, à temperatura ambiente.

Ensaio	Condição	Taxa de Corrosão (ensaio: IT) (mm/ano)	$E.I.$ (%) IT	$E.I.$ (%) EIE	$E.I.$ (%) PP
Branco	HCl 1mol/L	5,0456	-----		
S-40	40 mL de extrato de chá verde, 30 min	0,2643	94,76	90,72	90,70
S _b -40	40 mL de extrato de chá branco, 30 min	0,6291	87,53	69,71	92,37

A Tabela 3 mostra que a taxa de corrosão do aço obtida a partir dos ensaios de IT diminuiu quando este foi imerso no meio ácido contendo o inibidor extrato aquoso de qualquer um dos chás, durante 24 h. O decréscimo da taxa de corrosão pode ser atribuído à adsorção de moléculas do inibidor na superfície do metal. As moléculas adsorvidas agem isolando a superfície metálica, diminuindo o contato entre o meio corrosivo e o eletrodo. A adsorção de moléculas do inibidor na superfície metálica é estimulada pela presença de elétrons π do anel aromático e de pares de elétrons não compartilhados de heteroátomos, presentes nas estruturas químicas dos componentes da *Camellia sinensis* (11). Esse comportamento reflete no efeito inibitório dos extratos contra a corrosão do aço-carbono em solução ácida, confirmando os resultados obtidos pela EIE.

Comparando os resultados de *E.I.* para os ensaios de PP, EIE e IT, nota-se que os resultados obtidos por EIE e IT mostraram que a condição do extrato aquoso de chá verde forneceu maior valor de *E.I.* se comparado ao extrato de chá branco, enquanto que o resultado inverso foi verificado para os ensaios de PP. É válido ressaltar que os ensaios de PP são realizados em condições diferentes e aceleradas, em comparação aos experimentos de EIE e IT. Além disso, a polarização inicial do substrato para potenciais mais negativos que o potencial de circuito aberto que ocorre no início dos ensaios de PP, deve provavelmente favorecer a adsorção de componentes dos extratos na superfície metálica. Este fato, pode ter resultado na formação de uma camada protetora, a qual diminuiu a transferência de carga entre a superfície metálica e o meio corrosivo, como observado nos ensaios de PP (Figura 1). Como nos ensaios de EIE e IT não ocorre polarização do potencial, esta provável adsorção inicial pode não ter ocorrido nestes casos.

Além disso, existem algumas diferenças no processo de fermentação e na composição química dos chás verde e branco, que poderiam justificar a mudança de comportamento de cada um em relação às técnicas apresentadas anteriormente. Embora ambos os chás sejam derivados das folhas de *Camellia sinensis*, o chá branco é menos processado se comparado ao chá verde, sendo conhecido como chá não fermentado. Em função disso, o chá branco contém uma quantidade menor de cafeína e muito maior de antioxidantes, especialmente de catequinas, devido a não existência do processo de fermentação, além de apresentar elevada ação antimutagênica em relação ao chá verde (10). Esta diferença na composição química também pode ser considerada para explicar as diferenças anteriormente verificadas.

É importante salientar ainda que durante os ensaios de EIE e IT realizados com chá branco, ocorreu degradação do extrato ao longo do tempo, turvando a solução. Provavelmente, esse fato pode também ter contribuído para que o valor de *E.I.* não fosse tão satisfatório nestes ensaios, em função da menor proteção conferida pelo extrato, causando aumento da corrosão do aço-carbono.

Contudo, novos experimentos ainda são necessários para se chegar a uma conclusão definitiva sobre este tópico.

Conclusões

Os estudos de extratos aquosos de chás verde e branco como inibidores de corrosão para o aço carbono 1020 em meio de HCl 1 mol/L, permitiram as seguintes conclusões:

- Os ensaios de PP mostraram que ambos os extratos são bons inibidores de corrosão, apresentando valores maiores de *E.I.* para maiores volumes de extrato e menores tempos de extração. Além disso, as curvas de polarização catódica e anódica mostraram que esses extratos atuam como inibidores mistos.

- Os resultados dos ensaios de EIE indicam que a presença dos extratos aquosos no meio ácido, provoca um aumento no valor de R_p , conferindo ao aço carbono, maior resistência à transferência de carga. Como consequência desse comportamento, maiores valores de *E.I.* foram obtidos.

- Os ensaios de IT permitiram a comprovação de que os extratos aquosos estudados agem como bons inibidores de corrosão. O valor da taxa de corrosão diminuiu com a adição do inibidor ao meio, mostrando um aumento no valor das *E.I.* dos extratos, indicando que moléculas do inibidor se adsorvem na superfície do aço.

- Os resultados estatísticos para o extrato aquoso de chá verde foram semelhantes para as duas variáveis estudadas (*E.I.* e I_{corr}). Nenhum dos parâmetros avaliados (V e t) influenciaram as variáveis de maneira significativa.

- A análise estatística mostrou que para o extrato aquoso de chá branco, o volume de extrato é estatisticamente significativo, influenciando positivamente na *E.I.*, que aumenta conforme maiores volumes de extrato são utilizados. A variável I_{corr} é influenciada por todos os parâmetros investigados. O tempo de extração influenciou de maneira positiva, já o volume de extrato e a interação entre eles influenciaram negativamente na densidade de corrente, ou seja, o aumento do volume de extrato ou o aumento simultâneo de V e diminuição de t , diminuem o valor de I_{corr} .

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPERJ pelo apoio financeiro. Dalva C. B. do Lago, Lilian F. Senna e Aderval S. Luna agradecem também ao Programa Prociência.

Referências bibliográficas

- (1) BENTISS, F., TRASINEL, M., LAGRENCE, M. The substituted 1,3,4-oxadiazoles: a new class of corrosion inhibitors of mild steel in acidic media. **Corrosion Science**, v. 42, n. 1, p. 127-146, Jan 2000.
- (2) VISHWANATHAM, S., HALDAR, N. Furfuryl alcohol as corrosion inhibitor for N80 in hydrochloric acid. **Corrosion Science**, v. 50, n. 11, p. 2999-3004, Nov 2008.
- (3) REZNIK, V.S., AKAMSIN, V.D., KHODYREV, Yu.P., GALIAKBEROV, R.M., EFREMOV, Yu.Ya., TIWARI, L. Mercaptopyrimidines as inhibitors of carbon dioxide corrosion of iron. **Corrosion Science**, v. 50, n. 2, p. 392-403, Feb 2008.
- (4) SOUZA, F.S., SPINELLI, A. Caffeic acid as a green corrosion inhibition for mild steel. **Corrosion Science**, v. 51, n. 3, p. 642-649, March 2009.
- (5) LEITE, J.A.C., BOEMEKE, V.H., CASTAGNO, K.R.L. UFPEL - Universidade Federal de Pelotas- RS. 21º Congresso de Iniciação Científica. 4º Mostra Científica. Realizado de 08-11 de outubro de 2012, no campus Anglo.
- (6) TORRES, V.V., AMADO, R.S., SÁ, C.F., FERNANDEZ, T.L., RIEHL, C.A.D., TORRES, A.G., D'ELIA, E. Inhibitory action of aqueous coffee ground on the corrosion of carbon steel in HCl solution. **Corrosion Science**, v. 53, n. 7, pp. 2385-2392, Jul 2011.
- (7) SORKHABI, H.A., ES'HAGHI, M. Corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid by betanin as green corrosion. **Journal of Solid State Electrochemistry**, v.13, n. 8, pp. 1297-1301 Aug 2009.
- (8) MORAD, M.S., EL-DEAN, A.M.K. 2,2'-Dithiobis(3-cyano-4,6-dimethylpyridine): A new class of acid corrosion inhibitors for mild steel. **Corrosion Science**, v. 48, n. 11, p. 3398-3412, Nov 2006.
- (9) LARABI, L., HAREK, M., TRASINEL, A., MANSRI. Synergistic influence of poly (4-vinylpyridine) and potassium iodide on inhibition of corrosion of mild steel in HCl 1 mol/L. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 34, n. 8, p. 833-839, Aug 2004.
- (10) HILAL, Y., ENGELHARDT, U. Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 2, n. 4, pp. 414- 421, Sep 2007.
- (11) QURAIISHI, M.A., AHMAD, S., ANSARI, M.Q. Inhibition of steel corrosion by some new triazole derivatives in boiling hydrochloric acid. **British Corrosion Journal**, v. 32, n. 4, p. 297-300, Aug 1997.