

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

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

## **Extrato aquoso de chá-verde como inibidor da corrosão do aço-carbono 1020** **Eliane D'Elia<sup>1</sup>, Felipe Santiago Soares<sup>2</sup>, Camila Faia de Sá<sup>3</sup>, Roberto Salgado Amado<sup>4</sup>**

### **Abstract**

The search for a corrosion inhibitor is always a challenge for researchers and a current necessity, taking in account the trend to minimize the environmental impact. The objective of this work was to investigate the inhibitory effect of green tea extracts in corrosion of 1020 carbon steel in 1 mol L<sup>-1</sup> hydrochloric acid medium, from different extractions. The methods used for extraction were: infusion, ultrasonic and soxhlet extractor with different solvents. The inhibitory action of these extracts was verified by electrochemical impedance spectroscopy and anodic and cathodic polarization curves. The results obtained by different methods showed that the green tea extracts have a good inhibitory effect on corrosion of carbon steel. The soxhlet extraction showed the best inhibition efficiency, more than 90% in the presence of 500 ppm. In general the polarization curves showed both inhibition of the anodic dissolution reaction and the cathodic process. These results were explained by the adsorption mechanism where Langmuir isotherm was obeyed showing a linear correlation of 0.9998 which confirms the inhibitory action promoted by adsorption of molecules present in the extracts.

### **Resumo**

A busca de um inibidor de corrosão é sempre um desafio para os pesquisadores e uma necessidade atual, levando-se em conta a tendência para minimizar ao máximo o impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito inibidor dos extratos de chá-verde na corrosão do aço-carbono 1020 em meio corrosivo de ácido clorídrico 1 mol L<sup>-1</sup> a partir de diferentes extrações. Os métodos utilizados para extração foram: infusão, ultrassom e extração em extrator soxhlet com diferentes solventes. A ação inibidora desses extratos foi verificada por espectroscopia de impedância eletroquímica e curvas de polarização anódica e catódica. Os resultados obtidos pelos diferentes métodos mostraram que os extratos de chá-verde apresentam um bom efeito inibidor na corrosão do aço-carbono. A extração por soxhlet apresentou a melhor eficiência de inibição, superior a 90% em presença de 500 ppm do extrato. Em geral, as curvas de polarização apresentaram inibição tanto da reação anódica de dissolução do metal quanto do processo catódico. Estes resultados foram explicados por um mecanismo de adsorção onde a isoterma de Langmuir foi obedecida, mostrando uma correlação linear de 0,9998, o que confirma a ação inibidora promovida pela adsorção das moléculas presentes nos extratos.

**Palavras-chave:** aço-carbono 1020, extrato de chá-verde, inibidor de corrosão.

<sup>1</sup> Doutor, Professor – IQ/UFRJ

<sup>2</sup> Aluno de graduação em química – UFRJ

<sup>3</sup> Química Industrial, Mestranda – UFRJ

<sup>4</sup> Químico, Doutorando – UFRJ

## Introdução

---

Os problemas de corrosão são freqüentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como por exemplo, nas indústrias química, petroquímica, naval, de construção civil, nos meios de transporte e em obras de arte como monumentos e esculturas [1].

Vários inibidores de corrosão vêm sendo estudados para conter o problema de oxidação de ligas metálicas empregadas nas indústrias [2]. Essas ligas são freqüentemente utilizadas em partes, peças e componentes, e sua proteção envolve métodos dispendiosos e muitas vezes nocivo à saúde dos trabalhadores e meio ambiente. A busca, portanto, de um inibidor de corrosão para diminuir esses efeitos nocivos é um desafio para os pesquisadores e uma necessidade atual. Devido a isso, a procura por produtos naturais tem sido alvo de grande interesse para a ciência por apresentarem diversas substâncias químicas que possibilitam uma nova geração de inibidores, ou seja, inibidores naturais de corrosão.

Dentre inúmeras espécies de produtos naturais, o extrato do chá-verde constituído da erva *Camellia Sinensis* não fermentada foi escolhido para o presente trabalho como um inibidor natural de corrosão já que este apresenta espécies fenólicas em sua composição tais como os flavonóides e as catequinas que podem levar à redução da dissolução dos metais [3].

Com base nesses conhecimentos, este trabalho propõe diferentes métodos de extração do chá-verde por meio de: infusão, infusão ácida, sonificação ácida e extração em extrator tipo soxhlet com diferentes solventes, em concentrações de 100 a 800 ppm, a fim de investigar o seu efeito inibidor na dissolução do aço-carbono 1020 (composição: 0,18% C, 0,30% Mn, 0,04% P, 0,05% S m/m) em meio corrosivo de ácido clorídrico 1 mol L<sup>-1</sup> utilizando técnicas eletroquímicas.

## Resultados e Discussão

---

Foram realizados quatro tipos diferentes de extrações: aquosa, ácida, ácida com ultrassom e refluxo. As metodologias usadas estão descritas a seguir:

A **extração aquosa** foi realizada por infusão do chá-verde utilizando 5 g deste produto da marca mate-leão que foram pesados em uma balança analítica e adicionados ao bécher com água fervente por 30 minutos. Por fim, filtrou-se o produto e a amostra foi liofilizada.

Na **extração ácida**, preparou-se uma solução aquosa de ácido clorídrico P.A. (Merck)  $1 \text{ mol L}^{-1}$  que foi transferida para um béquer para ser aquecido até fervura. Foram pesados 5 g do chá-verde da marca mate-leão sendo este produto adicionado ao bécher para realizar a infusão do produto por 30 min. Por fim, foi realizada a filtração e a amostra foi liofilizada.

Na **extração ácida com ultrassom**, foram pesados 5 g do chá verde da marca mate-leão e colocados em uma solução de ácido clorídrico P.A. (Merck)  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . A mistura foi levada ao ultrassom por 1 hora. A amostra final foi filtrada e liofilizada.

A **extração sob refluxo** consistiu em submeter o chá-verde da marca mate-leão a mais de uma extração, por soxhlet, utilizando três tipos de solventes com diferentes graus de polaridade: hexano, acetato de etila e etanol. Todos os reagentes foram de marca Vetec. A última etapa realizada foi uma infusão com água destilada do extrato obtido. A solução final foi filtrada e levada para liofilização.

O metal utilizado neste trabalho foi o aço-carbono ASTM 1020 com área superficial de aproximadamente  $1 \text{ cm}^2$ . O aço-carbono foi lixado utilizando lixas d'água de diferentes granulometrias: 400, 1000, 1200 mesh. Após este processo, foram lavados com água para retirar qualquer resíduo proveniente da lixa e posteriormente com acetona no intuito de desgordurar a superfície metálica. Todas as medidas eletroquímicas foram realizadas em uma célula eletroquímica convencional de três eletrodos: o aço-carbono como eletrodo de trabalho, o eletrodo de calomelano saturado como referência e um fio de platina de grande área superficial como contra-eletrodo. Todas as análises foram feitas à temperatura ambiente e foram realizadas após uma hora de imersão do corpo de prova na solução de ácido clorídrico P.A. (Merck)  $1 \text{ mol L}^{-1}$ .

As medidas de impedância eletroquímica foram realizadas em um potenciostato modelo Autolab 128N da Ecochemie no potencial de circuito aberto com regulação potenciostática e uma amplitude de perturbação igual a 10 mV (rms), na faixa de frequência de 100 kHz a 4 mHz. As curvas de polarização foram traçadas no mesmo aparelho, com velocidade de varredura igual a  $1 \text{ mV s}^{-1}$ .

Com base nos dados obtidos experimentalmente para cada metodologia estudada, foi analisado qual procedimento seria o mais adequado na busca de uma melhor extração do possível inibidor de corrosão. Os resultados experimentais de potencial de corrosão, curvas de polarização anódica e catódica e medidas de impedância eletroquímica apresentados a seguir correspondem à concentração de 500 ppm.

Os valores de potencial de corrosão obtidos na ausência e presença dos diferentes extratos de chá-verde obtidos podem ser vistos na tabela 1. Conforme pode ser visto nesta tabela, os potenciais de corrosão obtidos na presença do inibidor estão muito próximos do ensaio em branco. Portanto, não houve mudança significativa do potencial de corrosão com a adição do extrato em meio ácido.

Tabela 1: Potencial de corrosão na ausência e presença dos extratos de chá-verde por diferentes extrações. Em que concentração

Metodologia de extração	Potencial de corrosão, V/ECS
HCl 1 mol L <sup>-1</sup>	-0,464
Extração aquosa	-0,467
Extração ácida	-0,476
Extração ácida com ultrassom	-0,459
Extração sob refluxo	-0,474

A figura 1 apresenta os diagramas de impedância eletroquímica obtidos para o aço-carbono 1020, na ausência e presença dos extratos de chá-verde. Como pode ser visto nesta figura, a presença dos extratos de chá-verde levou a um aumento significativo no valor da resistência de polarização, mostrando efeito inibidor dos extratos obtidos por todas as metodologias analisadas neste trabalho, sendo mais significativo na extração sob refluxo (soxhlet).

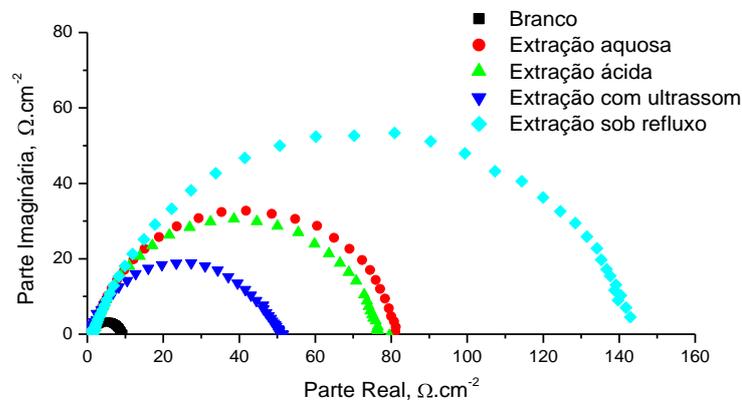


Figura 1: Diagrama de impedância eletroquímica obtida para o aço-carbono 1020, na ausência e presença dos extratos de chá-verde por diferentes extrações.

A tabela 2 mostra os valores da resistência de polarização em função da metodologia estudada para extração de chá-verde e suas respectivas eficiências de inibição. Observa-se que todos os procedimentos de extração utilizados apresentaram uma boa eficiência inibidora, chegando a 94 % para a extração feita sob refluxo.

Tabela 2: Valores da resistência de polarização em função da metodologia estudada para extração do chá-verde e suas respectivas eficiências de inibição.

<b>Metodologia de extração</b>	<b>Resistência de polarização, <math>\Omega \text{ cm}^2</math></b>	<b>Eficiência Inibidora, %</b>
HCl 1 mol.L <sup>-1</sup>	9,09	----
Extração aquosa	81,08	88,8
Extração ácida	77,65	88,3
Extração ácida com ultrassom	50,65	82,0
Extração sob refluxo	143,40	93,7

Os resultados das curvas de polarização anódica e catódica, obtidos na ausência e presença do extrato de chá-verde por diferentes metodologias podem ser vistos na figura 2. Observa-se que na presença do chá-verde ocorre a inibição da dissolução do metal e do processo catódico em toda faixa de potencial estudada, apresentando a melhor inibição catódica para a extração por refluxo. Com relação às curvas de polarização anódica, a presença dos extratos promoveu uma diminuição da densidade de corrente, mostrando um resultado semelhante em todas as metodologias usadas, porém em altos potenciais, os diferentes extratos apresentaram um aumento na densidade de corrente, ficando próximo do valor obtido na ausência do extrato de chá-verde.

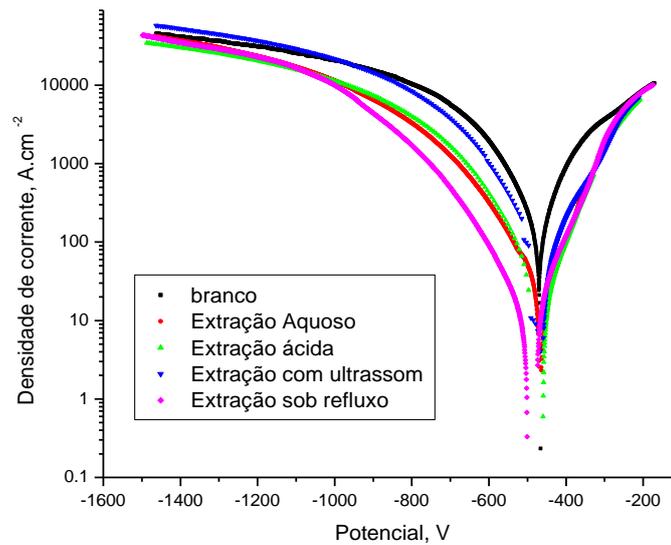


Figura 2: Curvas de polarização anódica e catódica, obtidos na ausência e presença do extrato de chá-verde por diferentes metodologias.

Baseado nisso, propõe-se um mecanismo que envolva a adsorção de moléculas presentes nestes extratos, que levaria a uma inibição tanto da dissolução metálica, quanto da reação catódica responsável pela corrosão neste meio, ou seja, a redução de íons  $H^+$  a hidrogênio molecular. Assim a inibição por adsorção explicaria todos os resultados experimentais apresentados anteriormente: pouco deslocamento do potencial de corrosão e inibição da polarização anódica e catódica.

Para descrever o fenômeno adsorptivo foi utilizada a isoterma de adsorção de Langmuir, que descreve a relação entre o grau de adsorção do inibidor ( $\theta$ ) e a sua concentração ( $C$ ) em contato com o adsorvente. A adsorção de Langmuir obedece a seguinte equação:

$$C/\theta = C + 1/K$$

Onde  $K$  é a constante de equilíbrio da reação de adsorção.

As isotermas de Langmuir para os diferentes extratos de chá-verde podem ser vistas na figura 3. Como pode ser observado nesta figura, as quatro extrações realizadas (infusão, infusão ácida, extração ácida em ultrassom e extração em soxhlet) apresentaram excelentes linearidades, com coeficiente linear de correlação ( $R$ ) próximo de 0,9998 e um coeficiente angular muito próximo de uma unidade, o que confirma a ação inibidora pela adsorção das

moléculas presentes nos extratos. Portanto, a adsorção das moléculas presentes nos diferentes extratos de chá-verde segue a isoterma de Langmuir.

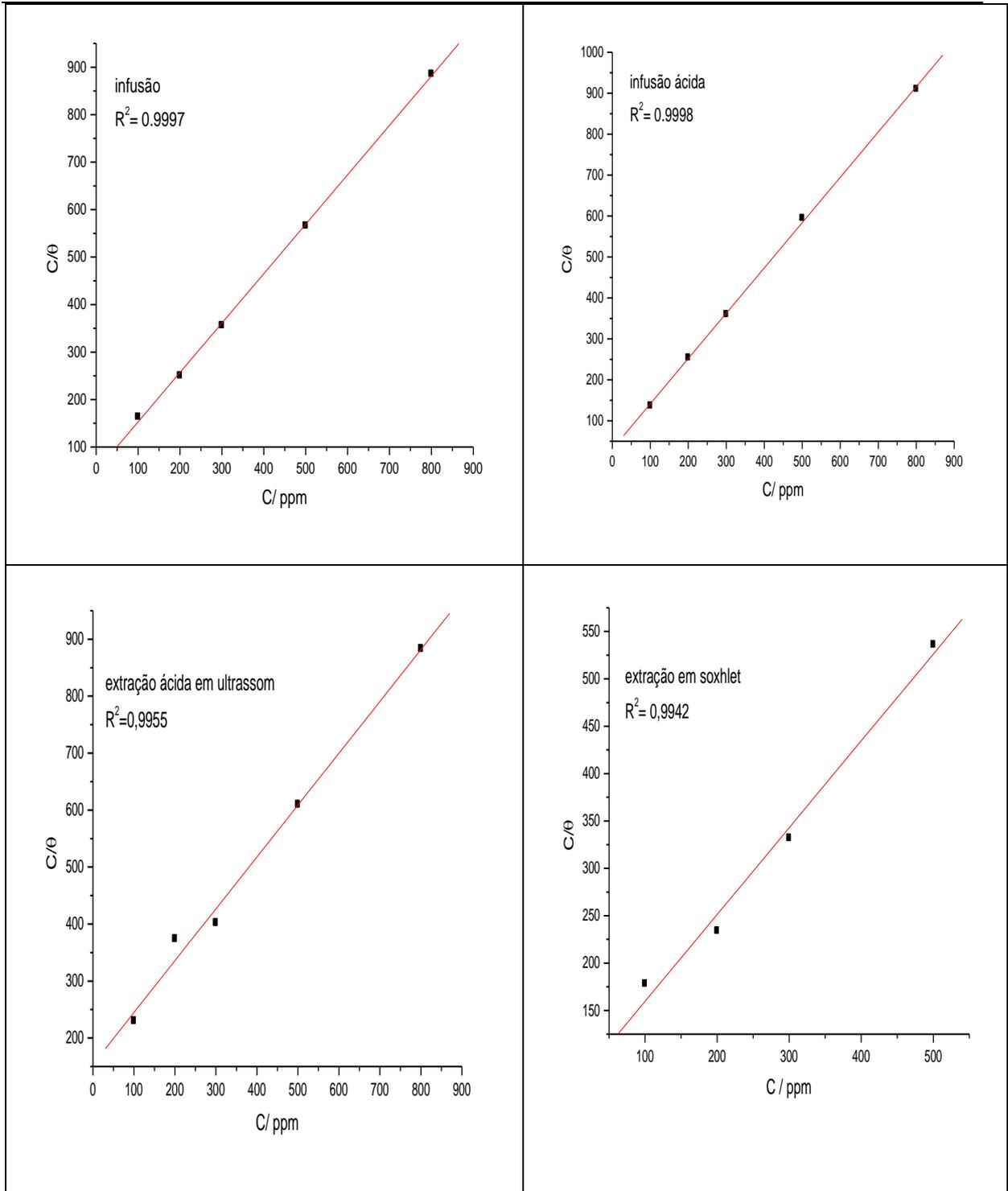


Figura 3: Isotermas de adsorção de Langmuir para os extratos de chá-verde obtidos por diferentes metodologias: infusão, infusão ácida, extração ácida em ultrassom e extração em soxhlet.

## Conclusões

---

Dentre as diversas extrações que foram realizadas do produto natural de chá-verde, destaca-se a extração em soxhlet como o melhor resultado de inibição da corrosão do aço-carbono 1020 em meio de ácido clorídrico  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . Isto pode ser comprovado pelos altos valores de resistência de polarização ( $R_p$ ) obtidos a partir dos diagramas de impedância eletroquímica quando comparados com as outras extrações realizadas. O mecanismo proposto considerou a adsorção das moléculas presentes nos extratos que, em pH ácido, levou a uma inibição tanto da dissolução metálica, quanto da reação catódica de redução dos íons  $\text{H}^+$  (aq.) a hidrogênio molecular. A inibição por adsorção das moléculas orgânicas sobre a superfície metálica explicaria os resultados experimentais apresentados tais como o pouco deslocamento do potencial de corrosão e a inibição da polarização anódica e catódica. A adsorção seguiu a isoterma de Langmuir com uma excelente correlação linear, e um coeficiente linear muito próximo de uma unidade, o que confirma a ação inibidora pela adsorção das moléculas presente no extrato.

## Referências bibliográficas

---

- [1] GENTIL, V., **Corrosão**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1996.
- [2] RAJA, P.B., SETHURAMAN, M.G., Natural Products as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media – An Review, **Materials Letters**, v. 59, n.17, p.2137 – 2141, 2008.
- [3] GRAHAM, H. N. Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry. **Preventive Medicine**, v. 21, p.334-350, 1992.