

## Artigo

**Eficiência de *Anacardium occidentale* Linn em um Sistema Microemulsionado na Inibição a Corrosão de Aço Carbono**

Anjos, G. C.; Almeida, C. C.; Melo, D. M. A.; Martinez-Huitle, C. A.; Rossi, C. G. F. T.; Maciel, M. A. M.\*

Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (4), 760-769. Data de publicação na Web: 30 de agosto de 2013

<http://www.uff.br/rvq>

**Effectiveness of *Anacardium occidentale* on a Microemulsion System in the Carbon Steel Corrosion Inhibition**

**Abstract:** Several studies applied to control corrosion process using natural compounds were undertaken in the recent decades. In that, the natural compounds effectiveness on metallic corrosion inhibition represents an alternative for sustainable technological development. In general, among the widely used methods for corrosion inhibitors surfactant compounds have been cited as effective agents with protective films action on the anodic and cathodic areas. In this present work the ethanolic extract obtained of the stem bark of *Anacardium occidentale* Linn (AO) solubilized in a microemulsion system (SME) was applied as natural corrosion inhibitor. The rich O/W microemulsion system was obtained with OCS (surfactant), butanol (cosurfactant) and kerosene as organic phase. The effectiveness of the polar extract AO solubilized in the microemulsion SME-OCS-AO was analyzed by electrochemical method of polarization resistance. In that, the content of the natural inhibitor AO ranging from 50 to 400 ppm, in saline solution (3.5 % NaCl). The observed maximum inhibition efficiencies (95.68 %) showed an adsorption phenomena of the SME-OCS-AO according to the polar extract (AO) concentration, in which the adsorption of SME-OCS-AO obeys Langmuir adsorption isotherm.

**Palavras-chave:** Corrosion inhibitor; microemulsion; *Anacardium occidentale*.

## Resumo

---

Nas últimas décadas, várias pesquisas foram desenvolvidas com produtos naturais objetivando o controle de corrosão. A eficácia de inibidores naturais representa uma alternativa promissora para o desenvolvimento biosustentável. De forma abrangente, dentre os métodos mais utilizados, se destacam o uso de inibidores de corrosão da classe dos tensoativos, por agirem formando películas protetoras sobre áreas anódicas e catódicas. No presente trabalho utilizou-se o extrato etanólico obtido das cascas do caule de *Anacardium occidentale* Linn (AO) solubilizado em um sistema microemulsionado (SME) para aplicabilidade como inibidor de corrosão. O SME rico em água (O/A) foi obtido com óleo de coco saponificado (OCS) (tensoativo), butanol (cotensoativo) e querosene (fase óleo). A eficiência de inibição a corrosão do extrato polar AO solubilizado na microemulsão SME-OCS-AO foi avaliada pelo método eletroquímico de resistência a polarização, com variação da concentração de AO (50 - 400 ppm), em meio salino (NaCl 3,5 %). A eficiência máxima de inibição observada (95,68 %) mostrou que a adsorção do filme protetor formado pelo sistema microemulsionado SME-OCS-AO depende da concentração do inibidor natural AO, tendo sido observado que a análise da isoterma de adsorção de Langmuir foi a que melhor se ajustou ao sistema microemulsionado avaliado.

**Keywords:** Inibidor de corrosão; microemulsão; *Anacardium occidentale*.

---

\* Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, CEP 59072-970, Natal-RN, Brasil.

✉ [mammaci@quimica.ufrn.br](mailto:mammaci@quimica.ufrn.br)

DOI: [10.5935/1984-6835.20130054](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20130054)

## **Eficiência de *Anacardium occidentale* Linn em um sistema microemulsionado na inibição a corrosão de aço carbono**

**Gineide C. Anjos,<sup>a</sup> Cássia C. Almeida,<sup>a</sup> Dulce M. A. Melo,<sup>a</sup> Carlos A. Martinez-Huitle,<sup>b</sup> Cátia G. F. T. Rossi,<sup>b</sup> Maria Aparecida M. Maciel<sup>b,c,\*</sup>**

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, CEP 59072-970, Natal-RN, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra, CEP 59072-970, Natal-RN, Brasil.

<sup>c</sup> Universidade Potiguar Laureate International Universities, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Campus Salgado Filho, CEP 59075-000, Natal-RN, Brasil.

\* [mammaciел@hotmail.com](mailto:mammaciел@hotmail.com)

*Recebido em 14 de dezembro de 2012. Aceito para publicação em 28 de agosto de 2013*

### **1. Introdução**

### **2. Metodologia**

#### **2.1. Obtenção do Extrato Vegetal**

#### **2.2. Obtenção do Sistema Microemulsionado SME-OCS**

#### **2.3. Medidas de Eficiência de inibição à Corrosão**

#### **2.4. Isotherma de Adsorção**

### **3. Resultados e Discussão**

### **4. Conclusões**

## **1. Introdução**

Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, tais como: nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, automobilística, nos meios de transportes aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistema de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como

monumentos e esculturas.<sup>1</sup> Os prejuízos causados pela corrosão resultam em consideráveis desperdícios de investimentos, citando apenas um exemplo, se estima que mais de 30 % do aço produzido no mundo seja usado para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão.<sup>2</sup>

Este fenômeno é um dos grandes problemas da indústria de petróleo já que pode ocasionar prejuízos operacionais e financeiros significativos, bem como gerar danos ambientais, no caso da ocorrência de rompimento de oleodutos. Dutos que

apresentam corrosão decorrente da passagem de petróleo contendo água e gás sulfídrico é um exemplo representativo.<sup>3</sup>

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de reduzir os efeitos da corrosão. Dentre os processos e métodos mais utilizados se destacam: aumento da resistência dos materiais por adição de elementos de liga (Cr e Ni, como por exemplo), utilização de revestimentos, de agentes inibidores e de antioxidantes.<sup>1</sup> Com relação aos inibidores de corrosão da classe dos tensoativos, a ação eletroquímica é justificada pelo fenômeno de adsorção eficaz em função da formação de filmes protetores mais resistentes sobre as áreas anódicas e catódicas. Recentemente, tensoativos compondo sistemas microemulsionados (SME) vêm sendo avaliados em pesquisas científicas como uma nova possibilidade de inibidores de corrosão.<sup>4,5</sup> A utilização de SME como meio inibidor de corrosão torna-se uma ferramenta eficaz já que promove maior solubilização de vários tipos de tensoativos (iônicos e não-iônicos) ou de moléculas orgânicas, possibilitando melhor adsorção na

interface líquido-sólido formando uma camada protetora mais homogênea sobre o metal.<sup>6</sup>

Em estudos preliminares, a eficiência de inibição do tensoativo óleo de coco saponificado (OCS) foi avaliada por métodos eletroquímicos, tendo sido analisado também, em um sistema microemulsionado polar (do tipo O/A, SME rico em água) denominado de SME-OCS.<sup>7</sup> O sistema SME-OCS apresentou eficácia significativa na inibição à corrosão em aço, em meio salino.<sup>7</sup>

No presente trabalho, o SME-OCS foi utilizado para solubilização do extrato etanólico de *Anacardium occidentale* Linn (AO) (Figura 1) objetivando a avaliação da eficiência de inibição à corrosão do sistema SME-OCS contendo este extrato (tendo sido denominado de SME-OCS-AO). Para tanto, foram utilizados aço carbono AISI 1020, meio salino (NaCl 3,5 %), técnica eletroquímica polarização linear e avaliação do fenômeno de adsorção pelo uso da isoterma de Langmuir.



**Figura 1.** Foto de *Anacardium occidentale* Linn (cajueiro), obtida no campus da UFRN. (Foto obtida por um dos autores: Gineide C. Anjos)

## 2. Metodologia

### 2.1. Obtenção do Extrato Vegetal

A espécie vegetal *Anacardium occidentale* Linn (Anacardiaceae) popularmente conhecida como cajueiro é uma árvore nativa das regiões norte e nordeste do Brasil.<sup>8</sup> As cascas do caule de *Anacardium occidentale* Linn (Figura 2) foram coletadas em Natal (RN)

e a identificação botânica desta espécie vegetal foi realizada pela botânica Maria Iracema Bezerra Loiola, tendo sido depositada exsicata (sob código 1782) no Herbário do Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia da UFRN. O material vegetal (1,3 Kg) após fragmentação (desfiado em pequenos pedaços) foi submetido à extração via percolação com etanol com rendimento de 4,8 % (62,3 g) de acordo com metodologia previamente descrita.<sup>9</sup>



**Figura 2:** Caule (A) e cascas do caule (B) de *Anacardium occidentale* Linn. (Fotos obtidas por um dos autores: Gineide C. Anjos)

### 2.2. Obtenção do Sistema Corrosão Microemulsionado SME-OCS

A microemulsão foi obtida a partir de titulações e frações mássicas em diagrama pseudoternário, contendo em sua composição a razão cotensoativo/tensoativo (C/T) = 1 [40 % de C/T, 20 % de OCS como tensoativo e 20 % de butanol (cotensoativo)], 5 % de querosene (fase oleosa) e 55 % de água bidestilada, estando de acordo com metodologia previamente reportada.<sup>7,10</sup>

A eficiência de inibição à corrosão do extrato polar (etanol) obtido das cascas de *A. occidentale* (AO), solubilizado no sistema microemulsionado (SME-OCS-AO), foi avaliada pelo método eletroquímico de resistência a polarização, em solução de NaCl 3,5 %, nas medições aço carbono AISI 1020, variando a concentração do extrato AO (50 - 400 ppm) de acordo com a Tabela 1. O volume do inibidor apresentado nesta tabela corresponde a cada concentração utilizada do extrato vegetal por mL de sistema microemulsionado, ou seja, para uma

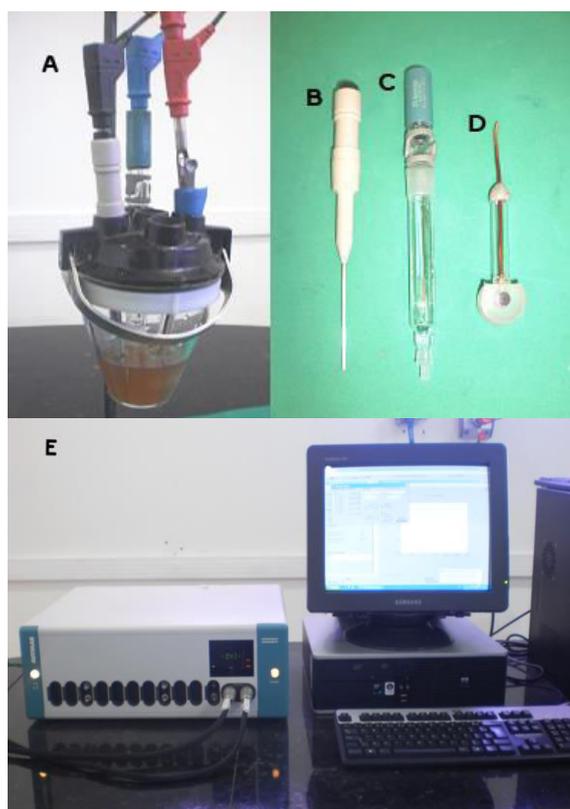
### 2.3. Medidas de Eficiência de Inibição à

concentração de 50 ppm do extrato AO, obteve-se um volume de 0,125 mL de SME-OCS-AO e para a concentração máxima avaliada (400 ppm) obteve-se um volume de 1,000 mL de microemulsão. Os experimentos foram realizados em triplicata utilizando-se amostras do extrato vegetal provenientes do extrato original. A corrente aplicada ao eletrodo foi controlada pelo equipamento Potenciostato/Galvanostato, possibilitando a medição da diferença de potencial elétrico

entre o eletrodo de trabalho e o de referência. Os ensaios foram realizados em célula clássica contendo três eletrodos [eletrodo de referência prata/cloreto de prata (Ag/AgCl), contra-eletrodo de platina (Pt) e eletrodo de trabalho (aço carbono AISI-1020, polido até o espelhamento) (Figura 3). Para medidas de inibição à corrosão se utilizou um potenciostato de modelo PGSTAT 302N AUTOLAB (Figura 3).

**Tabela 1.** Concentrações do inibidor vegetal AO veiculado na microemulsão SME-OCS

$V_{\text{NaCl}}$ PRESENTE COMO MEIO CORROSIVO (mL)	$V_{\text{INIBIDOR VEGETAL VEICULADO}}$ mL de SME-OCS	$C_{\text{INIBIDOR VEGETAL NÃO VEICULADO}}$ (ppm)
25	0,125	50
25	0,250	100
25	0,500	200
25	0,750	300
25	1,000	400



**Figura 3.** Instrumentos utilizados na análise da eficácia de inibição à corrosão do sistema SME-OCS-AO, A) Célula eletroquímica, B) Contra-eletrodo de platina, C) Eletrodo de referência de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata), D) eletrodo de trabalho de aço-carbono AISI 1020 em sequência e E) Potenciostato/Galvanostato PGSTAT 302N AUTOLAB. (Foto obtida por um dos autores: Gineide C. Anjos)

## 2.4. Isoterma de Adsorção

A isoterma de Langmuir é o modelo mais simples utilizado para representar a adsorção em monocamada. Esta isoterma baseia-se em três hipóteses:<sup>11</sup>

a) A adsorção não pode ir além do recobrimento com uma monocamada;

b) Todos os sítios de adsorção são equivalentes uns aos outros e a superfície é perfeitamente plana em escala microscópica (uniforme);

c) A capacidade de adsorção de uma molécula em um certo sítio independe da ocupação dos sítios vizinhos, ou seja, não existe interação intermolecular.

A equação de Langmuir representada nas Equações (1) e (2) indica a eficiência de inibição ( $\theta$ ) em função da constante de equilíbrio de adsorção ( $K$ ) e concentração do inibidor ( $C$ ).<sup>12,13</sup> A capacidade de recobrimento de uma superfície está vinculada ao efeito de adsorção do inibidor. Este efeito pode ser calculado de acordo com a Equação (3), em que:<sup>12</sup>  $I_{s,i}$  corresponde à corrente de corrosão sem inibidor e  $I_{c,i}$  representa a corrente de corrosão na presença do inibidor.

$$\frac{\theta}{1-\theta} = KC \quad (1)$$

$$\theta = \frac{KC}{1+KC} \quad (2)$$

$$\theta = \frac{I_{s,i} - I_{c,i}}{I_{s,i}} \quad (3)$$

A espontaneidade de um processo de adsorção pode ser estimada a partir do valor negativo da energia livre de Gibbs padrão ( $\Delta G^\circ$ ); analogamente, valores positivos indicam adsorções não espontâneas.<sup>11</sup> Em estudos de adsorção, a constante de

Langmuir tem sido frequentemente utilizada como a constante de equilíbrio para cálculos da variação da energia  $\Delta G^\circ$  (Equação 4), em que  $K$  é a constante de Langmuir,  $R$  é a constante universal dos gases perfeitos ( $8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) e  $T$  é a temperatura absoluta em graus Kelvin.<sup>14</sup>

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (4)$$

## 3. Resultados e Discussão

O tensoativo óleo de coco saponificado (OCS) foi utilizado para a obtenção do sistema microemulsionado SME-OCS em função do reaproveitamento de biomassa (rejeito orgânico) que em publicação anterior mostrou ampla região de microemulsão autoemulsificante.<sup>7</sup>

O estudo da eficiência de inibição à corrosão do sistema microemulsionado SME-OCS-AO (agente inibidor) foi realizado a temperatura ambiente, em solução salina (NaCl 3,5 %) com variação da concentração do inibidor, tendo sido observado que as eficiências máximas de inibição dependem da concentração do inibidor. Na Tabela 2 se encontram as correlações entre a variação das concentrações do sistema SME-OCS-AO e suas eficiências de inibição. A redução da corrente elétrica ocorre em função do aumento da concentração do inibidor. De acordo com ELACHOURI *et al.* (1996), para que um inibidor seja classificado como eficiente, a corrente elétrica que percorre um determinado sistema deve ser significativamente reduzida.<sup>15</sup> Desta forma, a eficiência de inibição à corrosão pode ser avaliada para o inibidor SME-OCS-AO.

Em adição, observou-se que a análise da isoterma de adsorção de Langmuir foi a que se ajustou ao sistema, como mostrado na Figura 4. Em uma determinada concentração do inibidor testado, ocorre formação de monocamadas que ocupam todos os sítios da superfície do metal. A correlação linear (0,99)

foi obtida pelos valores das concentrações avaliadas, tendo sido comprovado que o processo de adsorção se ajustou ao modelo de Langmuir, indicando que o fenômeno de adsorção do inibidor na superfície do metal, ocorre com formação de monocamadas. De acordo com o valor da energia livre ( $\Delta G_{ads} - 6,00$  KJ) (Tabela 3) ficou confirmado que o processo de adsorção do sistema microemulsionado SME-OCS-AO sobre a superfície do aço-carbono apresenta um caráter tipicamente físico, já que na adsorção via formação de monocamadas as moléculas são fracamente ligadas a superfície. Com relação aos componentes químicos presentes no extrato etanólico da espécie vegetal *Anacardium occidentale* Linn recentemente foi reportada a identificação de palmitato, oleato e linoleato de sitosterila, sitosterol, estigmasterol, 3-O- $\beta$ -D-galactopiranosídeo do sitosterol, 3-O- $\beta$ -D-galactopiranosídeo do estigmasterol, 3-O- $\beta$ -D-glicopiranosídeo do sisterol e uma mistura de ácidos anacárdicos (monoeno e dieno)<sup>8</sup>, bem como taninos solúveis em água.<sup>16-20</sup>

Em linhas gerais, os inibidores de corrosão podem ser classificados em catódico, anódico e não-iônico. Inibidores catódicos e anódicos agem no fluxo de elétrons formando um filme protetor provenientes de interações dipolares. Como exemplo, derivados da tioureia e aminopirimidina, bem como alguns

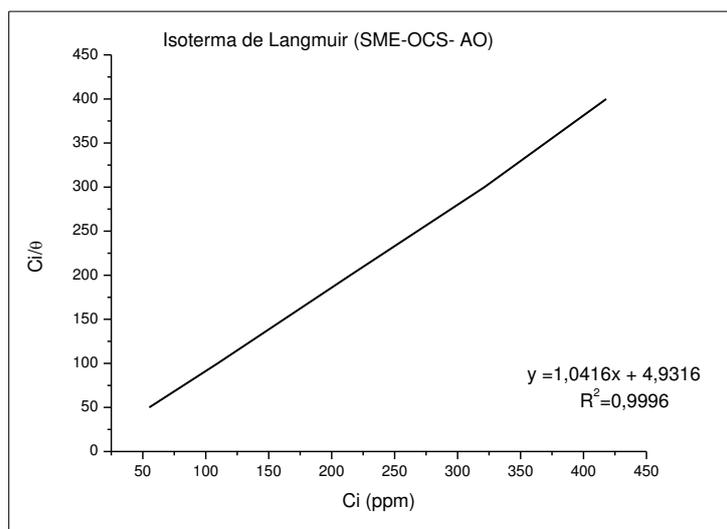
derivados de tiossemicarbazonas e tiossemicarbazidas são inibidores não-iônicos com comprovada eficiência de inibição à corrosão atribuída à presença de heteroátomos (enxofre, nitrogênio e oxigênio), e elétrons-pi ( $\pi$ ) em conjugação na estrutura química molecular.<sup>21-25</sup> Neste contexto, a presença de taninos e outros constituintes polares ricos em heteroátomos, justificam os resultados obtidos neste trabalho.

O extrato AO veiculado no sistema microemulsionado SME-OCS mostrou eficiência máxima de inibição significativa (95,68 %) em baixa concentração (400 ppm) do extrato vegetal veiculado. A eficácia do agente inibidor SME-OCS-AO pode ser comparada aos estudos previamente reportados<sup>7</sup> para o tensoativo OCS solubilizado em água (63,00 % de inibição máxima), bem como incorporado na microemulsão SME-OCS (77,00 % de inibição máxima), com resultados de inibições inferiores aos observados para o extrato AO.

Em função da composição química reportada para *A. occidentale*, bem como da sua comprovada propriedade antimicrobiana,<sup>20</sup> esta espécie vegetal também pode vir a ser avaliada em processos biocorrosivos.

**Tabela 2.** Eficiência da inibição de SME-OCS-AO à corrosão de aço carbono AISI 1020

Concentração do inibidor (ppm)	i corrosão (A/cm <sup>2</sup> )	Eficiência do inibidor (%)
NaCl 3,5 %	2,40E-5	0
5,00E+01	2,25E-6	90,63
1,00E+02	2,07E-6	91,37
2,00E+02	1,64E-6	93,13
3,00E+02	1,59E-6	93,36
4,00E+02	1,03E-6	95,68



**Figura 4.** Modelo de isoterma linear de Langmuir para SME-OCS-AO (25 °C)

**Tabela 3.** Parâmetros da isoterma de Langmuir para o processo de adsorção de SME-OCS-AO

Parâmetros	Langmuir
$K_{ads}$	0,2027
$r^2$	0,9996
$\Delta G_{ads}$	-6,00 KJ

#### 4. Conclusões

O fato de muitos inibidores de corrosão, embora eficientes, serem bastante tóxicos, levou os órgãos ambientais a solicitar algumas proibições de uso. Portanto, existe um crescente interesse em pesquisas científicas que contemplem inibidores biosustentáveis. Estudos relatando a utilização de extratos vegetais como bioinibidores de corrosão encontra-se bem documentados.<sup>26-30</sup> Neste trabalho, o extrato etanólico das cascas do caule de *Anacardium occidentale* Linn (AO), veiculado em um sistema microemulsionado tendo como tensoativo o óleo de coco saponificado (OCS) mostrou significativa eficiência máxima de inibição (95,68 %) em baixa concentração (400 ppm). A eficácia do inibidor vegetal AO foi comparada aos resultados obtidos para o tensoativo OCS (63,00 % de inibição) e para a microemulsão SME-OCS (77,00 % de inibição

máxima), tendo sido comprovado que o tensoativo OCS livre ou veiculado, apresenta inibições inferiores. O extrato AO veiculado na microemulsão contendo o tensoativo OCS (SME-OCS-AO) apresentou, em baixas concentrações (50 - 400 ppm do extrato AO), inibições significativas, com máximas variando entre 90,63 % e 95,68 %. Os resultados obtidos possibilitam concluir que a espécie vegetal *A. occidentale* Linn se enquadre em um contexto biotecnológico alternativo para aplicabilidade como inibidor de corrosão.

#### Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pelo apoio financeiro concedido, aos Laboratórios de Tecnologia em Tensoativos (LTT, UFRN) e de Eletroquímica e Meio Ambiente (UFRN), bem como ao Laboratório de Tecnologia

Ambiental (LABTAM, UFRN) e ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UnP Laureate International Universities, pelas parcerias que possibilitaram a realização do presente trabalho.

### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Gentil, V.; *Corrosão*, 3a. ed., Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1996.
- <sup>2</sup> Nunes, L. P.; Lobo, A. C. O. *Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.
- <sup>3</sup> El-Etre, A. Y.; Abdallah, M. *Corros. Sci.* **2000**, *42*, 738. [[CrossRef](#)]
- <sup>4</sup> Rossi, C. G. F. T.; Dantas, T. N. C.; Dantas Neto, A. A.; Maciel, M. A. M. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ciênc. Exatas Terra* **2007**, *26*, 66. [[Link](#)]
- <sup>5</sup> Dantas, T. N. C.; Ferreira Moura, E.; Scatena Jr., H.; Dantas Neto, A. A. *Colloids Surf. A* **2002**, *207*, 727. [[CrossRef](#)]
- <sup>6</sup> Dantas, T. N. C.; Ferreira Moura, E.; Scatena Jr., H.; Dantas Neto, A. A. *Corrosion* **2002**, *58*, 723. [[CrossRef](#)]
- <sup>7</sup> Rossi, C. G. F. T.; Scatena Júnior, H.; Maciel, M. A. M.; Dantas, T. N. C. *Quim. Nova* **2007**, *30*, 1132. [[CrossRef](#)]
- <sup>8</sup> Chaves, M. H.; Citó, A. M. G. L.; Lopes, J. A. D.; Costa, D. A. C.; Oliveira, C. A. A.; Costa, A. F.; Júnior, F. E. M. B. *Rev. Bras. Farmacogn.* **2010**, *20*, 112. [[CrossRef](#)]
- <sup>9</sup> Gomes, F. E. S.; Anjos, G. C.; Dantas, T. N. C.; Maciel, M. A. M.; Esteves, A.; Echevarria, A. *Rev. Fitos* **2006**, *3*, 82. [[Link](#)]
- <sup>10</sup> Moura, E. C. M.; Souza, A. D. N.; Rossi, C. G. F. T.; Silva, D. R.; Echevarria, A.; Bellieny, M. S. S.; Maciel, M. A. M. *Quim. Nova* **2013**, *36*, 59. [[CrossRef](#)]
- <sup>11</sup> Atkins, P.; Paula, J.; *Atkins físico-química*, 8a. ed., LTC: Rio de Janeiro, 2008.
- <sup>12</sup> Barbosa, A. F. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2004.
- <sup>13</sup> Granero, M. F. L.; Matai, P. H. L. S.; Aoki, I. V.; Guedes, I. C. J. *Appl. Electrochem.* **2009**, *39*, 1199. [[CrossRef](#)]
- <sup>14</sup> Okafor, P. C.; Liu, X.; Zheng, Y. G. *Corros. Sci.* **2009**, *51*, 768. [[CrossRef](#)]
- <sup>15</sup> Elachouri, M.; Hajji, M. S.; Salem, M.; Kertit, S.; Aride, J.; Coudert, R.; Essassi, E.; *Corrosion* **1996**, *52*, 103. [[CrossRef](#)]
- <sup>16</sup> Lopes, V. S. In *Medicinal plants: phytochemistry, pharmacology and therapeutics*; Lopes, V. S.; Assis, Z. M. S.; Galdino, V. S.; Araújo, I. S.; Camacho, C. L.; Chacon, D. P.; Dantas, T. N. C.; Maciel, M. A. M., eds. V. K. Gupta; G. D. Singh, Surjeet Singh and A. Kaul, 2010, cap. 25. [[Link](#)]
- <sup>17</sup> Barcelos, G. R. M.; Shimabukuro, F.; Mori, M. P.; Maciel, M. A. M.; Cólus, I. M. S. J. *Ethnopharmacol.* **2007**, *114*, 268. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- <sup>18</sup> Mota, M. L.; Thomas, G.; Barbosa Filho, J. M. J. *Ethnopharmacol.* **1985**, *13*, 289. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- <sup>19</sup> Vanderlinde, F. A.; Landim, H. F.; Costa, E. A.; Galdino, P. M.; Maciel, M. A. M.; Anjos, G. C.; Malvar, D. C.; Côrtes, W. S.; Rocha, F. F. L. *Braz. J. Pharm. Sci.* **2009**, *45*, 437. [[CrossRef](#)]
- <sup>20</sup> Akinpelu, D. A. *Fitoterapia* **2001**, *72*, 287. [[CrossRef](#)]
- <sup>21</sup> Tripathi, R.; Chaturvedi, A.; Upadhyay, R. K. *Res. J. Chem. Sci.* **2012**, *2*, 18. [[Link](#)]
- <sup>22</sup> Mahmoud, S. S.; Ahmed, M. M. *Port. Electrochim. Acta* **2006**, *24*, 37. [[CrossRef](#)]
- <sup>23</sup> Barakat, Y. F.; Hassan, A. M.; Baraka, A. M. *Mater. Sci. Eng. Technology* **2000**, *31*, 175. [[CrossRef](#)]
- <sup>24</sup> Khamis, E.; Ameer, M. A.; AL-Andios, N. M.; AL-Senani, G. *Corrosion* **2000**, *56*, 127. [[CrossRef](#)]
- <sup>25</sup> Quraishi, M. A.; Jamal, D. *Anti-Corrosion Methods and Materials* **2000**, *47*, 233. [[CrossRef](#)]
- <sup>26</sup> Abiola, O. K.; Otaigbe, J. O. E. *Corros. Sci.* **2009**, *51*, 2790. [[CrossRef](#)]
- <sup>27</sup> Guo, S.; Li, W.; Zhang, L.; Peng, J.; Xia, H.; Zhang, S. *Process Saf. Environ. Prot.* **2009**, *87*, 351. [[CrossRef](#)]
- <sup>28</sup> El-Etre, A. Y.; Abdallah, M.; El-Tantawy, Z. E. *Corros. Sci.* **2005**, *47*, 385. [[CrossRef](#)]
- <sup>29</sup> Torres, V. V.; Amado, R. S.; Sa, C. F.; Riehl, C. A.; Fernandez, T. L.; Torres, A. G.; Elia, E. D. *Corros. Sci.* **2011**, *53*, 2385. [[CrossRef](#)]
- <sup>30</sup> Chauhan, L. R.; Gunasekaran, G. *Corros. Sci.* **2007**, *49*, 1143. [[CrossRef](#)]