

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

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

## USO DE INIBIDORES DE CORROSÃO NA PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DE BRONZE

Alice Peccini de Melo<sup>a</sup>, Lilian Ferreira de Senna<sup>b</sup>, Aderval Severino Luna<sup>c</sup>, Eliane D'Elia<sup>d</sup>, Dalva Cristina Baptista do Lago<sup>e</sup>

### Abstract

Monuments of bronze, when exposed to the atmosphere, can undergo corrosion. Studies concerning the retarding or decreasing this deterioration is a subject that has attracted the interest of the scientific community. This way, the present work aims to evaluate the behavior of benzotriazole (BTAH) as a corrosion inhibitor for bronze in artificial rain water. Polarization and gravimetric tests were carried out employing experimental designs, varying the concentration of BTAH, the content of ethanol, EtOH, and the immersion time. The experiments showed that BTAH has a protective effect, since high values of inhibition efficiency were observed. The inhibition efficiency ranged from 57.6 % to 97.30 %. The highest value for this variable was observed under the following conditions: [BTAH] = 79 mmol/L, ethanol content = 75 % v/v and 175 min of immersion.

**Keywords:** corrosion, inhibition effectiveness, bronze, benzotriazole

### Resumo

Monumentos de bronze, quando expostos à atmosfera, estão sujeitos à corrosão. Estudos sobre tratamentos que retardem ou diminuam esta deterioração têm despertado o interesse da comunidade científica. Deste modo, o presente trabalho visa avaliar o comportamento do benzotriazol (BTAH) como inibidor de corrosão de bronze em água de chuva artificial. Foram realizados ensaios polarização e gravimétricos, através de planejamentos experimentais, variando-se a concentração de BTAH, o teor de etanol, EtOH, e o tempo de imersão. Os ensaios realizados mostraram que o BTAH tem efeito protetor efetivo, uma vez que foram observados elevados valores de eficiência de inibição. As eficiências de inibição variaram de 57,6 % a 97,30 %. O maior valor foi observado nas seguintes condições: [BTAH] = 79 mmol/L, teor de EtOH = 75 % v/v e 165 min de imersão).

**Palavras-chave:** corrosão, eficiência de inibição, bronze, benzotriazol.

<sup>a</sup> Aluna de graduação, Engenharia Química - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

<sup>b</sup> DSc., Professor Adjunto - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

<sup>c</sup> DSc., Professor Adjunto - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

<sup>d</sup> DSc., Professor Adjunto - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

<sup>e</sup> DSc., Professor Adjunto - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

## Introdução

O bronze é uma liga metálica que é composta basicamente de cobre e estanho (aproximadamente 95% m/m de cobre e 5% m/m de estanho), tendo em menor quantidade outros elementos como níquel, fósforo, chumbo, alumínio, zinco, entre outros. O estanho aumenta a resistência e dureza do bronze se comparado ao cobre puro, e os outros elementos o enriquecem, dando ao bronze características superiores ao cobre.

A cor do bronze varia de um marrom-avermelhado a um tom tendendo mais ao dourado dependendo de sua composição e polimento. Devido a sua resistência e beleza é muito utilizado em estátuas e esculturas, que muitas vezes se encontram em local aberto, expostas a atmosfera, chuva e outros. A maioria destes monumentos tem um caráter não só decorativo, mas também cultural para a sociedade (1). E devido a essa importância é necessário preservá-los. A comunidade científica vem, de fato, investindo cada vez mais em pesquisas de como conservar tais monumentos e retardar sua deterioração. O uso de inibidores de corrosão é uma solução muito utilizada.

O benzotriazol, por exemplo, é um inibidor de corrosão amplamente utilizado na indústria química e sua eficácia é conhecida (2). Apesar disso, o mecanismo pelo qual o mesmo atua ainda gera grande discussão entre a comunidade científica, havendo hipóteses divergentes. Uma vertente muito estudada e apoiada é que o benzotriazol quando em contato com o cobre e suas ligas, como no caso do bronze, forma um complexo de coordenação polimérico com o átomo de cobre, gerando um filme na superfície da liga (3). Este filme protetor criado seria a causa do efeito protetor do benzotriazol.

O presente trabalho avaliou o comportamento do benzotriazol empregado no pré-tratamento do bronze para posterior imersão em água de chuva artificial, utilizando-se planejamentos experimentais a fim de verificar a influência estatística dos parâmetros estudados (concentração de BTAH, teor de etanol e tempo de imersão) na eficiência de inibição.

## Metodologia

Corpos de prova de bronze, de composição: 95,35% m/m Cu, 4,42 % m/m Sn, 0,053 % m/m Pb, 0,080 % m/m Zn, 0,058 % m/m Fe e 0,006 % m/m P, foram lixados com lixas d'água de granulometria de 100 a 600 mesh, sendo em seguida lavados com água destilada e secos. Este procedimento foi repetido antes da realização de cada ensaio de polarização e gravimétrico. Os experimentos foram conduzidos, de acordo com o planejamento composto central apresentado nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Matriz do planejamento composto central**

Variáveis codificadas	[BTAH] (mmol/L)	Teor de EtOH (%v/v)	Tempo de Imersão (min)
-1,68	23	50	39
-1	35	60	90
0	50	75	165

1	67	90	240
+1,68	77	100	291

**Tabela 2 – Matriz de experimentos**

Experimento	Teor de EtOH	[BTAH]	Tempo de Imersão
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1,68	0	0
10	+1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	+1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	+1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

### Ensaio de polarização

Antes da realização dos ensaios de polarização, corpos de prova de bronze, previamente lixados, foram submetidos a uma etapa de pré-tratamento em soluções alcoólicas de BTAH, durante o tempo de imersão especificado para cada experimento (Tabelas 1 e 2). Após o pré-tratamento, os corpos de prova foram novamente lavados com água destilada, secos e submetidos aos ensaios de polarização após a estabilização do potencial de circuito aberto (1 h). Os ensaios de polarização foram conduzidos em um potenciostato/galvanostato modelo *Autolab* PGSTAT 302 N. A polarização foi realizada com velocidade de varredura de 5 mV/s, variando-se o potencial de -1 V a 2 V (ECS). Empregou-se uma célula de três eletrodos tendo o bronze como eletrodo de trabalho, platina como contra-eletrodo e eletrodo de calomelano saturado como eletrodo de referência. Os eletrodos foram imersos em água de chuva artificial de composição química adaptada de Melo (4). Das curvas de polarização foram retirados os valores de densidade de corrente de corrosão ( $I_{corr.}$ ) pela extrapolação das retas de Tafel, que permitiram o cálculo da eficiência de inibição ( $E.I.$ ), segundo a equação (1).

$$E.I. (\%) = \frac{I_{corr. \text{ sem BTAH}} - I_{corr. \text{ com BTAH}}}{I_{corr. \text{ sem BTAH}}} \times 100 \quad (1)$$

Para a análise estatística dos resultados obtidos empregou-se o *software Statistica for Windows*, versão 7.0.

### Ensaio gravimétrico

Antes da realização dos ensaios gravimétricos, os corpos de prova de bronze foram submetidos à mesma etapa de pré-tratamento mencionada nos ensaios de polarização. Ao final do pré-tratamento os corpos de prova foram pesados e em seguida imersos em solução de água de chuva artificial, com composição química adaptada de Melo (4), durante sete

dias. Após este período os corpos de prova foram novamente lavados, secos e pesados. Todas as massas foram determinadas em balança analítica com precisão de 0,1 mg. A taxa de corrosão foi calculada empregando-se a equação (2).

$$T.C. = \frac{(m_i - m_f) \times 87600}{A \times \rho \times t} \quad (2)$$

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 (cm<sup>2</sup>);

$\rho$  = densidade do bronze (g/cm<sup>3</sup>);

t = tempo de imersão (h).

A eficiência de inibição (E.I.) foi determinada segundo a equação (3).

$$E.I.(\%) = \frac{T.C. \text{ sem BTAH} - T.C. \text{ com BTAH}}{T.C. \text{ sem BTAH}} \times 100 \quad (3)$$

## Resultados e discussão

### A) Ensaio de Polarização

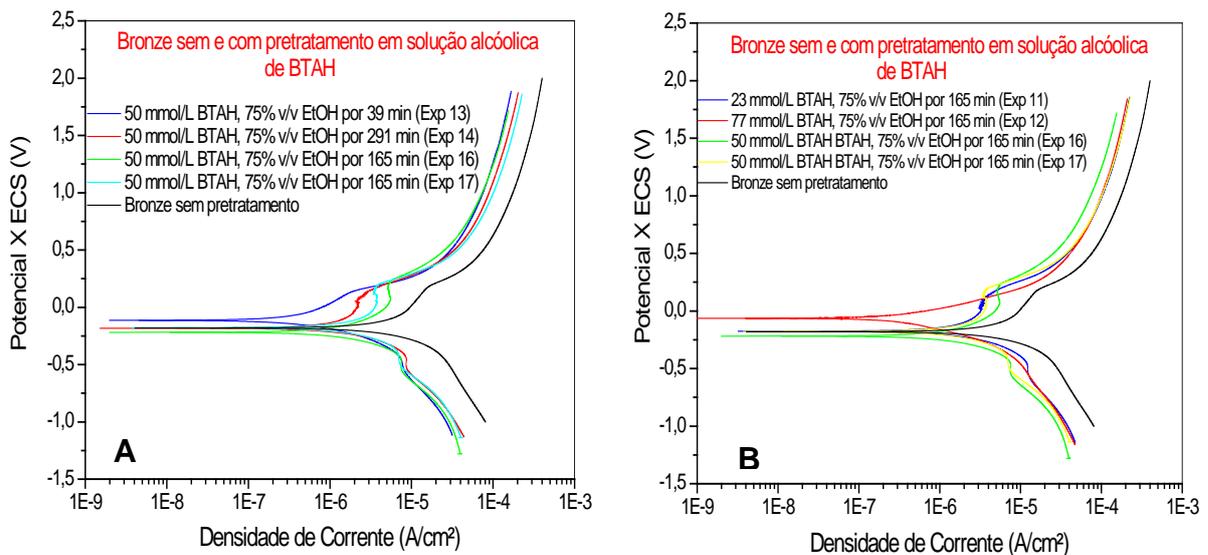
A Tabela 3 apresenta os resultados de potencial de corrosão ( $E_{\text{corr}}$ ), densidade de corrente de corrosão ( $I_{\text{corr}}$ ) e eficiência de inibição (E.I.) dos ensaios de polarização do bronze, pretratado com BTAH/EtOH, em água de chuva artificial.

**Tabela 3 - Resultados dos ensaios de polarização do bronze, pretratado com BTAH/EtOH, em água de chuva artificial**

Experimento	I corr (A/cm <sup>2</sup> )	E corr (V) x ECS	E.I. (%)
Branco	2,21E-06	-0,181	-----
1	4,03E-07	-0,233	81,7
2	5,63E-07	-0,188	74,5
3	4,15E-07	-0,170	81,2
4	1,60E-07	-0,164	92,8
5	3,17E-07	-0,202	85,6
6	6,77E-07	-0,165	69,4
7	2,71E-07	-0,182	87,8
8	2,84E-07	-0,202	87,2
9	4,71E-07	-0,183	78,7
10	8,63E-08	-0,180	96,1
11	6,59E-07	-0,176	70,2
12	5,91E-08	-0,064	97,3
13	9,37E-07	-0,165	57,6
14	3,44E-07	-0,182	84,4
15	2,65E-07	-0,163	88,0
16	6,31E-07	-0,218	71,5

17	4,55E-07	-0,179	79,4
----	----------	--------	------

Observa-se na Tabela 3 que não houve uma variação significativa no potencial de corrosão e os valores de densidade de corrente de corrosão das amostras de bronze com pretratamento (Experimentos de 1 a 17) foram menores do que os da amostra sem pretratamento (Branco). Esse resultado mostra que o BTAH atua de forma efetiva na redução do processo de corrosão do bronze em água de chuva artificial. Este mesmo comportamento pode ser visto nas curvas de polarização comparativas do bronze, sem e com pretratamento com BTAH/EtOH, em água de chuva artificial, como mostra a Figura 1.



**Figura 1 - Curvas de polarização comparativas do bronze pretratado em solução de BTAH/EtOH, em água de chuva artificial. (A) Variação do tempo de imersão; (B) Variação da concentração de BTAH.**

A eficiência de inibição variou de 57,6 % a 97,3 %, sendo as condições do experimento 12 ([BTAH] = 79 mmol/L, teor de EtOH = 75 % v/v e 165 min de imersão) as que conduziram ao maior valor de eficiência de inibição (97,3 %).

Em relação ao efeito da concentração de BTAH na densidade de corrente de corrosão e na eficiência de inibição, verificou-se que na maioria dos experimentos que apresentavam as mesmas condições de teor de EtOH e de tempo de imersão, há uma diminuição na densidade de corrente de corrosão e aumento na eficiência de inibição com o aumento da concentração de BTAH empregada no pretratamento do bronze. Como exemplo, pode-se comparar os experimentos 11 e 12 (Tabela 3 e Figura 1B). Este resultado deve estar associado com o aumento na espessura do filme formado entre o Cu e o BTAH sobre a superfície do bronze. Segundo Antonijevic e Petrovic (5), o mecanismo de formação de complexos entre Cu e BTAH mostra que o BTAH se adsorve a superfície do cobre, segundo a equação (1).



onde  $\text{Cu:BTAH}_{(\text{ads})}$  representa o BTAH adsorvido na superfície do cobre (5). Na presença de oxidantes ou sob polarização anódica,  $\text{Cu:BTAH}_{(\text{ads})}$  oxida-se à  $\text{Cu(I)BTA}_{(\text{s})}$ , um complexo com características protetoras, conforme mostra a reação (2).



A adsorção do BTAH à superfície do bronze se dá devido à presença de átomos de nitrogênio na estrutura da molécula de BTAH. A existência de orbitais *d* vazios no cobre, presente no bronze, possibilita a formação de ligações coordenadas deste com átomos doadores de elétrons, como o nitrogênio, favorecendo a adsorção do BTAH sobre a superfície do bronze, com formação de um filme polimérico de Cu-BTAH (6,7).

Observa-se na equação (1) que um aumento na concentração de BTAH favorece a formação de  $\text{Cu:BTAH}_{(\text{ads})}$ . De fato, conforme mencionado anteriormente, houve um aumento nos valores de eficiência de inibição com o aumento da concentração de BTAH, na maioria dos experimentos que apresentavam as mesmas condições de teor de EtOH e de tempo de imersão.

A análise estatística dos resultados mostrou, com 95 % de confiança, que nenhuma das variáveis de entrada estudadas ([BTAH], teor de EtOH e tempo de imersão) apresenta influência estatística significativa na eficiência de inibição. Maiores valores de eficiência de inibição poderiam ser obtidos com o aumento da concentração de BTAH e do teor de EtOH, fixando-se o tempo no ponto central (165 min).

Embora os resultados da análise estatística não tenham mostrado uma influência estatística significativa das variáveis independentes ([BTAH], teor de EtOH e tempo de imersão) na eficiência de inibição, a análise dos resultados dos ensaios de polarização (Tabela 3), indicam que:

- O aumento da concentração de BTAH ocasionou um aumento nos valores de eficiência de inibição, na maioria dos experimentos que apresentavam as mesmas condições de teor de EtOH e de tempo de imersão. Um aumento na concentração de BTAH favorece a formação de  $\text{Cu:BTAH}_{(\text{ads})}$ , conforme mostra a equação (1).

- O aumento no tempo de imersão na solução de BTAH/EtOH, ocasiona um aumento na eficiência de inibição, para a metade dos experimentos realizados. À semelhança do efeito do aumento da concentração de BTAH, o aumento no tempo de imersão propiciou, provavelmente, o aumento na espessura no filme de Cu:BTAH adsorvido sobre a superfície do bronze. Como exemplo deste efeito, tem-se a comparação entre os experimentos 13 e 14 (Tabela 3 e Figura 1A).

- A diminuição no teor de EtOH ocasiona um aumento na eficiência de inibição para a maioria dos experimentos realizados, em uma mesma concentração de BTAH e tempo de imersão, conforme pode ser visto quando se compara os experimentos 1 e 2.

## B) Ensaios Gravimétricos

Os resultados dos ensaios gravimétricos do bronze, pretratado com BTAH/EtOH, após 7 dias de imersão em água de chuva artificial, são apresentados na Tabela 4.

Observa-se na Tabela 4 que o bronze pretratado com BTAH/EtOH, em todos os experimentos realizados, apresentou uma taxa de corrosão inferior a do branco (ausência de BTAH), mostrando que o benzotriazol atuou efetivamente na proteção contra a corrosão do bronze em água de chuva artificial. Os valores de eficiência de inibição para os ensaios gravimétricos, exceto para os experimentos 13 e 16, foram menores do que os observados nos ensaios de polarização, provavelmente devido ao maior tempo de ensaio (7 dias). A eficiência de inibição variou de 34,67 % a 82,35 %, sendo as condições do experimento 10 ([BTAH] = 50 mmol/L, teor de EtOH = 100 % v/v, tempo de imersão = 165 min) as que propiciaram um maior valor de eficiência de inibição (82,35 %).

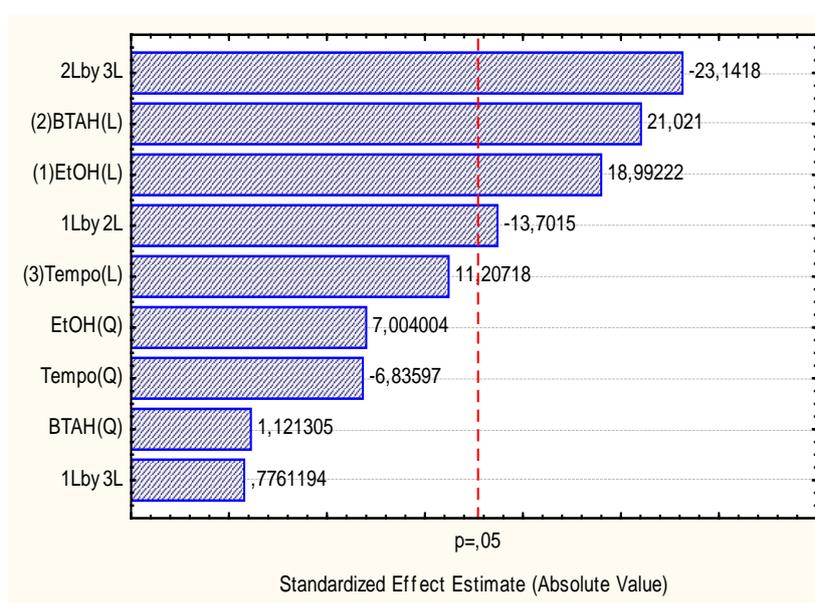
**Tabela 4 – Resultados dos ensaios gravimétricos do bronze, pretratado com BTAH/EtOH, em água de chuva artificial**

Experimento	Taxa de corrosão (mm/ano)	Eficiência de Inibição (%)
Branco	0,0901	-----
1	0,0589	34,67
2	0,0403	55,33
3	0,0198	78,04
4	0,0192	78,64
5	0,0391	56,67
6	0,0210	76,67
7	0,0294	67,33
8	0,0264	70,67
9	0,0276	69,33
10	0,0159	82,35
11	0,0270	70,00
12	0,0258	71,33
13	0,0366	59,33
14	0,0288	68,00
15	0,0312	65,33
16	0,0185	79,42
17	0,0300	66,67

Empregou-se um planejamento composto central para avaliar a influência das variáveis de entrada (Teor de EtOH, [BTAH] e tempo de imersão) na variável de resposta Eficiência de

Inibição. A Figura 2 apresenta o diagrama de Pareto para a variável de resposta Eficiência de Inibição referente aos ensaios gravimétricos. É apresentado em colunas, e uma linha transversal às mesmas, correspondente ao valor de  $p = 0,05$ , indica o quão grande deve ser o efeito para ter significado estatístico.

Verifica-se que os componentes lineares das variáveis de entrada teor de EtOH ( $x_1$ ) e concentração de BTAH ( $x_2$ ), bem como as interações entre  $x_1$  e  $x_2$ , e entre  $x_2$  e  $x_3$ , exercem influência estatística significativa na eficiência de inibição. Os componentes lineares de  $x_1$  e  $x_2$  exercem influência positiva sobre a eficiência de inibição, isto é, um aumento no teor de etanol ou na concentração de BTAH, ocasiona a formação de filmes mais protetores sobre a superfície do bronze. Um aumento no teor de EtOH favorece a solubilização do BTAH. Entre as variáveis estudadas, o componente linear de  $x_1$  é a que mais influenciou estatisticamente na eficiência de inibição.

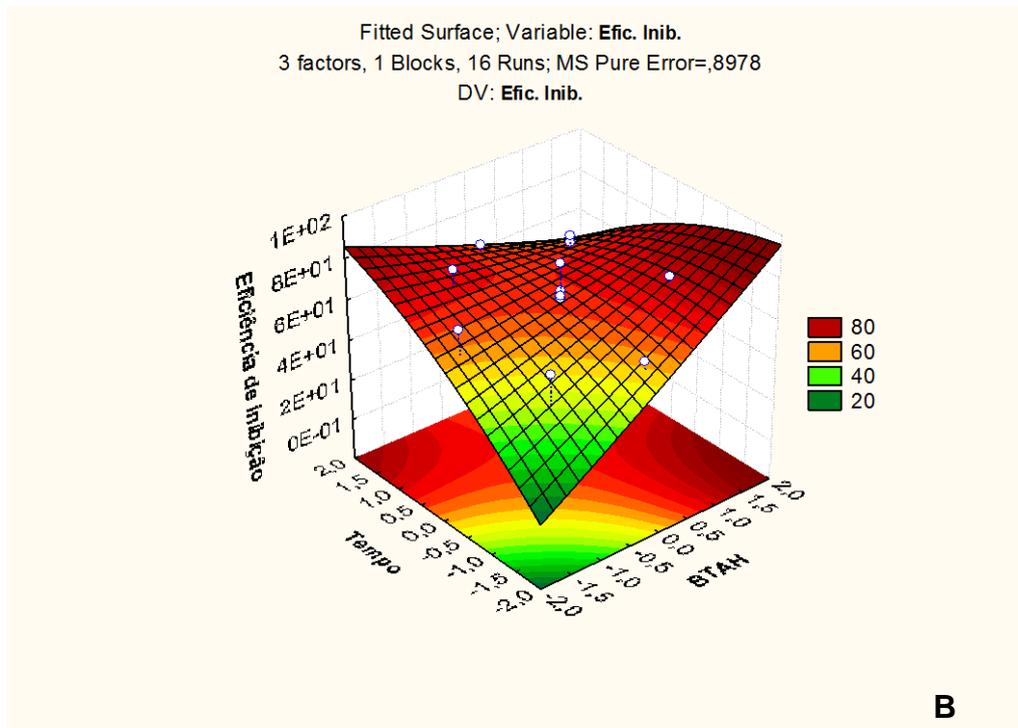
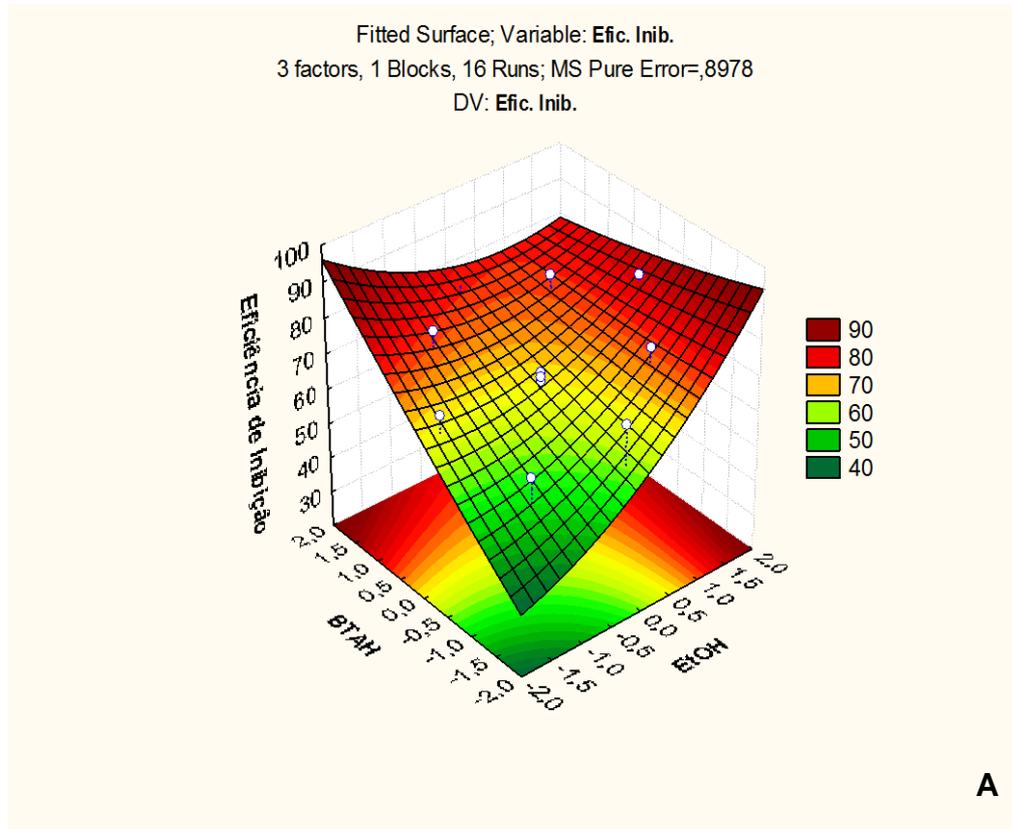


**Figura 2 – Diagrama de Pareto para a variável de resposta Eficiência de Inibição**

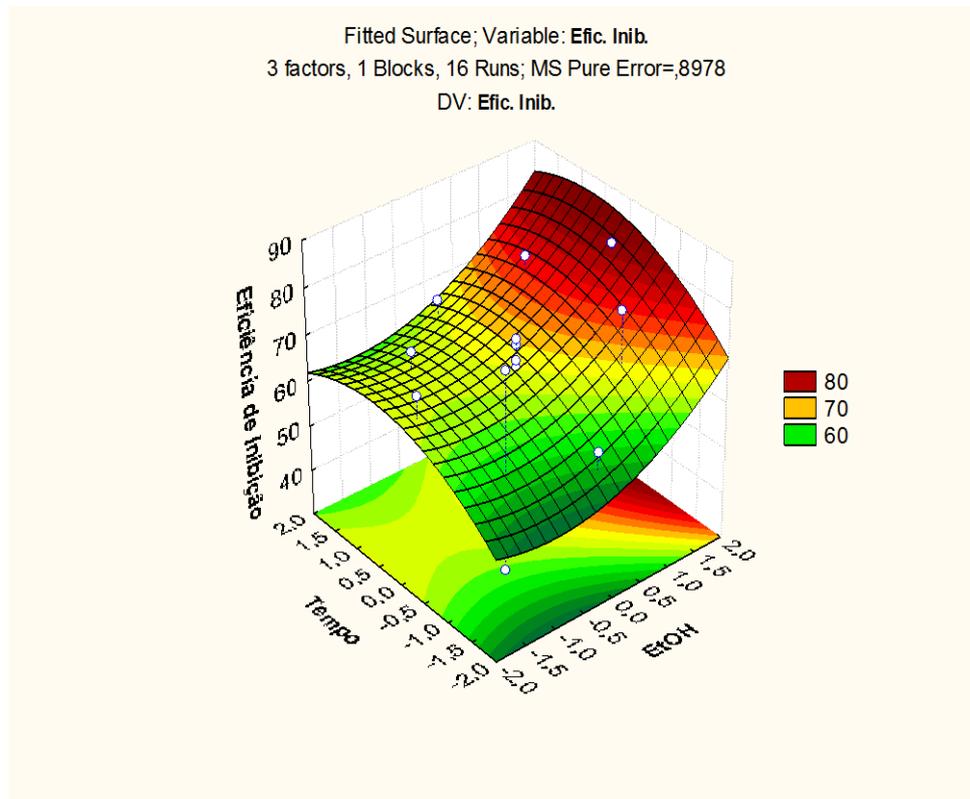
A análise de variância (ANOVA) mostra que a percentagem de variação explicada pelo modelo é igual a 82,30 %. O resultado deste modelo é representado pelas superfícies de resposta, mostradas nas Figuras 3 e 4, onde são observados os principais efeitos da variação do teor de etanol, da concentração de BTAH e do tempo de imersão sobre a eficiência de inibição.

Na Figura 3A, mantendo-se o tempo constante no ponto central (165 min), são observados dois comportamentos distintos, a fim de se obter maiores valores de eficiência de inibição: (1) Se a concentração de BTAH for elevada, o teor de etanol poderá ser baixo; (2) Se a concentração de BTAH for baixa, é necessário um teor de etanol mais elevado. Comportamento semelhante é observado na Figura 4B, quando o teor de etanol é mantido constante no ponto central (75 % v/v), onde maiores valores de eficiência de inibição são obtidos em duas situações distintas: (1) Se a concentração de BTAH for elevada, o tempo de

imersão poderá ser menor; (2) Se a concentração de BTAH for baixa, serão necessários maiores tempos de imersão.



**Figura 3 - Superfícies de resposta para Eficiência de Inibição em função de: (A)  $T_{EtOH}$  e  $C_{BTAH}$ , (B)  $C_{BTAH}$  e Tempo.**



**Figura 4 - Superfície de resposta para Eficiência de Inibição em função de  $T_{EtOH}$  e Tempo**

Na Figura 4, verifica-se que praticamente independente do tempo de imersão, valores elevados de eficiência de inibição podem ser obtidos para maiores valores de teor de etanol.

O modelo estatístico usado para descrever as respostas do planejamento fatorial é formulado em termos dos efeitos por unidade de variação dos fatores e pode ser representado pela equação (3).

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (3)$$

Onde  $\hat{y}$  é a Eficiência de Inibição (E.I.),  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  representam valores codificados da do teor de etanol, da concentração de BTAH e do tempo de imersão, respectivamente.  $x_1x_2$ ,  $x_1x_3$  e  $x_2x_3$  correspondem a interação entre os fatores  $x_1$  e  $x_2$ ,  $x_1$  e  $x_3$ , e  $x_2$  e  $x_3$ , respectivamente.  $b_0$  é uma constante e  $b_i$  são os coeficientes estimados pelo modelo.

A Tabela 5 apresenta a estimativa dos efeitos para a Eficiência de Inibição. Substituindo os respectivos valores codificados dos coeficientes dos termos significativos ( $p < 0,05$ ), tem-se a equação (4) do modelo quadrático ajustado.

$$\hat{E.I.} = 66,55 + 4,87x_1 + 5,39x_2 - 4,59x_1x_2 - 7,75x_2x_3 \quad (4)$$

À semelhança do diagrama de Pareto, pode-se observar na equação (4) a influência estatística positiva de  $x_1$ ,  $x_2$  e negativa das interações entre  $x_1$  e  $x_2$  e entre  $x_2$  e  $x_3$  sobre a Eficiência de Inibição.

**Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para Eficiência de Inibição.**

	<i>Efeito</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>t(I)</i>	<i>p</i>	
	<i>dos Coeficientes</i>					
	Média	66,5548	<b>66,55479</b>	0,667893	99,6489	<b>0,006388</b>
	(1)EtOH (L)	9,7434	<b>4,87172</b>	0,256511	18,9922	<b>0,033489</b>
	EtOH (Q)	4,3661	2,18304	0,311684	7,0040	0,090284
	(2)BTAH (L)	10,7842	<b>5,39212</b>	0,256511	21,0210	<b>0,030262</b>
	BTAH (Q)	0,6990	0,34949	0,311684	1,1213	0,463635
	(3)Tempo (L)	5,7495	2,87477	0,256511	11,2072	0,056655
	Tempo (Q)	-4,2613	-2,13067	0,311684	-6,8360	0,092472
	1L by 2L	-9,1800	-4,59000	0,335000	-13,7015	0,046381
	1L by 3L	0,5200	0,26000	0,335000	0,7761	0,579825
	2L by 3L	-15,5050	<b>-7,75250</b>	0,335000	-23,1418	<b>0,027492</b>

## Conclusões

O efeito protetor do BTAH como inibidor de corrosão para o bronze em meio de água de chuva artificial foi confirmado pelos ensaios de polarização e gravimétricos, realizados através do planejamento experimental empregado. Elevadas eficiências de inibição foram obtidas devido à formação de um filme polimérico de Cu-BTAH na superfície do bronze quando da etapa de pré-tratamento na solução do inibidor.

Nos ensaios de polarização, observou-se que todos os ensaios com pré-tratamento em solução de inibidor (BTAH) apresentaram valores de densidade de corrente de corrosão menores do que o branco (sem pré-tratamento), mostrando uma diminuição no processo corrosivo. As eficiências de inibição variaram de 57,6 % a 97,30 %, sendo a maior obtida nas condições do experimento 12 ([BTAH = 79 mmol/L, teor de EtOH = 75 % v/v e 165 min de imersão).

Nos ensaios de gravimétricos foi observado que todos os ensaios com pré-tratamento em solução de BTAH apresentaram taxa de corrosão menor do que o experimento branco (sem pré-tratamento), devido ao efeito protetor do filme formado. As eficiências de inibição variaram de 34,67 % a 82,35 %, onde a maior delas foi obtida nas condições do experimento 10 ([BTAH = 50 mmol/L, teor de EtOH = 100 % v/v e 165 min de imersão).

---

A análise estatística dos resultados, referentes aos ensaios gravimétricos, mostrou que os componentes lineares da concentração de BTAH e do teor de EtOH influenciam positivamente na eficiência de inibição.

### **Agradecimentos**

---

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

### **Referências bibliográficas**

---

- (1) FONTINHA, I.; SALTA, M. Corrosão e conservação de estátuas de liga de cobre. **Corrosão e Protecção de Materiais**, v.27, n.3, p.87-94, Set. 2008.
- (2) FINSGAR, M.;MILOSEV, I. Inhibition of copper corrosion by 1,2,3-benzotriazole:A Review. **Corrosion Science**, v. 52, n. 9, p. 2737–2749, Sept. 2010.
- (3) DUGDALE, I.; COTTON, J. B. An electrochemical investigation on the prevention of staining of copper by benzotriazole. **Corrosion Science**, v. 3, n. 2, p.69-74, Jan.1963.
- (4) ZAMBONI, W. M. Precipitation chemistry in the coast of metropolitan region of Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 114, n. 2, p. 235-242, Sept. 2001.
- (5) ANTONIJEVIC, M.M; PETROVIC, M.B. Copper Corrosion Inhibitors. A review. **International Journal of Electrochemical Science**, 3, p. 1-28, Oct. 2008.
- (6) KHALED, K.F. Adsorption and inhibitive properties of a new synthesized guanidine derivative on corrosion of copper in 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. **Applied Surface Science**, v. 255, n. 5, Part. 1, p.1811-1818, Dec. 2008.
- (7) FIANFEIM, Y.; QUANFEN, F.; YAFEI, Y. Inhibition of copper corrosion in 3,5 percent NaCl solutions by triazole derivate. **Anti-Corrosion Methods and Materials**, v. 56, n. 5, p. 275-279, 2009.