

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA INIBITÓRIA DA HIBERNAÇÃO AQUOSA NA CORROSÃO DOS TUBOS DO MINERODUTO MINAS-RIO¹

*Fernando Cabral Lage²
Guilherme Marques Rodrigues²
Rafael Yien Huei Wu²
Victor Freire de Oliveira²
Maria das Mercês Reis de Castro³
Vanessa de Freitas Cunha Lins⁴*

Resumo

No presente trabalho, foi estudada a resistência à corrosão do aço API 5L X70, utilizado na tubulação de aço-carbono de 200 km no Mineroduto Minas-Rio. A solução aquosa de hibernação contendo o biocida não-oxidante glutaraldeído, o bactericida sulfito de sódio e uma solução cáustica para controle do pH foi o eletrólito estudado. As técnicas utilizadas na avaliação da resistência à corrosão foram a análise de Tafel e a espectroscopia de impedância eletroquímica. O aço API em solução de glutaraldeído apresentou maior potencial de corrosão e menor densidade de corrente de corrosão, e uma resistência à polarização quatrocentas e treze vezes superior em relação à água de rio, demonstrando a eficácia de sua utilização na prevenção da corrosão da tubulação enterrada.

Palavras-chave: Corrosão; Aço API 5L X70; Mineração; Glutaraldeído; Hibernação.

EVALUATION OF THE CORROSION INHIBITION EFFICIENCY OF AQUEOUS HIBERNATION OF MINAS-RIO PIPELINE

Abstract

In the present study, the corrosion resistance of API 5L X70 steel used in carbon steel pipeline of 200 km in the Minas-Rio Pipeline, was evaluated. The aqueous solution of hibernation containing non-oxidizing biocide glutaraldehyde, the bactericide sodium sulfite and caustic solution for pH control was the electrolyte studied. The techniques used in the evaluation of corrosion resistance were Tafel analysis and electrochemical impedance spectroscopy. The API steel in solution of glutaraldehyde showed the highest corrosion potential and the lowest corrosion current density, and a polarization resistance four hundred and thirteen times higher than in the river water, demonstrating the effectiveness of its use in preventing corrosion of buried pipe.

Keywords: Corrosion; Carbon steel; Biocide; Glutaraldehyde; Hibernation.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Aluno de Graduação, Departamento de Engenharia Química da UFMG, Belo Horizonte, MG.*

³ *Professora Associada, Departamento de Engenharia Química da UFMG*

⁴ *Membro da ABM, Professora Associada, Departamento de Engenharia Química da UFMG*

1 INTRODUÇÃO

O mineroduto Minas-Rio da *Anglo Ferrous Brazil*, divisão brasileira da Anglo American, possui 525 km de extensão, sendo o maior do mundo, e irá transportar o minério de ferro da mina Serra do Sapo em Minas Gerais, na cidade de Conceição do Mato Dentro, e de uma unidade de beneficiamento em Alvorada de Minas para o Porto de Açu no Rio de Janeiro, e quando entrar em operação será capaz de transportar 26,5 milhões de toneladas anuais de minério de ferro.⁽¹⁾ Estima-se que a reserva de minério de ferro explorada tenha 2 bilhões de toneladas, com minério com elevada concentração de ferro (68,50%) e baixa contaminação.⁽¹⁾

A tubulação utilizada é feita em aço carbono, com especificação API 5L X70, fornecida pela Confab (249 km), Siat e Marubeni-Itochu e revestido externamente por polietileno extrudado de tripla camada fornecido pela Marubeni-Itochu. As espessuras do tubo variam de 0,406 polegadas a 0,906 polegadas, o diâmetro será de 26 polegadas, com alguns trechos de 24 polegadas e cada tubo terá 12 m de extensão.

O aço da tubulação será enterrado, e no período de tempo até o início das atividades da mineração, estará sujeito à corrosão. Uma das medidas consideradas de prevenção da corrosão foi o preenchimento da tubulação com atmosfera de nitrogênio gasoso, mas tal medida tem um custo elevado. Assim, foi considerada a possibilidade de hibernação do tubo com uma solução do biocida não oxidante glutaraldeído,⁽²⁾ do bactericida sulfito de sódio e de uma solução cáustica para controle de pH. Foram realizados testes eletroquímicos de extrapolação de Tafel e de espectroscopia de impedância eletroquímica para determinação da resistência à corrosão do aço API no meio da solução de hibernação.

2 METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios de corrosão e dos testes eletroquímicos foram utilizados corpos de prova de 2,5 cm por 2,5 cm cortados a partir de amostras maiores do tubo do mineroduto, fabricado em aço API 5L X70, com teor de carbono de 0,24-0,28%(m) e teor de Mn de 1,40%(m). Foram avaliadas amostras com a superfície sem presença de óxidos, obtida através de lixamento, e com a superfície com uma camada de oxidação escura.

Para a realização do estudo foram preparadas sete soluções contendo os compostos inibidores isoladamente e suas possíveis misturas e mais uma solução controle contendo apenas água do rio, como apresentado na Tabela 1. Todas as soluções foram preparadas utilizando a água do rio.

Tabela 1 – Soluções utilizadas nos ensaios eletroquímicos

RIO	Água do rio
N	Água do rio com Hidróxido de Sódio
S	Água do rio com Sulfito de Sódio
G	Água do rio com Glutaraldeído
N+S	Água do rio com Hidróxido de Sódio e Sulfito de Sódio
N+G	Água do rio com Hidróxido de Sódio e Glutaraldeído
S+G	Água do rio com Sulfito de Sódio e Glutaraldeído
N+S+G	Água do rio com Hidróxido de Sódio, Sulfito de Sódio e Glutaraldeído

Foi utilizada uma concentração fixa de cada um dos inibidores nas soluções, sendo a concentração de hidróxido de sódio de 2.000 ppm, de sulfito de sódio de 150 ppm e de glutaraldeído de 70 ppm.

Foram realizadas a medida do potencial de circuito aberto, a análise de Tafel, com polarização de 250 mV em torno do potencial de corrosão, e a espectroscopia de impedância eletroquímica, usando-se amplitude de potencial de 10mV e faixa de frequência de 100 KHz a 1 mHz. Foi utilizado o potenciostado VersaStat 3 com eletrodo de referência de prata/cloreto de prata e contraeletrodo de platina. Os resultados foram analisados pelo software VersaStudio e as curvas de espectrometria de impedância eletroquímica analisadas pelo software ZSim da EchemSoftware.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extrapolação de Tafel

A Tabela 2 apresenta os valores de potencial e densidade de corrente de corrosão obtidos pela análise de Tafel. A Figura 1 apresenta as curvas de polarização do aço nos diversos meios testados.

Tabela 2 - Valores do potencial de corrosão e da corrente de corrosão obtidos pela análise de Tafel

Superfície Lixada		
Solução	Potencial de Corrosão (mV) _{Ag/AgCl}	Corrente de Corrosão (µA/cm ²)
G	-61	0,0352
N+G	-291	1,8544
N+S	-294	1,1792
N	-314	1,9184
N+S+G	-370	1,9904
RIO	-543	7,6096
S	-565	14,5792
S+G	-581	13,5104

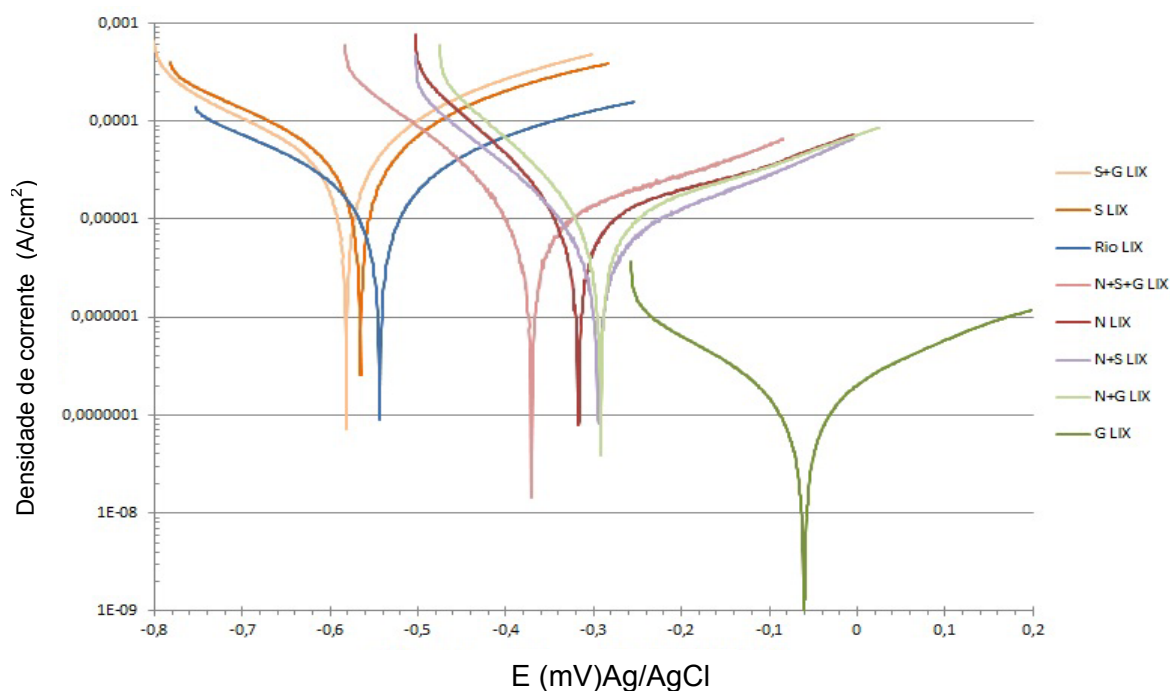


Figura 1 – Curvas de polarização anódica potenciodinâmica obtidas utilizadas na análise de Tafel.

O potencial de corrosão oferece, conceitualmente, noção da tendência termodinâmica de ocorrência de um processo corrosivo, enquanto a corrente de corrosão oferece noções da velocidade do processo corrosivo. O potencial de corrosão mais nobre foi obtido para o aço API em meio contendo o inibidor de glutaraldeído, seguido pelas soluções de hidróxido de sódio e glutaraldeído, e hidróxido de sódio e sulfito de sódio. O aço API nestes meios apresentou, também, as menores densidades de corrente de corrosão. De acordo com o diagrama de Pourbaix, o aço apresenta geralmente boa resistência à corrosão em meios alcalinos como os meios estudados contendo hidróxido de sódio, pela formação de uma camada protetora de óxido-hidróxido de ferro.

A Figura 2 apresenta o diagrama de Nyquist obtido para o aço API testado nos meios contendo hidróxido de sódio (N), sulfito de sódio (S) e glutaraldeído (G). A Tabela 3 apresenta os valores de resistência à polarização obtidos usando-se a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica.

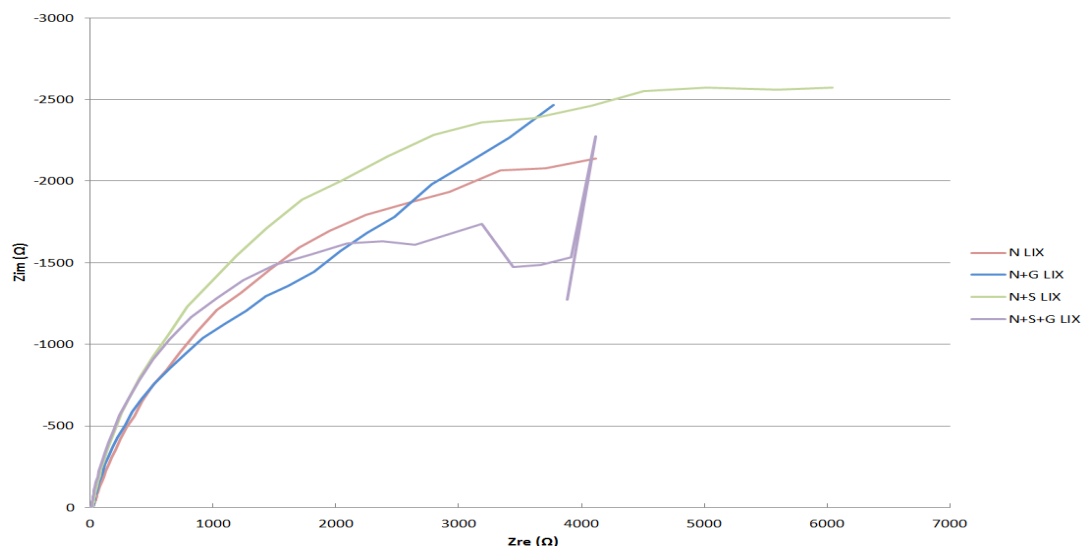


Figura 2 - Diagrama de Nyquist obtido para o aço API testado nos meios contendo hidróxido de sódio (N), sulfito de sódio (S) e glutaraldeído (G).

Tabela 3 - Valores de Rp obtidos por espectroscopia de impedância eletroquímica

Solução	Rp (kΩ.cm ²)
G	3841,1
N+G	50,8
N+S	5,9
N	39,7
N+S+G	27,6
RIO	9,3
S	5,7
S+G	4,3

Em relação à resistência à polarização apresentada pelo aço API em água do rio natural, a adição de sulfito de sódio e de sulfito de sódio e glutaraldeído reduziram a resistência à corrosão do aço. O aço API em solução de hibernação (N+S +G) apresentou uma resistência à corrosão três vezes superior em relação à água de rio. Entretanto, o aço API 5L X70 em meio contendo apenas o biocida glutaraldeído apresentou uma resistência à polarização mais de 400 vezes superior à do aço em água do rio. O aço nos meios testados apresentou dois arcos capacitivos de acordo com o circuito elétrico da Figura 3, indicando a formação de uma camada de produto de corrosão que pode ter características protetoras. Na Figura 3, Rs é a resistência do eletrólito, Rct é a resistência à transferência de carga na superfície do eletrodo e Rp é a resistência à polarização na interface aço/produto de corrosão.

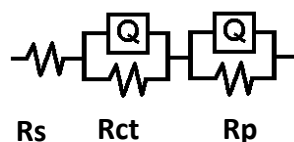


Figura 3 – Circuito elétrico equivalente.

4 CONCLUSÕES

O aço API 5L X 70 em solução de água do rio com adição apenas do biocida glutaraldeído apresentou a maior resistência à corrosão em relação aos meios

testados, fornecendo os maiores valores de potencial de corrosão e resistência à polarização e os menores valores de densidade de corrente de corrosão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à RB consultoria pela oportunidade de realização deste trabalho e pelo fornecimento dos materiais e meios estudados.

REFERÊNCIAS

- 1 TOFOLO, R.V.B. Estudo Comparativo dos Aços Microligados API 5L-X60 e API 5L-X70, usados para a confecção de tubos, quanto à tenacidade e à fratura. Ouro Preto, Dissertação (Mestrado), UFOP, 2008.
- 2 TASHIMA, T. ET AL. Relationship between precipitation in aqueous solution of glutaraldehyde for chemosterilization and impurities detected by gas chromatography. *International Journal of Pharmaceutics*, Vol. 42, pp. 61-67, 1988.