

## PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 2024 POR FILMES DE POLIPIRROL: UM ESTUDO COMPARATIVO

**Karyn de Mancilha Ferreira<sup>1</sup>, Fabiana Passos Martins<sup>1</sup>, Marco Antonio de Oliveira<sup>2</sup>,  
Andréa Santos Liu<sup>1</sup>, Liu Yao Cho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Eletroquímica orgânica; <sup>2</sup>Laboratório de Parasitologia e Biotecnologia - IP&D - UNIVAP,  
Avenida Shishima Hifumi 2911, São José dos Campos – SP,  
e-mail: k-mancilha@bol.com.br.

**Resumo** - Estudos realizados em nosso laboratório mostraram que filmes de polipirrol depositado eletroquimicamente sobre superfícies de alumínio 2024, em meio aquoso contendo derivados de ácido sulfônico, foram aderentes. Os ensaios de corrosão mostraram que a natureza do eletrólito utilizado no processo de eletrodeposição, interfere na eficiência dos filmes poliméricos para proteger a liga de alumínio contra corrosão. Foi observado que as superfícies de alumínio recobertas pelos filmes de polipirrol eletrodepositados em meio contendo ácido p-dodecil benzeno sulfônico apresentou maior resistência a corrosão do que aquelas revestidas pelos filmes eletrodepositados em meio contendo ácido p-tolueno sulfônico.

**Palavras-chave:** corrosão, alumínio 2024, filme de polipirrol, ácido p-tolueno sulfônico, ácido p-dodecil benzeno sulfônico.

**Área do Conhecimento:** Engenharias.

### Introdução

As ligas de alumínio são largamente utilizadas pelas indústrias devido a sua baixa massa específica e elevada resistência a corrosão devido a presença de uma camada passiva de  $Al_2O_3$  (COHEN, 1995).

No entanto, a presença de cobre em sua composição, torna as ligas de alumínio mais susceptíveis à corrosão estimulada por meios agressivos, tais como a presença de íons cloreto (MASCAGNI, 2009). Desta maneira, é necessário utilizar métodos para prevenir a corrosão destas ligas.

Estudos mostram que filmes de polímeros condutores podem ser utilizados para tal aplicação. O polipirrol é um polímero condutor que se destaca por sua alta estabilidade, baixa toxicidade e facilidade de síntese por meios eletroquímicos e químicos. Além disso, apresenta uma ampla faixa de aplicações, tais como, baterias, músculos artificiais, sensores, proteção de metais oxidáveis contra corrosão, dentre outras (FAEZ et al., 2000).

A eletrodeposição permite controlar as propriedades físicas e químicas do filme polimérico através das condições de síntese, tais como densidade de corrente aplicada, temperatura, eletrólito, natureza do metal que constitui o eletrodo de trabalho, dentre outras (IROH et al., 1998).

Estudos desenvolvidos em nosso laboratório mostram que filmes de polipirrol depositados em meio aquoso contendo ácido p-tolueno sulfônico são aderentes e homogêneos (LIU, 2009).

Neste trabalho, foi investigada a influência da natureza do eletrólito na proteção da liga de alumínio 2024 contra corrosão, por filmes de polipirrol eletrodepositados em meio aquoso contendo ácido p-tolueno sulfônico e ácido p-dodecil benzeno sulfônico.

### Metodologia

Os experimentos eletroquímicos foram realizados a temperatura de 25°C em uma célula contendo três eletrodos. O eletrodo de trabalho foi uma liga de alumínio 2024 embutido em Teflon e com área exposta de 0,53 cm<sup>2</sup>. O eletrodo auxiliar foi um fio de platina e o eletrodo de referência foi um eletrodo de Ag / AgCl, Cl<sup>-</sup> saturado. Foi utilizado um Potenciostato / Galvanostato (modelo MQPG-01) da Microquímica.

Os filmes de polipirrol foram depositados em meio aquoso contendo 0,2 mol L<sup>-1</sup> de pirrol e: (1) 0,5 mol L<sup>-1</sup> de ácido p-tolueno sulfônico e (2) 0,5 mol L<sup>-1</sup> de ácido p-dodecil benzeno sulfônico. Os filmes foram eletrodepositados por corrente controlada a 3,0 mA por 30 minutos.

As curvas de polarização potenciodinâmica foram realizadas variando-se o potencial de -1,75 a +1,75 V a velocidade de varredura de 5 mV s<sup>-1</sup>. O meio corrosivo foi uma solução aquosa de NaCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e o pH=5,9.

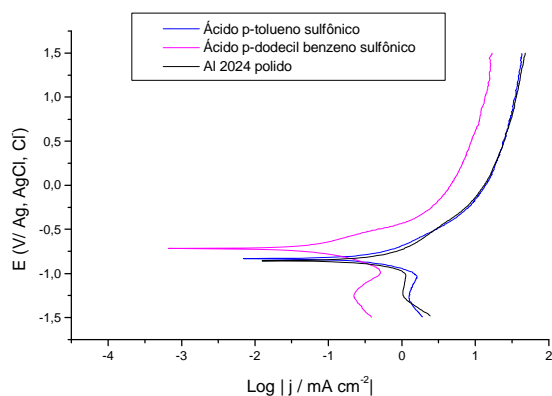
A partir dos ensaios de polarização foram obtidas curvas de Tafel, das quais foram determinados parâmetros eletroquímicos (potencial de corrosão e densidades de correntes de corrosão), que permitem avaliar a proteção do alumínio contra corrosão pelos filmes poliméricos.

A morfologia das superfícies de alumínio recobertas pelos filmes de polipirrol foi investigada por Microscopia de Varredura Eletrônica.

## Resultados

Os filmes de polipirrol foram depositados sobre a superfície do eletrodo de alumínio 2024 por corrente controlada a 3,0 mA por 30 minutos.

A figura 1 apresenta as curvas de polarização para as superfícies de alumínio: (1) apenas polida e recobertas com os filmes de polipirrol eletrodepositados em meio aquoso contendo (2) ácido p-tolueno sulfônico e (3) ácido dodecil benzeno sulfônico.



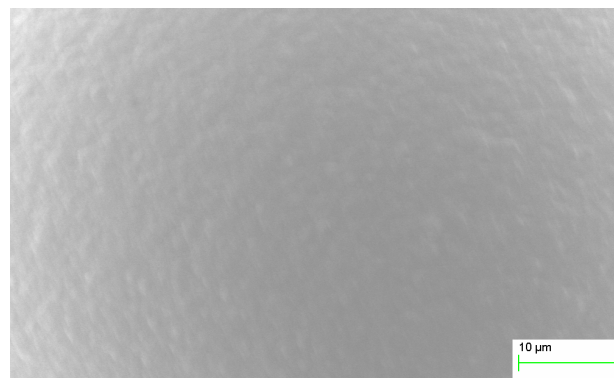
**Figura 1.** Curvas de polarização para as superfícies de alumínio polida e recobertas com os filmes de polipirrol, utilizando ácido p-tolueno sulfônico ou ácido p-dodecil benzeno sulfônico como eletrólitos.

A Tabela 1 apresenta os dados eletroquímicos, como densidade de corrente de corrosão e potenciais de corrosão, obtidos a partir das curvas de polarização mostradas na Figura 1.

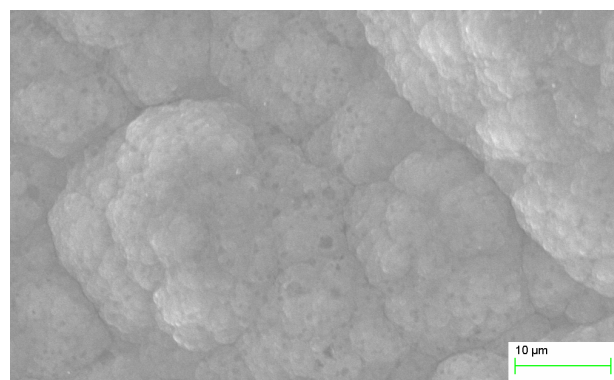
**Tabela 1.** Parâmetros eletroquímicos obtidos a partir das curvas de polarização da Figura 1

Superfície de Alumínio	$j_{corr}$ (mA cm <sup>-2</sup> )	$E_{corr}$ (V)
Polida	0,634	-0,898
Recoberta com PPy depositado em ácido p-tolueno sulfônico	1,199	-0,877
Recoberta com PPy depositado em ácido p-dodecil benzeno sulfônico	0,324	-0,835

As figuras 2 e 3 apresentam as micrografias MEV das superfícies de alumínio 2024 recobertas com filmes de polipirrol eletrodepositados em meio aquoso contendo ácido p-dodecil benzeno sulfônico e ácido p-tolueno sulfônico, respectivamente.



**Figura 2.** Micrografia da superfície de alumínio recoberta com o PPy depositado em meio aquoso contendo ácido p-dodecil benzeno sulfônico.



**Figura 3.** Micrografia da superfície de alumínio recoberta com o PPy depositado em meio aquoso contendo ácido p-tolueno sulfônico.

## Discussão

A Figura 1 mostra que o filme de PPy eletrodepositado em meio aquoso contendo ácido dodecil benzeno sulfônico foi capaz de proteger a superfície de alumínio contra corrosão, visto que um deslocamento do potencial para direção mais nobre foi observado para o metal recoberto pelo PPy em relação à superfície de alumínio apenas polida. Além disso, foi observado na Tabela 1, que as superfícies recobertas com PPy depositado neste meio apresentou menor densidade de corrente de corrosão quando comparado com o alumínio apenas polido. Uma vez que a densidade de corrente de corrosão é proporcional à velocidade de corrosão do metal, pode ser inferido que o PPy depositado em meio contendo ácido dodecil benzeno sulfônico é capaz de proteger a liga de alumínio contra corrosão em meio agressivo de cloreto.

Por outro lado, as curvas de polarização para as superfícies de alumínio apenas polida e recoberta por PPy eletrodepositado em meio de ácido p-tolueno sulfônico foram muito similares. Este resultado indica que o filme de PPy depositado neste meio não foi hábil para proteger a liga de Alumínio contra corrosão em meio corrosivo de cloreto.

As Figuras 2 e 3 mostram que a morfologia dos filmes de PPy depende da natureza do ácido utilizado para a deposição do filme polimérico. A Figura 2 mostra que a estrutura do filme de PPy depositado em ácido dodecil benzeno sulfônico é homogênea e compacta. Por outro lado, pode ser observado pela Figura 3, que o filme depositado em ácido p-tolueno sulfônico apresenta poros e defeitos, o que explica o comportamento não protetivo deste último filme. A presença destes poros permite a difusão de espécies corrosivas, como íons cloreto, que atacam o alumínio, promovendo a formação de pites na superfície metálica.

## Conclusão

Pode ser concluído que a natureza do ácido utilizado na eletrodeposição do filme de PPy influencia na morfologia e na eficiência deste filme para proteger a liga de alumínio 2024 contra corrosão. Foi observado por MEV, que o filme depositado em meio contendo ácido dodecil benzeno sulfônico foi mais homogêneo do que aquele depositado em ácido p-tolueno sulfônico. Além disso, os ensaios de corrosão mostraram que o filme depositado em meio de ácido dodecil

benzeno sulfônico apresentou menor densidade de corrente de corrosão, o que implica em maior capacidade de proteger a liga metálica contra corrosão.

## Referências

Mascagni, D. B. T. **Estudo das propriedades de barreiras de filmes depositados s plasma sobre a liga de alumínio 2024**. Unesp-Sorocaba, 2009.

COHEN, S.M. **Corrosion**, 51, 1995.

IROH, J. O.; WENCHENG, S. **Effects of electrochemical process parameters on the synthesis and properties of polypyrrole coating on steel**, Synthetic Metals, v.95, n.3, p.159-167, 1998

FAEZ, R.; REIS, C.; FREITAS, P. S.; KOSIMA, O. K.; RUGGERI, G.; PAOLI, M. A. **Polímeros Condutores**, Química Nova na Escola, n.11, p.13-18, 2000.

LIU, A. S.; CHO, L. Y.; OLIVEIRA, M. A. S. **XIV Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica (XIV-SIBEE)**, Teresópolis-RJ, 8 a 12 de agosto, COR-08, 2004.