



# REVESTIMENTOS NANOESTRUTURADOS COM PROPRIEDADES ANTICORROSIVAS

Isadora Nunes Rebelo<sup>1</sup>, Daniela da Fonseca<sup>2</sup>, Ester Schmidt Rieder<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna do colégio São Lucas – Bolsista PIBIC-EM/CNPq – isadorarebelo42@gmail.com

<sup>2</sup> Aluna do curso de Química Industrial – Bolsista PIBIC/CNPq – danielafonseca20@gmail.com

<sup>3</sup> Professora do curso de graduação em Química e PPGEMPS – esterrieder@gmail.com



## INTRODUÇÃO

As causas da corrosão em diversos meios têm sido amplamente investigadas, não havendo um único fator estabelecido que defina o mecanismo do processo corrosivo (ZATKALÍKOVÁ e LIPTÁKOVÁ, 2011). As condições do meio, o tratamento de superfície e o processo de obtenção do material metálico são alguns dos fatores que mais afetam a estabilidade eletroquímica do substrato (HARIMKAR, 2014). Para o aço inoxidável, a resistência à corrosão pode ser aumentada, controlada e ou reduzida por tratamentos de superfícies mecânicas, eletroquímicas e químicas (PRAŽÁK, 1985; ARNOLD e SUZUKI, 2003). O TiO<sub>2</sub> é um material inorgânico funcional importante com boas propriedades físicas, que o tornam adequado para aplicações em filmes finos. A excelente estabilidade química deste óxido, associado às suas propriedades elétricas, também o torna tecnologicamente atrativo como revestimento resistente à corrosão. Para otimizar essa característica, nanopartículas de óxido de titânio têm sido dopadas com metais de transição. Neste estudo, filmes contendo nanopartículas de TiO<sub>2</sub> dopados com cromo foram empregados para revestir corpos de prova de aço inoxidável (AISI 316). Os objetivos deste trabalho são sintetizar e caracterizar um revestimento protetor à corrosão, com nanopartículas de TiO<sub>2</sub> dopadas com cromo, para aço inoxidável.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Filmes contendo nanopartículas de TiO<sub>2</sub> dopados com cromo foram empregados para revestir corpos de prova de aço inoxidável (AISI 316). Para sintetizar as partículas de dióxido de titânio dopadas com cromo foram misturados titanato de tetra-n-butil [Ti(O-n-Bu)<sub>4</sub>] e nitrato de cromo III nonoidratado [Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O] usando a técnica sol-gel. Corpos de prova do aço inoxidável foram revestidos com filmes de TiO<sub>2</sub> dopados com cromo pela imersão na solução sol-gel. Os corpos de prova foram submetidos a uma, duas ou três imersões, utilizando o processo de *dip-coating* à velocidade de 16 mm/min. Os mesmos foram levados à temperatura de 250 °C por 30 min e 450 °C por 1 h. A atividade eletroquímica dos corpos de prova revestidos foi determinada por espectroscopia de impedância eletroquímica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos arcos capacitivos, os resultados de impedância eletroquímica para os corpos de prova, submetidos a uma, duas e três imersões no sol-gel contendo TiO<sub>2</sub> não dopado e dopado com 1 % de cromo dos diagramas obtidos, foram determinadas as resistências de polarização (Rp), as quais são apresentadas na Tabela 1. Os corpos de prova revestidos com TiO<sub>2</sub>, independentemente da dopagem com cromo, mostraram uma Rp significativamente mais elevada em relação ao aço inoxidável sem revestimento. No potencial de circuito aberto, OCP, o aço inoxidável sem revestimento apresentou uma Rp de 4,3x10<sup>2</sup> (Ω), enquanto que os corpos de prova revestidos apresentaram uma Rp de cerca de 4,0x10<sup>4</sup> (Ω), chegando também a 5,3x10<sup>4</sup> (Ω) para revestimentos dopados com cromo. Estes resultados indicaram um aumento de cerca de 100 vezes na Rp para o aço inoxidável revestido com TiO<sub>2</sub>, mostrando o grande potencial dos revestimentos de TiO<sub>2</sub> para conferir ao substrato maior resistência à corrosão em meios agressivos contendo cloretos.

Os resultados indicaram que a Rp não aumentou significativamente com o número de imersões no sol-gel. Os corpos de prova revestidos, tanto com TiO<sub>2</sub>, como com TiO<sub>2</sub> dopado com cromo apresentaram valores de Rp entre 3,0x10<sup>4</sup> e 5,3x10<sup>4</sup> (Ω), conforme pode ser observado na Tabela 1. Observou-se, no entanto, que, para os revestimentos que não sofreram fragmentação, houve um pequeno acréscimo com o número de imersões no sol-gel, apresentando Rps de 3,8x10<sup>4</sup>, 5,2x10<sup>4</sup> e 5,3x10<sup>4</sup> (Ω), para uma, duas e três imersões, respectivamente.

Observou-se também, de acordo com a tabela 1, uma leve tendência de aumento na Rp com inserção de cromo no revestimento, para duas e três imersões, respectivamente. Os corpos de prova revestidos com TiO<sub>2</sub> dopados com 0,5 e 3 % de cromo, submetidos a três imersões, sofreram fragmentação parcial das camadas superiores do revestimento. Esta irregularidade no filme resultou em valores de Rp levemente menores do que o observado para o revestimento de TiO<sub>2</sub> dopado com 1 % de cromo. Rps de 1,6x10<sup>4</sup> e 3,3x10<sup>4</sup> (Ω) foram observados para o TiO<sub>2</sub> dopado com 0,5 e 3 % de cromo, respectivamente, enquanto que 5,3x10<sup>4</sup> (Ω) foi observado para o revestimento com 1 % de cromo, Figura 1 e Tabela 2.

Apesar da fragmentação parcial observada em alguns revestimentos, todos os corpos de prova revestidos apresentaram Rps significativamente maiores (100 vezes) comparado ao aço inoxidável sem revestimento. Este resultado pode ser também um indicativo de que a fragmentação do revestimento seja apenas parcial, sendo as camadas inferiores fortemente aderidas ao substrato, garantindo a este uma maior resistência à corrosão.

Tabela 1 - Resistência a polarização (Ω) dos revestimentos de sol-gel contendo TiO<sub>2</sub> não dopado e dopado com 1 % de cromo, com uma, duas e três imersões

Revestimento TiO <sub>2</sub>	Rp (Ω) OCP	Revestimento TiO <sub>2</sub> com 1% Cr	Rp (Ω) OCP
Sem Revestimento	4,3 x 10 <sup>2</sup>	Sem Revestimento	4,3 x 10 <sup>2</sup>
B1	4,2 x 10 <sup>4</sup>	B1	3,8 x 10 <sup>4</sup>
B2	4,1 x 10 <sup>4</sup>	B2	5,2 x 10 <sup>4</sup>
B3	3,0 x 10 <sup>4</sup>	B3	5,3 x 10 <sup>4</sup>

Tabela 2 - Resistência a polarização (Ω) dos revestimentos de sol-gel contendo TiO<sub>2</sub> não dopado e dopado com 0,5, 1 e 3 % de cromo, submetidos a três imersões

Revestimento TiO <sub>2</sub>	Rp (Ω) OCP
Sem Revestimento	4,3 x 10 <sup>2</sup>
TiO <sub>2</sub>	3,0 x 10 <sup>4</sup>
TiO <sub>2</sub> com 0,5 % Cr	1,6 x 10 <sup>4</sup>
TiO <sub>2</sub> com 1 % Cr	5,3 x 10 <sup>4</sup>
TiO <sub>2</sub> com 3 % Cr	3,3 x 10 <sup>4</sup>

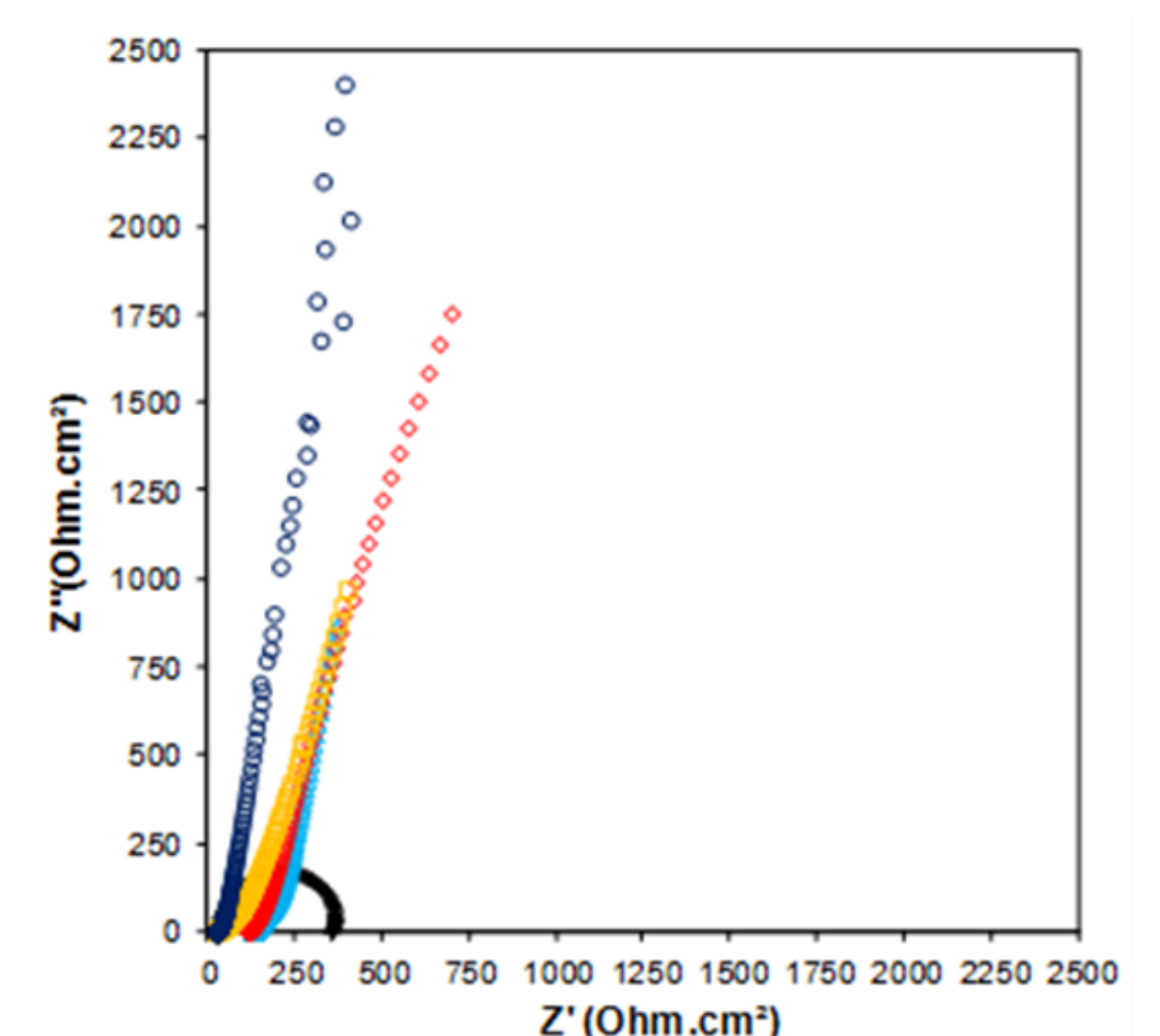


Figura 1 - Diagrama de Nyquist para os corpos de prova submetidos a três imersões, sem revestimento, em sol-gel de TiO<sub>2</sub> não dopado e TiO<sub>2</sub> dopado com 0,5, 1 e 3 % de cromo.

\* Sem Revestimento \* TiO<sub>2</sub> \* 0,5 % Cr \* 1 % Cr \* 3 % Cr

## CONCLUSÃO

O aço inoxidável AISI 316 revestido com TiO<sub>2</sub>, com ou sem a adição de cromo, resultou em espécimes significativamente mais resistentes à corrosão em meio agressivo contendo cloreto. Os revestimentos de TiO<sub>2</sub>, quando dopados com 0,5 e 3 % de cromo, apresentaram fragmentação após o tratamento térmico. Com a inserção de cromo no revestimento, observou-se um leve aumento na Rp com o número de imersões.

## REFERÊNCIAS

- HARIMKAR, S. P.; Progress in surface treatment and processing of coatings, JOM, vol. 66, Nº 6, The Minerals, Metals & Materials Society, May 2014.  
PRAŽÁK, 1985; ARNOLD, J. W., SUZUKI, O. American Society of Agricultural Engineers, vol. 46(6), p. 1595-1602, 2003.  
PRAŽÁK, M. International Conference RVHP, Varna, 1985.  
SUBASRI, R. e SHINOHARA, T. Electrochemistry Communications, v. 5, p. 897-902, 2003.  
ZATKALÍKOVÁ, V.; LIPTÁKOVÁ, T. Materials Engineering, v.18, p. 115-120, 2011.

## APOIO

