



# ANÁLISE DA CORROSÃO EM ÁGUA DO MAR NATURAL E ARTIFICIAL DE REVESTIMENTOS ASPERGIDOS TERMICAMENTE<sup>1</sup>

Letícia Pereira Lira<sup>2</sup>  
Ricardo Pereira<sup>2</sup>  
Carlos Alberto Picon<sup>3</sup>  
Luiz Carlos Casteletti<sup>4</sup>  
Germano Tremiliosi-Filho<sup>5</sup>

## Resumo

Os revestimentos são ótimas alternativas para a proteção contra corrosão em superfícies. Dentre as diversas técnicas existentes tem-se a aspersão térmica. Esta técnica consiste na deposição de material sobre uma superfície. A qualidade do revestimento obtido através desta técnica é proveniente do controle das diversas variáveis do processo. Existem diversos ensaios que podem ser utilizados para caracterizar a qualidade do revestimento quanto à corrosão, dentre eles pode-se citar a polarização potenciodinâmica. Neste trabalho busca-se avaliar a resistência à corrosão de três revestimentos – bronze de alumínio, ilmenita e nióbio – depositados por aspersão térmica sobre um substrato de aço 1020, através do ensaio polarização potenciodinâmica em água do mar natural da Praia da Joaquina em Florianópolis – SC e em água do mar artificial (solução de NaCl 3,5%). Os ensaios mostraram que o revestimento de nióbio tem melhor comportamento contra corrosão nos meios estudados.

**Palavras-chave:** Aspersão térmica; Corrosão; Água do mar.

## CORROSION ANALYSIS IN NATURAL AND ARTIFICIAL SEAWATER OF COATINGS DEPOSITED BY THERMAL SPRAY

### Abstract

There are many ways to solve the corrosion problem. One of these good solutions are the thermal spray processes. It's used to apply coatings on the surface. There are many tests that can be used to corrosion resistance coatings characterization, as potentiodynamic polarization test. The present study evaluate the corrosion resistance of three coatings (aluminum bronze, ilmenite and niobium) deposited on 1020 steel, using the potentiodynamic polarization test. Natural seawater of the Joaquina beach in Florianópolis – SC and artificial seawater (NaCl 3,5% solution) were used for the tests. The tests show that the niobium coating presents the best corrosion behavior.

**Key words:** Thermal spray, corrosion, seawater.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Mestrando, Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP, São Carlos – SP

<sup>3</sup> Doutor, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP, Ilha Solteira – SP

<sup>4</sup> Doutor, Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP, São Carlos – SP

<sup>5</sup> Doutor, Instituto de Química de São Carlos - IQSC-USP, São Carlos – SP

## 1 INTRODUÇÃO

Os materiais estão constantemente sujeitos a ataques destrutivos (corrosão) provenientes do meio em que se encontram.<sup>(1)</sup> A aplicação de revestimentos sobre a superfície dos materiais é uma das alternativas que podem ser empregadas para a proteção contra a corrosão.

A aspersão térmica é um grupo de processos nos quais materiais metálicos e não-metálicos finamente divididos são depositados em condições fundidas ou semi-fundidas sobre um substrato. É um processo especializado que tem uma larga utilização na fabricação e manutenção. Possui muitos componentes e variáveis envolvidos, que são estudados para permitir melhor seleção e operação de um processo particular.<sup>(2)</sup>

Para se manter a qualidade do revestimento é necessário o total controle das variáveis do processo, sendo necessária a realização de testes destrutivos e não-destrutivos para avaliar as condições do revestimento.<sup>(3)</sup>

A polarização potenciodinâmica consiste numa técnica que representa o efeito da reação global do processo corrosivo de um material, através do levantamento das curvas de polarização.<sup>(4)</sup>

Através deste trabalho, busca-se avaliar o comportamento quanto à corrosão através do ensaio de polarização potenciodinâmica, em água do mar natural e artificial, dos revestimentos de nióbio, ilmenita e bronze de alumínio, depositados por aspersão térmica sobre um substrato de aço 1020.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram obtidas por aspersão térmica, através da técnica da combustão por chama convencional. Foram aspergidos três materiais – bronze de alumínio, ilmenita, nióbio – sobre substrato de aço 1020. A Tabela 1 mostra a composição química dos revestimentos estudados.

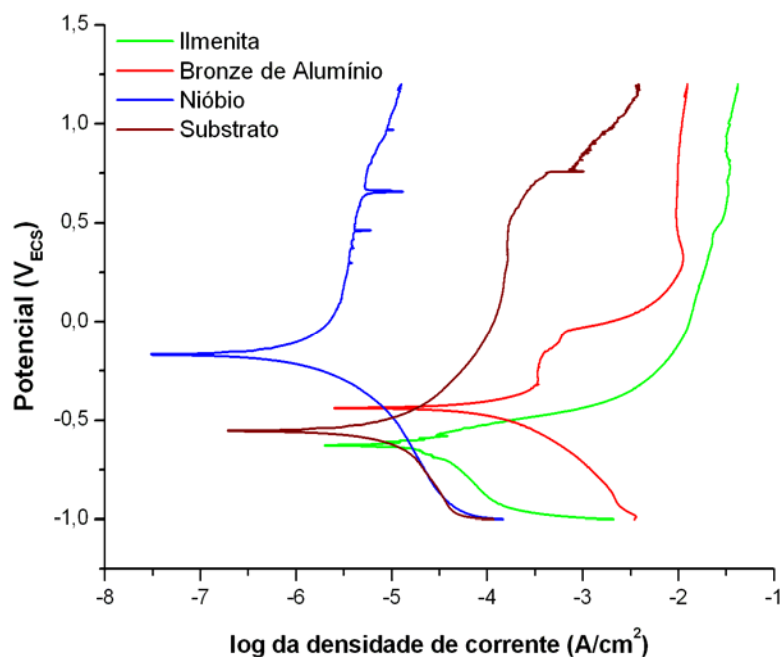
**Tabela 1.** Composição química semi-quantitativa dos revestimentos (via EDS)

	Al	Cu	Nb	O	Ti	Si	Fe
<b>Bronze de Alumínio (%)</b>	4,52	95,48	-	-	-	-	-
<b>Ilmenita (%)</b>	0,55	-	-	-	1,97	16,90	80,58
<b>Nióbio (%)</b>	-	-	71,69	28,31	-	-	-

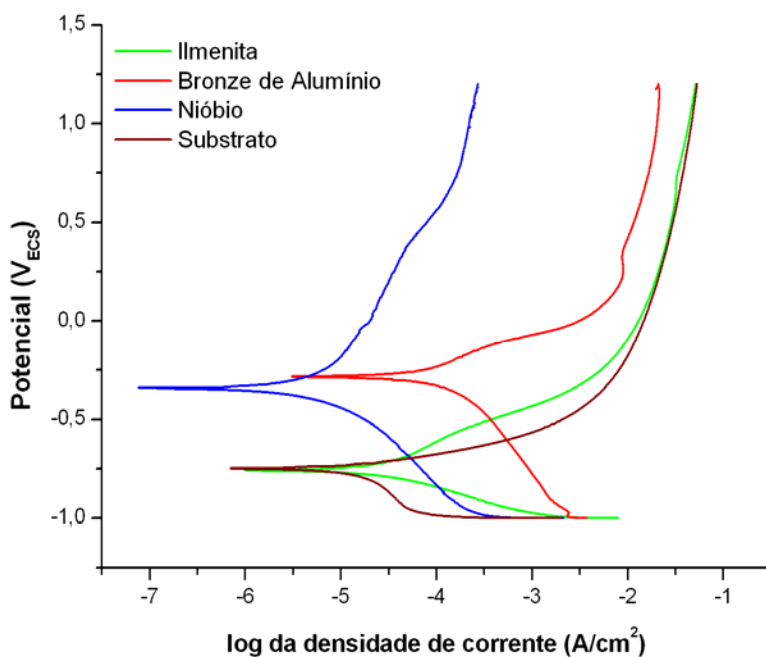
O preparo das amostras para o ensaio de polarização potenciodinâmica se deu através do corte e limpeza com álcool em ultrassom. O ensaio foi realizado num potenciostato modelo Autolab-VGSTAT - 302, de acordo com a norma ASTM G5-94,<sup>(5)</sup> onde utilizou-se uma célula eletroquímica composta por um eletrodo de referência de calomelano saturado e um eletrodo auxiliar de platina. Os eletrólitos utilizados foram a água do mar natural (pH = 8,18; T = 27°C) da Praia da Joaquina, localizada em Florianópolis - SC, e a solução de NaCl 3,5% (pH = 7;00 T = 25 °C) – água do mar artificial. As curvas foram obtidas com velocidade de varredura de 1mV/s. Após o ensaio, mediu-se o pH dos eletrólitos.

## 3 RESULTADOS

As curvas de polarização obtidas durante os ensaios com água do mar natural e artificial encontram-se nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Curvas de polarização obtidas num eletrólito de NaCl 3,5%.



**Figura 2.** Curvas de polarização obtidas em água do mar natural da Praia de Joaquina – SC.

Os parâmetros eletroquímicos dos revestimentos aspergidos termicamente, indicando os potenciais e as densidades de corrente de corrosão obtidos através das curvas de polarização potenciodinâmicas, bem como o pH do eletrólito após a realização dos ensaios, com suas temperaturas, podem ser vistos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Correntes e potenciais de corrosão dos revestimentos e pH dos eletrólitos após levantamento das curvas de polarização potenciodinâmicas

Eletrólitos	Parâmetros	Revestimentos			Substrato
		Bronze de alumínio	Ilmenita	Nióbio	
Água do mar artificial (NaCl 3,5%)	Potencial de corrosão (mV)	-438	-628	-167	-551
	Corrente de corrosão ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	2,50	2,01	0,03	0,19
	pH	10,9	11,12	7,09	9,57
	T	25,4°C	26,3°C	25,3°C	26°C
Água do mar natural (Praia da Joaquina – Florianópolis - SC)	Potencial de corrosão (mV)	-283	-756	-341	-747
	Corrente de corrosão ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	3,08	1,02	0,08	0,70
	pH	7,86	7,42	7,27	6,92
	T	28°C	29 °C	27°C	28 °C

#### 4 DISCUSSÃO

Pode ser observado na Tabela 2, que para os revestimentos Ilmenita e substrato a água do mar natural é menos agressiva do que a artificial, pois contém outros íons além do cloreto e do sódio, promovendo maior passivação do Ferro, que é o componente em maior quantidade nesses revestimentos. Para o nióbio e bronze de alumínio, alguns dos ânions dos componentes somam-se à agressividade do íon cloreto.

Em relação à taxa de corrosão, utilizando as características de cada material,<sup>(6)</sup> o substrato e a ilmenita estão dentro da faixa de 0,1 mm/ano nos dois meios. Para o revestimento de bronze de alumínio, ocorre aumento para até 0,9 mm/ano. Já o nióbio encontra-se na faixa de  $10^{-3}$  mm/ano em água do mar artificial, e em água do mar natural na faixa de  $10^{-2}$  mm/ano. Desse modo, o revestimento com nióbio é o mais indicado nos meios ensaiados, por possuir menor taxa de corrosão.

O Processo de aspersão térmica produz revestimentos de boa qualidade e proteção contra a corrosão e existe ainda a possibilidade de melhorar a superfície aspergida, quando o material bruto de aspersão, empregado nessa pesquisa, for tratado de modo que ocorram algumas alterações em relação às propriedades tais como: granulometria das partículas, tratamento térmico para diminuição da porosidade, camadas mais espessas, recursos que não alteram muito o custo da deposição.

#### 5 CONCLUSÃO

A deposição por aspersão térmica é uma maneira bastante promissora de produção de materiais resistentes à corrosão.

O revestimento à base de nióbio possui excelente comportamento em água do mar natural e artificial, com a menor taxa de corrosão, se comparado aos outros revestimentos.



## Agradecimentos

Ao CNPq, CAPES FAPESP e FUNDUNESP.

À empresa Ogramac Metalização Ltda. – Santo Antonio de Posse - SP.

Ao CAQI, GMEME – IQSC-USP e LAQ-EESC-USP.

## REFERÊNCIAS

- 1 ROBERGE, P. R. **Handbook of corrosion engineering**. New York: McGraw-Hill, 2000.
- 2 AWS. **Thermal spraying**: practice, theory and applications. Miami: 1985.
- 3 LIMA, C.C.; TREVISAN, R. **Aspersão térmica**: fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Arteliber, 2007.
- 4 WOLYNEC, S. **Técnicas eletroquímicas em corrosão**. São Paulo: EDUSP, 2003.
- 5 ASTM INTERNATIONAL. **ASTM G5-94**: standard reference test method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization measurements. West Conshohocken: 2002.
- 6 BABOIAN, R. et al. **Corrosion Engineer's Reference Book**. NACE Houston, Texas: 2002.