

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

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

## PROTEÇÃO CATÓDICA GALVÂNICA – APLICAÇÕES – FACILIDADES E DIFICULDADES

Laerce de Paula Nunes <sup>a</sup>, Leo Santana Gomes de Matos <sup>b</sup>, Anderson Teixeira Kriescher <sup>c</sup>,  
Guilherme Vogel Satyro <sup>d</sup>

### Abstract

As is known the combat and control corrosion by cathodic protection technique is applied extensively throughout the world, either by galvanic or by impressed current systems.

The use of galvanic cathodic protection is up historically as the first use of cathodic protection technique in corrosion prevention, were further developed applications by the impressed current system, which is now very important, especially for onshore pipelines.

Notwithstanding the simplicity of galvanic systems, where they may be applied in some cases this use has become extremely easy and simple. There are situations, however, that due to the presence of galvanic couples, low efficiency of coatings and complex structures, the difficulty in polarizing the structure is substantially higher.

We present two illustrative examples of the two situations mentioned above: a structure where it was extremely easy to protect and another one where several actions were necessary to achieve the appropriate level of polarization.

**Keywords:** cathodic protection, galvanic cathodic protection.

### Resumo

Como se sabe a técnica de combate e controle de corrosão por proteção catódica é exaustivamente empregada em todo o mundo, tanto por sistemas galvânicos quanto por corrente impressa.

O uso de proteção catódica galvânica constitui-se historicamente como a primeira utilização da técnica de proteção catódica no combate à corrosão, posteriormente foram desenvolvidas aplicações pelo sistema de corrente impressa que é hoje muito importante, especialmente para dutos terrestres.

Não obstante a simplicidade dos sistemas galvânicos, onde eles possam ser aplicados, em alguns casos esta utilização apresenta-se extremamente fácil e simples. Há situações, entretanto, em que devido a presença de pares galvânicos, revestimentos de baixa eficiência e estruturas complexas a dificuldade em polarizar a estrutura é substancialmente maior.

Neste trabalho apresentamos dois exemplos ilustrativos das duas situações mencionadas acima: uma estrutura onde foi extremamente fácil proteger e outra onde foram necessárias várias ações para se atingir o nível adequado de polarização.

**Palavras-chave:** corrosão, proteção catódica galvânica.

<sup>a</sup> Engenheiro Metalurgista – Gerente de Projetos - IEC, <sup>b</sup> Engenheiro Eletricista – Gerente de Projetos – IEC,

<sup>c</sup> Engenheiro Metalurgista – Gerente de Projetos – IEC, <sup>d</sup> Engenheiro Eletricista – Engenheiro de Projetos - IEC

## **Introdução**

---

A técnica de proteção catódica de estruturas enterradas ou submersas é uma prática de proteção anticorrosiva consagrada em todo o mundo.

Esta técnica de proteção pode ser empregada por sistemas de corrente galvânica ou sistemas por corrente impressa, sendo a resistividade elétrica do meio e o porte da estrutura fatores fundamentais na decisão de qual o tipo de proteção utilizar.

Por outro lado alguns aspectos como, por exemplo, aterramentos elétricos, presença de correntes de interferências, podem dificultar em muito a obtenção dos níveis adequados de proteção das estruturas.

Neste trabalho discutem-se as aplicações, facilidades e dificuldades em proteger estruturas com sistemas galvânicos e apresentam-se dois exemplos ilustrativos, uma estrutura onde foi extremamente fácil proteger e outra onde foram necessárias várias ações complementares para se atingir o nível adequado de polarização das estruturas.

## **Parâmetros do meio e da estrutura**

---

Os principais parâmetros a serem considerados na definição de sistema de proteção catódica galvânica são: relativos ao meio corrosivo - resistividade elétrica e pH e relativos ao projeto da estrutura - área a ser protegida e eficiência de revestimento

O parâmetro resistividade elétrica do meio, geralmente, o mais considerado, delimita o uso de sistemas galvânicos para eletrólitos de até 3.000 Ohm.cm. De fato proteger estruturas utilizando-se sistemas galvânicos em água do mar é muito mais fácil, no entanto esta facilidade vai se perdendo à medida que nos aproximamos dos 3.000 Ohm.cm.

O parâmetro pH, normalmente condiciona o uso de proteção catódica na faixa de 4,5 a 9,5. Para valores inferiores e superiores, certamente o uso de proteção anódica poderá ser mais viável.

A área à proteger é um fator eminentemente econômico, visto que a proteção de grandes estruturas, demandam significativas quantidades de corrente.

Quanto a eficiência do revestimento, como este parâmetro influencia decididamente na corrente mínima necessária à proteção das estruturas. Quanto mais eficiente for o revestimento, menos corrente se necessita para proteção e, portanto, mais econômico será o sistema de proteção catódica.

## **Facilidades e Dificuldades na Proteção - Vantagens**

---

Os sistemas galvânicos se aplicam com muita facilidade, entre outras, nas seguintes estruturas:

- Instaladas em água do mar, em águas ou solos de resistividade elétrica inferior a 500 ohm.cm;
- Bem revestidas, ou seja, com revestimentos de alta eficiência;
- Bem isoladas de qualquer outra estrutura;
- Sem interferências de aterramentos elétricos ou de correntes de interferência.

Torna-se mais difícil proteger, isto é, conseguir o potencial adequado de polarização, quando se tem:

- Um meio com resistividade mais alta, sendo que a partir de 3.000 Ohm.cm, torna-se muito difícil e a partir de 6.000 Ohm.cm mostra-se inviável a proteção por corrente galvânica;
- Estruturas nuas (sem revestimento) ou com revestimento de baixa eficiência;
- Estruturas conectadas a sistemas de aterramentos elétricos;
- Presença de fortes correntes de interferência.

Algumas vantagens dos sistemas galvânicos são muito importantes e bastante conhecidas, dentre elas:

- Não exigir suprimento externo de energia;
- Não oferecer risco de superproteção, ou seja, não gera problemas com empolamento de revestimentos e fragilização por hidrogênio;
- Requerer menores cuidados de inspeção e manutenção

## **Exemplos de Estruturas**

---

### **Exemplo de uma estrutura muito fácil de proteger com sistema galvânico: clarificador de água salgada**

#### **Condições do meio:**

Água salgada praticamente em repouso, com resistividade elétrica de 22 Ohm.cm.

#### **Equipamento: Clarificador de Água Salgada**

Estrutura externa dos tanques em concreto e componentes internos em aço, a serem protegidos. Os componentes são bem revestidos e constituem-se basicamente de:

- Raspadores e braços dos raspadores;
- Cilindro de contenção;
- Cilindro de floculação
- Coletores radiais;
- Calhas periféricas.

As fotos das figuras 01 e 02 mostram uma vista geral e uma vista interna dos clarificadores



Fig. 01 – Vista Geral



Fig. 02 – Vista Interna

### **Premissas adotadas no projeto:**

Para o projeto foram consideradas as seguintes premissas:

- Densidade de corrente de proteção de polarização (inicial): 120 mA/m<sup>2</sup>;
- Densidade de corrente de proteção (média): 100 mA/m<sup>2</sup>;
- Densidade de corrente de proteção (final): 55 mA/m<sup>2</sup>;
- Eficiência inicial adotada para o revestimento: 95%;
- Eficiência média adotada para o revestimento: 90%;
- Eficiência final adotada para o revestimento: 85%;
- Vida útil do sistema: 10 anos;
- Anodos utilizados: anodos galvânicos em liga de alumínio dos tipos AES/1,4, AES/2,4 e AQS/10 da NBR 10.387, de acordo com a região a proteger;
- Capacidade de corrente considerada no dimensionamento de 2.200 AH/Kg e fator de utilização de 0.90;

**Resultados:**

Os potenciais em relação ao eletrodo de Ag/AgCl situaram-se entre -1,01 e - 1,04 V, conforme Tabela 01.

**Tabela 01 – Potenciais Eletroquímicos após a Polarização**

Local de Medição	Potencial (V)
Calha Periférica (interno)	-1,02
Calha Periférica (externo)	-1,02
Coletores Radiais	-1,04
Cilindro de Contenção	-1,03
Raspadores e Braços dos Raspadores	-1,01
Cilindro de Floclulação	-1,02

**Análise dos Resultados**

Estrutura facilmente protegida e com potenciais adequados.

**Exemplo de uma estrutura muito difícil de proteger com sistema galvânico: tubulações de um sistema de combate à incêndio****Condições do meio:**

Solo com resistividade elétrica entre 1.000 e 4.500 Ohm.cm, sendo a média de 3.500 Ohm.cm até 3m e a média de 1.500 Ohm.cm abaixo de 3m, com forte influência de aterramentos elétricos.

As tubulações enterradas são localizadas dentro do conjunto, com os diâmetros e extensões aproximadas:

- Trecho 01 – Com cerca de 356 m com 75 mm de diâmetro e 226 m com 65 mm de diâmetro;
- Trecho 02 - Com cerca de 952 m com 75 mm de diâmetro.

Estas tubulações são revestidas com fitas plásticas (baixa eficiência).

Cada trecho é atendido por uma casa de bombas. A água fica pressurizada nas tubulações.

As fotos das figuras 03 e 04 mostram vistas gerais das regiões de encaminhamento das tubulações.



Fig. 03 – Vista Geral Interna da Área Atendida pelo Trecho 01



Fig. 04 – Vista dos Canteiros onde Situa-se as Tubulações do Trecho 02

#### **Premissas adotadas no projeto:**

Para o projeto foram consideradas as seguintes premissas:

- Resistividade média do solo 3.500 Ohm.cm até 3m e 1.500 Ohm.cm abaixo de 3m.
- Eficiência do revestimento das tubulações: 75 %;
- Densidade de corrente utilizada calculada em função da resistividade média do solo até 3m de profundidade;
- Vida útil do sistema: 10 anos
- Material dos ânodos: Anodos de liga de Magnésio;
- Tipo dos anodos: MCE-5,5 padrão IEC, com quatro metros de cabo bitola 6 mm<sup>2</sup> fornecido ensacado em gesso, bentonita e sulfato de sódio, com resistividade de 50 Ohm.cm.
- Capacidade de corrente considerada no dimensionamento de 1.100 A.hora/kg e fator de utilização de 0.90;
- Local de instalação: Instalados abaixo de 3,0 m para situarem-se em solo de resistividade mais baixa.
- Foram previstos dois sistemas: um referente ao trecho 01 - sistema 01 e outro referente ao trecho 02 – sistema 02.

**Resultados:****Potenciais Naturais (antes da interligação do sistema de proteção catódica):**

Antes de conectar o sistema de proteção catódica foram medidos os potenciais naturais das tubulações em relação ao eletrodo de Cu/CuSO<sub>4</sub>, cujos valores são mostrados nas Tabelas 02 e 03. Como se observa os potenciais medidos indicam que há forte influência de aterramentos.

**Tabela 02 – Potenciais Eletroquímicos Naturais – Sistema do Trecho 1 – Valores Tomados como Exemplo**

<b>Local de Medição</b>	<b>Potencial (V)</b>
Caixa de Medição A51	- 0,19
Caixa de Medição A55	- 0,20
Caixa de Medição A73	- 0,19
Hidrante (Bloco 01)	- 0,13
Hidrante (Bloco 02)	- 0,16
Hidrante (Bloco 03)	- 0,11
Hidrante (Bloco 04)	- 0,14

**Tabela 03 – Potenciais Eletroquímicos Naturais – Sistema do Trecho 2 – Valores Tomados como Exemplo**

<b>Local de Medição</b>	<b>Potencial (V)</b>
Caixa de Medição A04	- 0,15
Caixa de Medição A14	-0,15
Caixa de Medição A38	- 0,19
Hidrante (Bloco 05)	- 0,13
Hidrante (Bloco 08)	- 0,18
Hidrante (Bloco 10)	- 0,12
Hidrante (Bloco 12)	- 0,12

### Potenciais após a ligação dos sistemas de proteção por corrente galvânica

Após a conexão dos sistemas de proteção catódica com as estruturas foram obtidos os potenciais em relação ao eletrodo de Cu/CuSO<sub>4</sub>, mostrados nas Tabelas 04 e 05. Como se observa os potenciais medidos indicam que há forte influência de aterramentos e mesmo com sensível melhoria dos o nível de polarização das estruturas ainda é insuficiente, ou seja, ainda não há proteção das estruturas.

**Tabela 04 – Potenciais Eletroquímicos após a Conexão do Sistema de Proteção Catódica – Sistema do Trecho 1 – Valores Tomados como Exemplo**

Local de Medição	Potencial (V)
Caixa de Medição A51	- 059
Caixa de Medição A55	- 0,56
Caixa de Medição A73	- 0,53
Hidrante (Bloco 01)	- 0,53
Hidrante (Bloco 02)	- 0,47
Hidrante (Bloco 03)	- 0,57
Hidrante (Bloco 04)	- 0,55

**Tabela 05 – Potenciais Eletroquímicos após a Conexão do Sistema de Proteção Catódica – Sistema do Trecho 2 – Valores Tomados como Exemplo**

Local de Medição	Potencial (V)
Caixa de Medição A04	- 0,65
Caixa de Medição A14	- 0,66
Caixa de Medição A38	- 0,58
Hidrante (Bloco 05)	- 0,45
Hidrante (Bloco 08)	- 0,56
Hidrante (Bloco 10)	- 0,54
Hidrante (Bloco 12)	- 0,49

**Potenciais após a mitigação de todas as interferências, através do isolamento de todos os aterramentos elétricos e interligação elétrica entre ambos os sistemas.**

Iniciou-se uma pesquisa de possíveis locais de conexão elétrica entre as estruturas com aterramentos elétricos existentes e após exaustivo trabalho de análise, foram instaladas juntas de isolamento elétrico e a interligação entre os dois sistemas. Desta forma foram obtidos os potenciais mostrados nas Tabelas 06 e 07. Como se observa, os potenciais medidos indicam que após a aplicação das medidas mitigadoras atingiu-se adequado nível de proteção das estruturas.

**Tabela 06 – Potenciais Eletroquímicos após Isolar os Aterramentos – Sistema do Trecho 1 – Valores Tomados como Exemplo**

<b>Local de Medição</b>	<b>Potencial (V)</b>
Caixa de Medição A51	-1,20
Caixa de Medição A55	-1,20
Caixa de Medição A73	-1,20
Hidrante (Bloco 01)	-1,18
Hidrante (Bloco 02)	-1,19
Hidrante (Bloco 03)	-1,20
Hidrante (Bloco 04)	-1,20

**Tabela 07 – Potenciais Eletroquímicos após Isolar os Aterramentos – Sistema do Trecho 2 - Valores Tomados como Exemplo**

<b>Local de Medição</b>	<b>Potencial (V)</b>
Caixa de Medição A04	-1,20
Caixa de Medição A14	-1,19
Caixa de Medição A38	-1,20
Hidrante (Bloco 05)	-1,20
Hidrante (Bloco 08)	-1,19
Hidrante (Bloco 10)	-1,15
Hidrante (Bloco 12)	-1,20

## Conclusões

---

Com base no exposto pode-se concluir:

- Os sistemas galvânicos são extremamente interessantes e economicamente viáveis para proteção catódica de estruturas enterradas ou submersas, especialmente para estruturas pequenas, com bom revestimento, em meios com resistividade elétrica baixa e sem interferências e nestes casos, torna-se extremamente simples proteger catodicamente;
- Quando, no entanto, estes fatores não estão presentes, poderão surgir dificuldades, que tornarão mais difícil conseguir o nível adequado de proteção.
- Os exemplos ilustrativos mostraram isto, no primeiro caso foi muito simples conseguir a proteção da estrutura.
- Já no segundo caso, apesar das dificuldades encontradas na polarização das estruturas e obtenção dos potenciais de proteção adequados, devido à grande interferência de aterramento elétrico existente, principalmente nos trechos de entrada dos edifícios do complexo. Foi possível contornar estas interferências com a instalação de juntas de isolamento elétrico em pontos estratégicos e a realização de interligações elétricas entre as tubulações da rede de incêndio do sistema 01 e do sistema 02 para equilibrar o potencial de proteção entre as duas redes.
- 
- Após todas as medidas para mitigar os efeitos dos aterramentos elétricos e otimizar a eficiência do Sistema de Proteção Catódica instalado, podemos afirmar que as tubulações metálicas das redes de incêndio ficaram 100% dentro do critério de Proteção Catódica, portanto encontram-se atualmente protegidas contra processos corrosivos.
- Vale lembrar que não são todos os casos onde é possível identificar com facilidade os pontos de aterramentos elétricos e interferências às estruturas a serem protegidas. Nestas situações, a aplicação das medidas mitigadoras poderá não ser possível ou simplesmente não surtir o efeito necessário, dificultando ainda mais a utilização de um sistema galvânico para proteção destas estruturas.

### **Referências bibliográficas**

---

Baeckmann, W. V.; Schwenk, W.; Prinz, W. – Handbook of Cathodic Corrosion Protection – Gulf Publishing Company – Houston, Texas.

Nunes, Laerce P. – Fundamentos de Resistência à Corrosão – Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2007.

Dutra, Aldo C.; Nunes, Laerce, P. – Proteção Catódica- Técnica de Combate à Corrosão Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2006.

Nunes L. P. e Kreischer A. T. “Dimensionamento de Sistemas de Proteção Catódica – Considerações Sobre o Fator Galvânico”, COTEQ, Porto de Galinhas/PE, 2011.