

## **Sistema de Proteção Catódica - SPC**

Revisão de nº 02

### **1. OBJETIVO**

1.1 Estabelecer requisitos e procedimentos técnicos para implantação dos serviços de Sistema de Proteção Catódica – SPC, por corrente impressa ou ânodos galvânicos, para o controle da corrosão eletroquímica em dutos terrestres e subterrâneos e tanques metálicos, nos sistemas das obras de abastecimento d'água e esgotamento sanitário da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

### **2. CAMPO DE APLICAÇÃO**

2.1 Aplica-se a todas as unidades que atuam em obras e serviços de engenharia da DEN.

### **3. CONCEITOS**

3.1. Ânodo galvânico: eletrodo que fornece corrente para a proteção catódica (PC) por meio de acoplamento galvânico.

3.2. Ânodo inerte: eletrodo altamente resistente à corrosão, utilizado nos sistemas de proteção por corrente impressa para dispersão de corrente no eletrólito.

3.3. Caixa: gabinete metálico destinado a acondicionar o retificador ou drenagens e seus acessórios, podendo ser do tipo aéreo ou apoiado em solo.

3.4. Canister: cilindro metálico utilizado para acomodação do ânodo, do enchimento e do cabo de cobre, visando facilitar a instalação em campo.

3.5. Corrosão eletroquímica (corrosão metálica): processo natural em que o metal é deteriorado por meio de reações de oxirredução entre ele e agentes naturais. Portanto, há uma tendência espontânea do metal produzido reverter ao seu estado original na forma de óxidos, resultando na deterioração de suas propriedades físico-químicas.

3.6. Diodo: semiconductor bipolar, que tem uma baixa resistência à passagem de corrente elétrica em um sentido e uma alta resistência no sentido oposto.

3.7. Dreno de corrente (DR): equipamento componente do SPC, composto de um circuito elétrico, que tem por finalidade impedir a descarga de correntes de fuga das tubulações diretamente para o solo. Ele proporciona a estes fluxos um caminho preferencial, através da conexão de um diodo, convenientemente direcionado, do tubo para os trilhos das vias permanentes dos sistemas ferroviários.

3.8. Eletrodo de referência: eletrodo utilizado nas medidas de potencial entre o equipamento ou estrutura a ser protegida e o eletrólito.

3.9. Eletrólito: substância química contendo íons que migram em um campo elétrico. No caso desta Norma, o eletrólito se refere ao solo ou ao líquido adjacente ou em contato com o equipamento ou estrutura a ser protegida.

3.10. Enchimento (coque): material utilizado no preenchimento do canister do ânodo inerte.

3.11. Estruturas metálicas: compostas por tubulações metálicas, reservatórios metálicos, e tanques metálicos destinados ao tratamento de água ou esgoto.

- 3.12. Horímetro: equipamento de monitoramento, responsável pela medida que indica a quantidade total de horas que uma máquina trabalhou ou que um veículo rodou, aponta quanto já operaram.
- 3.13. Interferência de corrente (ou corrente de interferência): são correntes elétricas externas ao sistema e dispersas no eletrólito, que entram em determinadas regiões da estrutura metálica e, no local onde deixam tal estrutura, provocam a corrosão eletroquímica.
- 3.14. Interferência eletromagnética: são ruídos que interferem na transmissão de informação, ou no funcionamento de um circuito, e podem gerar correntes de interferência por indução.
- 3.15. Interferência física (ou interferência entre corpos): são corpos que estão a disputar o mesmo espaço e tempo, provocando a impossibilidade técnica de execução da obra nestes planos geométricos.
- 3.16. Leito de ânodos (LA): sistema de anodos galvânicos ou de corrente impressa, enterrados ou imersos.
- 3.17. Ponto de medição: local onde ocorre a medição de potencial propriamente dita.
- 3.18. Ponto de teste (PT): ponto onde medições de potencial equipamento/eletrólito, monitoramento e testes são realizados.
- 3.19. Potencial de corrosão: potencial misto de uma superfície metálica corroendo em referência a um eletrodo em contato com o eletrólito.
- 3.20. Potencial misto: potencial resultante da somatória das reações eletroquímicas que ocorrem simultaneamente na superfície do metal.
- 3.21. Potencial natural: valor que é obtido na medição do potencial entre uma estrutura e um eletrólito, com auxílio de um eletrodo de referência, na ausência de correntes de interferência.
- 3.22. Proteção catódica por ânodos galvânicos (ou de sacrifício): processo de controle da corrosão baseado no uso de ânodos de sacrifício. A quantidade de corrente fornecida por estes ânodos é limitada pela resistividade do eletrólito e pelo potencial existente entre a estrutura a ser protegida e o ânodo.
- 3.23. Proteção catódica por corrente impressa: processo de controle da corrosão que utiliza a introdução de corrente contínua por meio de uma ou mais fontes externas, empregando-se ânodos inertes.
- 3.24. Resistividade do eletrólito: medida de quanto o meio resiste ao fluxo de eletricidade (corrente elétrica). É um fator crítico na concepção do SPC que dependem da passagem de corrente elétrica através desse meio.
- 3.25. Retificador de proteção catódica (RE): equipamento alimentado em corrente alternada composto por transformador e diodos retificadores com saída em corrente contínua para o leito de ânodos.
- 3.26. Sistema de proteção catódica (SPC): todos os componentes ativos e passivos associados ao fornecimento de proteção anticorrosiva externa ativa e sua monitoração.
- 3.27. Sistema de telemetria: compõe-se de dispositivos de aquisição de dados integrados aos retificadores e drenagens, que permitem monitorar remotamente as condições desses equipamentos.
- 3.28. Taxa de corrosão: quantidade de material consumido num determinado período de tempo. Pode ser expressa na forma de perda de massa ou perda de espessura por unidade de tempo (gramas/ano ou micrometros/ano, por exemplo).

## **4. CARACTERÍSTICAS**

- 4.1. O SPC deve ser implantado segundo os preceitos da ABNT NBR ISO 15589-1 e/ou 15589-2, podendo ter a norma NACE SP0 169 como referência. Complementarmente pode-se adotar a ABNT NBR 5410, 11105, 16896 e 17061.
- 4.2. O controle da corrosão por PC deve-se dar durante toda a vida útil das estruturas e equipamentos metálicos, exceto quando estudos comprovarem a não necessidade.
- 4.3. Deve ser adotado sistema de proteção por corrente impressa, preferencialmente, ou por ânodos galvânicos (ou de sacrifício), nas condições previstas na ABNT NBR ISO 15589-1.
- 4.3.1. Na proteção por corrente impressa, os ânodos são conectados (individualmente ou em grupo) a uma fonte de corrente contínua (normalmente um retificador de corrente) e a estrutura a ser protegida é conectada ao polo negativo do retificador;

Nota 1: são feitos, em geral, com: grafite, ferrosilício com cromo, magnetita, titânio revestido com óxidos de metais nobres, polímeros condutores ou aço.

4.3.2. Na proteção por ânodos de sacrifício, os ânodos são conectados à estrutura a ser protegida (individualmente ou em grupo). São confeccionados, de maneira geral, em ligas de magnésio, zinco ou alumínio;

4.3.3. Os ânodos devem ser fornecidos, com certificado de qualidade, segundo requisitos da ABNT NBR 6315, 9240, 9241, 9358, 10387, 16294 e 16460.

4.4. A instalação do SPC deve ser realizada por pessoal que possua nível de competência adequado ao serviço a ser realizado, sob a supervisão de técnico treinado, qualificado e com experiência em instalação de SPC.

Nota 2: os critérios de qualificação e certificação devem seguir as determinações da ABNT NBR 15653.

Nota 3: a supervisão deve ser realizada por profissional da Cagece, ou por ela designado, que deve ser informado com antecedência mínima de quinze dias.

4.5. Alterações na instalação SPC só serão admitidas se aprovadas pela fiscalização da Cagece.

Nota 4: documentar no *As Built* toda alteração.

## 5. PROCEDIMENTO

5.1. Sistema de proteção por ânodos galvânicos (ou de sacrifício)

5.1.1. Inspeção, armazenamento e manuseio

5.1.1.1. O material e dimensões do ânodo, o comprimento do cabo conector e a integridade da selagem dos ânodos de sacrifício devem ser inspecionados de acordo com os requisitos exigidos nas especificações técnicas e na norma ABNT NBR 16265;

5.1.1.2. Outros tipos de ânodos galvânicos, como os do tipo bracelete ou fita, devem ser inspecionados quanto as suas dimensões, como especificado no projeto, garantindo que nenhum dano ocorrido durante o manuseio afete seu funcionamento;

5.1.1.3. Deve-se, a todo momento, evitar fraturas ou danos aos ânodos. Caso ocorra, devem ser substituídos;

a) Os ânodos galvânicos para instalação no solo devem ser adquiridos ensacados com sacos de anagem, com mistura condutora com resistividade elétrica inferior a 50 ohm.cm (cinquenta ohm centímetros).

5.1.1.4. Ânodos empacotados devem ser inspecionados e armazenados em local seco;

Nota 5: devem estar em perfeito estado o envelope que abriga o coque e o ânodo.

Nota 6: se os pacotes de ânodos forem fornecidos em embalagens à prova d'água, estas devem ser removidas antes da instalação dos ânodos.

5.1.1.5. Os cabos devem estar seguramente conectados aos ânodos. Esses cabos devem ser inspecionados para se verificar seu perfeito estado.

Nota 7: em nenhuma hipótese, os ânodos devem ser suspensos pelos cabos, nem mesmo no manuseio.

5.1.2. Instalação

5.1.2.1. Os ânodos devem ser instalados segundo as especificações do projeto executivo;

5.1.2.2. Deve-se ter atenção durante a instalação dos cabos e conexões para não os danificar, observando que o cabo deve ter folga suficiente para que não fique tensionado;

5.1.2.3. A conexão entre os cabos de ânodos galvânicos e o duto deve ser acessível, por meio de caixa de passagem/visita, para permitir medições de potencial e corrente;

5.1.2.4. Os ânodos empacotados devem ser envolvidos por material adequado;

5.1.2.5. Durante o preenchimento do coque, deve-se tomar cuidado para evitar avarias aos ânodos ou ao cabo;

5.1.2.6. O material do coque deve envolver completamente o ânodo;

Nota 8: deve estar de acordo com as especificações do projeto.

Nota 9: deve estar livre de pedras e outros materiais estranhos (que possam danificar o isolamento) o material do coque em volta dos ânodos e ser colocado de modo a não deixar vazios.

5.1.2.7. Nos locais onde forem utilizados ânodos do tipo abraçadeira (em geral, tubos), os revestimentos existentes devem estar livres de falhas;

Nota 10: deve-se atentar para que na instalação desse tipo de ânodo não ocorra dano ao revestimento.

5.1.2.8. Devem ser colocados paralelos à seção a ser protegida onde forem usados ânodos do tipo fita;

5.1.2.9. Sempre que possível, a interligação dos anodos galvânicos às estruturas metálicas deve ser feita através de caixas de interligação, para permitir que os mesmos sejam desconectados visando à realização de serviços de inspeção.

5.2. Sistema de proteção por corrente impressa

5.2.1. Inspeção, armazenamento e manuseio.

5.2.1.1. Deve ser inspecionado o retificador ou outra fonte de energia a ser utilizada para garantir que as conexões estejam mecanicamente seguras e que a unidade esteja livre de danos;

Nota 11: a corrente aplicada deve estar de acordo com as especificações de projeto.

5.2.1.2. O material e dimensões do ânodo, o comprimento do cabo conector e a integridade da selagem dos ânodos para corrente impressa devem ser inspecionados de acordo com os requisitos exigidos nas especificações técnicas e na norma ABNT NBR 16265;

5.2.1.3. Deve-se, a todo momento, evitar fraturas ou danos aos ânodos. Caso ocorra, devem ser substituídos;

5.2.1.4. Todos os cabos devem ser cuidadosamente inspecionados de forma a verificar a continuidade elétrica, detectar rompimentos e defeitos no isolamento.

Nota 12: o cabo deve ser substituído quando detectado defeito ou danos no seu isolamento.

5.2.2. Instalação

5.2.2.1. O retificador ou outra fonte de energia deve ser instalado de forma a permitir o acesso seguro ao equipamento e a minimizar a possibilidade de dano ou vandalismo;

Nota 13: os retificadores devem ser utilizados para os casos de maior demanda de corrente e poderão ser alimentados em 220 (monofásico) ou 380 (trifásico) V CA, com saída de 100 V CC e corrente de 50 A CC.

Nota 14: a quantidade de retificadores de um sistema deve ser calculada de tal forma, que cada um fique com, no máximo, 50% de sua capacidade de corrente comprometida em projeto, para permitir ajustes durante a instalação e a operação do sistema, assim como ajustes devido ao desgaste dos ânodos com o tempo.

5.2.2.2. Os cabos e o padrão de alimentação do retificador devem estar de acordo com as normas técnicas da Enel (Entidade Nacional de Eletricidade) Distribuição Ceará e em conformidade com o projeto elétrico do padrão de entrada;

5.2.2.3. Deve-se instalar um dispositivo liga/desliga externo ao retificador, na entrada da corrente alternada;

5.2.2.4. A caixa do retificador deve ser adequadamente aterrada;

5.2.2.5. Sempre que possível, instalar os equipamentos em unidades existentes da Cagece. Se não, realizar instalação aérea em poste de ferro galvanizado a fogo;

Nota 15: outras opções de instalação, deverão ser apresentadas para aprovação da Cagece, sempre visando a segurança antivandalismo do sistema;

5.2.2.6. Ânodos de corrente impressa devem ser enterrados verticalmente (em leitos profundos) ou horizontalmente, como indicado nas especificações de projeto, priorizando os leitos verticais para evitar a perda do leito por intervenção indevidas;

5.2.2.7. Antes da fonte de energia ser ligada, deve-se assegurar que o cabo negativo está conectando o polo negativo do retificador à estrutura a ser protegida e que o cabo positivo está conectando o polo positivo aos ânodos, como descrito no item 4.3.1. Depois de ligada, deve-se verificar se o sistema está funcionando corretamente;

Nota 16: realizar a instalação dos cabos do circuito positivo dos retificadores, de modo a não ficarem tracionados e evitar danos ao revestimento isolante;

5.2.2.8. Os cabos elétricos positivos, se instalados enterrados, devem ter revestimento de polietileno de alto peso molecular (HMWPE) e bitola mínima de 16 mm<sup>2</sup> (dezesseis milímetros quadrados);

5.2.2.9. Não permitir emendas ou reparos nos cabos;

5.2.2.10. Recomenda-se que os cabos elétricos instalados enterrados no solo sejam protegidos por dutos corrugados de polietileno de alta densidade (PEAD) ou eletrodutos de PVC envelopados em concreto, a uma profundidade mínima de 600 mm (seiscentos milímetros);

Nota 17: aumentar nas travessias de ruas a profundidade de instalação para 800 mm (oitocentos milímetros);

5.2.2.11. As conexões quando enterradas ou imersas devem ser seladas de modo a prevenir penetração do eletrólito e garantir o isolamento com o ambiente.

### 5.3. Pontos de teste e caixas de medição e interligação

5.3.1. Devem ser instalados ao longo do traçado do tubo, em locais de fácil acesso e protegidos contra vandalismos;

5.3.2. Os pontos de testes devem ser instalados em:

- a) Caixas de piso, espaçadas em até 1 km, quando em área urbana;
- b) Mourões de concreto, espaçados em até 3 km, quando em área rural;
- c) Locais com características especiais, como os citados na ABNT NBR ISO 15589-1.

5.3.3 Todos os condutores no mesmo ponto de teste e caixas de interligação devem ser identificados através de anilhas plásticas ou outro tipo similar aprovado pela fiscalização;

5.3.4. As caixas utilizadas devem ter grau de proteção (IP – ABNT NBR IEC 60529) e esquema de pintura compatíveis com o ambiente em que será instalado o equipamento.

### 5.4. Energização junto à concessionária

5.4.1. Providenciar antes do início da instalação do SPC, a aprovação do pedido de ligação junto à concessionária de energia elétrica local;

5.4.2. Não instalar os padrões de entrada de energia para alimentação do SPC, embaixo da rede elétrica da concessionária de energia elétrica local;

5.4.3. Respeitar a legislação de acessibilidade ao instalar os padrões de entrada de energia para alimentação do SPC;

5.4.4. Prever a instalação de SPC na fase de obtenção de autorização de implantação de adutora junto ao órgão competente, para que essa autorização seja anexada ao processo de pedido de ligação, caso contrário, adquirir autorização específica para a entrada de energia.

### 5.5. Recebimento do SPC

5.5.1. Finalizada a implantação do SPC, a contratada deve realizar, junto à unidade funcional da Cagece, a pré-operação (medições preliminares e correções devidas). Só após, deve-se dar o recebimento do SPC com a entrega do *data book*.

#### 5.5.2. Pré-operação

5.5.2.1. Para o recebimento pré-operacional do SPC, devem ser realizados, no mínimo, os seguintes ajustes e medições e seus respectivos registros:

- a) Medir as resistências de aterramento dos ânodos e anotá-las em formulário de supervisão e testes para cama de ânodos;
- b) Ajustes iniciais: ligações e ajustes dos retificadores, devendo manter a regulagem dos *taps* (ajustes) até que tenha atingido potenciais mínimos de proteção (previstos em projeto) em toda a sua extensão.
- c) Medir os valores dos potenciais elétricos durante as várias sequências de ajustes:
- d) As leituras de corrente e tensão de saída, dos ajustes e do horímetro dos retificadores, além da data e horário das medições;

e) Medições finais: visam obter um bom funcionamento do sistema e fornecer subsídios ao pessoal encarregado da operação e manutenção.

### 5.5.3. *Data book*

5.5.3.1. Da documentação para o recebimento do sistema de PC deverá constar, no mínimo:

- a) Memorial descritivo e de cálculo;
- b) Relação dos pontos teste, medição e interligação, da drenagem e dos retificadores;
- c) Lista de materiais e equipamentos utilizados, relacionando quantidades, características e especificações técnicas;
- d) Peças gráficas contendo: implantação geral, layouts, plantas, mapas, localizações georreferenciadas, detalhes, croquis, diagramas, esquemas, planilhas e demais desenhos;
- e) Manuais de montagem e de pré-operação do SPC;
- f) Descrição dos procedimentos adotados durante a fase de pré-operação;
- g) Relatório que contenha registro de todos os ajustes e medições da pré-operação;
- h) Desenhos de fabricação dos retificadores e os relatórios de testes;
- i) Desenhos de fabricação dos ânodos e os relatórios de testes;
- j) Desenhos *As Built* do SPC com coordenadas de georreferenciamento;
- k) Relação dos materiais para instalação e montagem do SPC;
- l) Relação de todos os instrumentos e acessórios utilizados durante as fases de projeto, instalação e pré-operação;
- m) Relatório fotográfico da localização das estruturas implantadas de todo o SPC;
- n) N° do certificado de calibração de todos os instrumentos de medição utilizados nas fases de projeto, instalação e pré-operação.

## 6. RESPONSABILIDADE

6.1 O cumprimento da presente norma é de responsabilidade de todas as áreas que atuam na gestão de obras e serviços de engenharia da DEN.

## 7. VIGÊNCIA

7.1 Esta Norma Interna entra em vigor na data de sua homologação

## 8. OBSERVAÇÃO

8.1. Referências Legais e Normativas

8.1.1. ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.

8.1.2. ABNT NBR 6315 - Lingotes, barras, ânodos e verguinhas de estanho - Especificação.

8.1.3. ABNT NBR 9240 - Anodos de liga de ferro-silício-cromo para proteção catódica.

8.1.4. ABNT NBR 9241 - Anodos de grafite para proteção catódica.

8.1.5. ABNT NBR 9358 - Anodos de liga de zinco para proteção catódica.

8.1.6. ABNT NBR 10387 - Anodos de liga de alumínio para proteção catódica.

8.1.7. ABNT NBR 15653 - Critérios para qualificação e certificação de profissionais de proteção catódica.

8.1.8. ABNT NBR 16265 - Inspeção de anodos para proteção catódica.

- 8.1.9. ABNT NBR 16294 - Anodos de titânio com óxidos de metais nobres para proteção catódica.
- 8.1.10. ABNT NBR 16460 - Anodos de liga de magnésio para proteção catódica.
- 8.1.11. ABNT NBR 17061 - Proteção catódica interna e externa de tanques de armazenamento – Requisitos.
- 8.1.12. ABNT NBR IEC 60529 - Graus de proteção providos por invólucros (código IP).
- 8.1.13. ABNT NBR ISO 15589-1 - Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistemas de transportes por dutos - Parte 1: Dutos terrestres.
- 8.1.14. ABNT NBR ISO 15589-2 - Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistemas de transportes por dutos - Parte 2: Dutos submarinos.
- 8.1.15. ABRACO RP – PTC – 002 - Recomendações para especificação de fontes de corrente contínua e de drenagens de corrente, em sistemas de proteção catódica para estruturas terrestres enterradas.
- 8.1.16. ABRACO RP – PTC – 003 - Recomendações para instalação de sistemas de proteção catódica para estruturas terrestres.
- 8.1.17. ABRACO RP – PTC – 004 - Recomendações para pré-operação de sistemas de proteção catódica para estruturas terrestres.
- 8.1.18. ABRACO RP – PTC – 005 - Critérios para sistemas de proteção catódica em estruturas marítimas.
- 8.1.19. NACE SP0 169 - *Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems.*
- 8.1.20. Sabesp NTS 0180: Sistemas de proteção catódica – Projeto e implantação.

## 9. ANEXOS (opcional)

9.1 Não se aplica.

## 10. HISTÓRICO DE REVISÕES

Documento	Revisão	Revisado por	Alteração	Data de homologação
NIT-0095	02	Welton Charles Barbosa - Gecob Pro Joselídia Maria Góis de Sousa - Gecob Pro	Revisão ortográfica em todo o texto.	24/12/2024
NIT-0095	01	-	-	06/08/2024

**GERARDO FROTA NETO**

Gerente

GECOB

**RICHARD FRANCIS BROWN**

Superintendente

SOB

**JOSÉ CARLOS LIMA ASFOR**

Diretor

DEN