

## **PROTEÇÃO CATÓDICA**

# **RECOMENDAÇÕES PARA PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA TERRESTRE**

**NOTA:**

A Associação Brasileira de Corrosão alerta os usuários: o uso de suas recomendações práticas requer conhecimento e experiência. O uso inadequado das mesmas e consequentes resultados impróprios não se constituem responsabilidade da Associação.

## **COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO**

O Grupo de Trabalho responsável pela elaboração da presente Recomendação Prática foi constituído pelas seguintes pessoas:

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO - Coordenador do GT  
Telefone: (21) 2516-1962 - Ramal 52,  
Celular: (21) 98105-9051  
E-mail: [acdutra@abraco.org.br](mailto:acdutra@abraco.org.br); [aldocd@gmail.com](mailto:aldocd@gmail.com)

Laerce de Paula Nunes - IEC  
Telefone: (21) 2159-9250  
Celular: (21) 99151-9305  
E-mail: [laercenunes@iecengenharia.com.br](mailto:laercenunes@iecengenharia.com.br)

Antonio Carlos Pires Caetano - IEC  
Telefone: (21) 2159-9279  
Celular: (21) 99410-1528  
E-mail: [acaetano@iecengenharia.com.br](mailto:acaetano@iecengenharia.com.br)

Anderson Teixeira Kreisler - IEC  
Telefone: (21) 2159-9286  
Celular: (21) 99478-2909  
E-mail: [anderson.kreisler@gmail.com](mailto:anderson.kreisler@gmail.com)

João Paulo Klausling Gervasio - Petrobras  
Telefone: (21) 2166-3019  
Celular: (21) 99549-4225  
E-mail: [joaoklausling@petrobras.com.br](mailto:joaoklausling@petrobras.com.br)

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.0</b>	<b>NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.0</b>	<b>TIPOS DE ESTRUTURAS PROTEGIDAS .....</b>	<b>4</b>
<b>4.0</b>	<b>ROTEIRO DAS ATIVIDADES DE PRÉ-OPERAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>5.0</b>	<b>ORIENTAÇÕES GERAIS PARA EXECUÇÃO DA PRÉ-OPERAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>LEVANTAMENTO DA DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>5</b>
<b>5.2</b>	<b>PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRÉ-OPERAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>5.3</b>	<b>INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTOS DE INSPEÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>5.4</b>	<b>ELETRODOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>7</b>
<b>5.5</b>	<b>INSPEÇÃO GERAL DO SISTEMA INSTALADO .....</b>	<b>7</b>
<b>5.6</b>	<b>MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS NATURAIS ESTRUTURA/ELETRÓLITO..</b>	<b>7</b>
<b>5.7</b>	<b>VARREDURA DE TAPS (AJUSTES) DOS RETIFICADORES.....</b>	<b>7</b>
<b>5.8</b>	<b>RETIFICADORES E DRENAGENS ELÉTRICAS.....</b>	<b>8</b>
<b>5.9</b>	<b>LEITOS DE ANODOS GALVÂNICOS E INERTES .....</b>	<b>8</b>
<b>5.10</b>	<b>MEDIÇÕES DE POTENCIAL ESTRUTURA/ELETRÓLITO .....</b>	<b>9</b>
<b>5.11</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>9</b>
<b>5.12</b>	<b>RELATÓRIO TÉCNICO .....</b>	<b>10</b>
<b>6.0</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>10</b>

## **1.0 OBJETIVO**

Esta Recomendação Prática estabelece orientações a serem observadas na pré-operação de sistemas de proteção catódica de estruturas terrestres.

## **2.0 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- ABNT NBR ISO 15589-1:2016 – “Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistemas de transporte por dutos. Parte 1: Dutos terrestres”.
- RP-PTC-005 – “Recomendações para inspeção de sistemas de proteção catódica terrestre”.

## **3.0 TIPOS DE ESTRUTURAS PROTEGIDAS**

Para os efeitos deste documento, são consideradas fundamentalmente as seguintes estruturas.

- Dutos terrestres de transporte para petróleo, gás, polpa de minérios, água e outros produtos (as drenagens de corrente só se aplicam a dutos).
- Tanques de armazenamento para petróleo, derivados de petróleo, água e produtos diversos.
- Base de torres de linhas de transmissão.
- Outras estruturas metálicas enterradas, como estacas prancha ou tubulares, perfis etc.

## **4.0 ROTEIRO DAS ATIVIDADES DE PRÉ-OPERAÇÃO**

A pré-operação de sistemas de proteção catódica deve orientar-se por procedimentos específicos de cada projeto, geralmente definidos na especificação técnica de pré-operação ou documento similar, parte integrante da documentação de projeto do sistema de proteção catódica. As pré-operações devem ser realizadas por profissionais devidamente qualificados em proteção catódica e com treinamento válido na NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho. De modo geral, deve ser seguido o roteiro apresentado a seguir.

- Levantamento da documentação do projeto do sistema de proteção catódica a ser pré-operado (comissionado), incluindo desenhos de distribuição, locação de leitos de anodos e detalhes de instalação, incluindo a especificação técnica de pré-operação (comissionamento) ou documento similar.

- Planejamento das atividades de pré-operação.
- Identificação dos equipamentos e instrumentos necessários, incluindo a verificação da validade dos certificados de calibração de instrumentos a serem utilizados.
- Escolha e verificação dos eletrodos de referência portáteis a serem utilizados nas medições de potencial estrutura/eletrólito.
- Inspeção geral no sistema instalado.
- Medição dos potenciais naturais estrutura/eletrólito.
- Varredura de *taps* (ajustes) de retificadores.
- Inspeção e ajustes preliminares dos retificadores e equipamentos de drenagem elétrica, quando existirem.
- Instalação de chaves interruptoras de corrente sincronizadas a cristal de quartzo ou por satélite, caso a especificação de pré-operação preveja medição de potenciais “ON/OFF”.
- Medição da corrente injetada pelos leitos de anodos galvânicos ou inertes (se necessário).
- Medição dos potenciais estrutura/eletrólito, nos pontos de teste, caixas de medição e interligação, juntas isolantes e afloramentos, de acordo com o previsto na especificação (potenciais “ON/OFF”, potenciais máximo/mínimo/predominante e/ou registros prolongados).
- Reajuste dos retificadores até que sejam atendidos aos critérios de proteção catódica previstos na especificação, seguido de novo conjunto de medições de potencial estrutura/eletrólito, para a confirmação de que o nível de proteção desejado foi alcançado.
- Registro fotográfico de equipamentos e instalações integrantes do que está sendo inspecionado, de modo a demonstrar que as atividades de inspeção foram realizadas.
- Elaboração de relatório técnico sobre os trabalhos executados.

## **5.0 ORIENTAÇÕES GERAIS PARA EXECUÇÃO DA PRÉ-OPERAÇÃO**

Apresentamos, nos subitens a seguir, orientações e boas práticas a serem adotadas na execução das diversas atividades listadas no roteiro do item 4.0 acima.

### **5.1 Levantamento da Documentação do Projeto**

A chave para uma pré-operação bem-sucedida de um sistema de proteção catódica está no conhecimento da localização e das características gerais dos diversos componentes que fazem parte do sistema, assim como as premissas e condições gerais consideradas no projeto. Convém que o técnico responsável pela pré-operação estude detalhadamente o projeto do sistema de proteção catódica, de modo a fazer um bom planejamento das atividades de campo a serem executadas. O acesso prévio a essa documentação também possibilita tomar conhecimento das interligações elétricas existentes com estruturas

metálicas e sistemas de proteção catódica de terceiros, caso existam, de modo que os mesmos sejam informados dos serviços a serem executados e que as permissões de acesso às suas áreas internas e equipamentos sejam confirmadas, para sua realização.

## **5.2 Planejamento das Atividades de Pré-operação**

Um bom planejamento é fator primordial para realização de qualquer atividade técnica e a pré-operação de sistemas de proteção catódica não foge a essa regra. Convém preparar um roteiro completo das atividades a serem realizadas na pré-operação e separar cópias impressas de todos os formulários a serem utilizados para coleta de dados. A utilização de formulários padronizados garante a completeza de dados desde que todos os campos do formulário, onde aplicável, sejam devidamente preenchidos. Também podem ser utilizados coletores de dados previamente carregados com softwares de inspeção para apoiar as atividades.

## **5.3 Instrumentos e Equipamentos de Inspeção**

Os tipos e quantidades de instrumentos e equipamentos necessários à pré-operação do sistema de proteção catódica devem ser definidos com base nas atividades planejadas e previstas na especificação técnica de pré-operação. Todos os instrumentos a serem utilizados devem estar devidamente calibrados e os certificados de calibração devem estar dentro do prazo de validade, definido pelo sistema de controle de instrumentos da empresa responsável pela pré-operação. Na falta de uma política definida para validade dos instrumentos, costuma-se convencionar, como aceitável, o prazo de validade de um ano. Na escolha dos instrumentos a serem utilizados na pré-operação deve-se ter especial atenção com a ordem de grandeza dos parâmetros elétricos a serem medidos e as taxas de leitura dos instrumentos a serem utilizados. Indicamos a seguir alguns pontos de atenção a serem observados na escolha dos instrumentos.

- No caso de multímetro digital, observar se tem escala de mV em corrente contínua (CC) para medição de shunts de corrente, se tem capacidade para armazenamento de valores máximo/mínimo/ predominante, no caso de ter potenciais estrutura/eletrólito variáveis e se a capacidade máxima de medição de escala da função amperímetro é compatível com os valores a serem medidos.
- No caso de amperímetro digital tipo alicate, verificar se o mesmo é capaz de medir corrente contínua (CC) e se tem a sensibilidade necessária para medição de baixos níveis de corrente (na faixa de 0,1 a 2,0 A).
- No caso de voltímetro registrador, se a taxa de leitura é compatível com o tipo de onda a ser medido e se a capacidade de armazenamento (número de leituras x tempo de armazenamento) é suficiente para armazenar o período de dados desejado. Por exemplo: no caso de registro de potenciais

tubo/solo “ON/OFF”, são desejáveis taxas de leitura de pelo menos 5 leituras por segundo.

#### **5.4 Eletrodos de Referência**

A seleção dos tipos de eletrodos de referência portáteis a serem utilizados na inspeção vai depender basicamente do tipo de eletrólito onde está a estrutura metálica a ser medida e das características da superfície desse eletrólito. O eletrodo de referência portátil mais utilizado nos sistemas terrestres é o de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO<sub>4</sub>). O uso de eletrodos portáteis de Cu/CuSO<sub>4</sub> demanda alguns cuidados para garantir a obtenção de medidas confiáveis, listados no item 5.5 do documento RP-PTC-005.

#### **5.5 Inspeção Geral do Sistema Instalado**

Na primeira etapa da pré-operação deve ser feita uma inspeção geral no sistema instalado, comparando o mesmo com a documentação “conforme construído” do projeto do sistema. Quaisquer não-conformidades detectadas devem ser anotadas e documentadas visando a tratamento posterior, desde que não comprometam o funcionamento do sistema de proteção catódica. Caso contrário, as mesmas deverão ser sanadas, pelo menos em caráter provisório, antes de se dar continuidade à pré-operação do sistema.

#### **5.6 Medição dos Potenciais Naturais Estrutura/Eletrólito**

Antes da energização dos retificadores do sistema deve ser feita a medição dos potenciais naturais estrutura/eletrólito nos pontos de teste, caixas de medição e interligação, juntas isolantes e afloramentos. A medição dos potenciais naturais permite conhecer os potenciais de corrosão originais da estrutura metálica no eletrólito, assim como possibilita avaliar posteriormente o quanto de polarização catódica foi obtido com o sistema de proteção catódica. O conhecimento dos potenciais naturais das estruturas metálicas cobertas pelo sistema de proteção catódica também facilita a utilização do critério de proteção catódica de decaimento de 100mV da polarização. Os valores obtidos nas medições dos potenciais naturais estrutura/eletrólito devem ser anotados em formulários próprios para esse uso (ver item 7.4 da RP-PTC-005).

#### **5.7 Varredura de Taps (Ajustes) dos Retificadores**

Antes da energização dos retificadores do sistema, devem ser feitos testes de varredura de taps (ajustes) em todos os retificadores novos instalados no sistema. No caso de retificadores manuais com ajuste por taps (barretes ou chaves), devem ser varridas todas as combinações de ajustes grossos (G) e finos (F), iniciando na posição 1G/1F, até ser atingido o ajuste máximo ou até

que se atinja a corrente nominal do equipamento. A varredura de taps não precisa ser interrompida no caso de se atingir a tensão de saída nominal do retificador, pois isso não compromete a integridade do equipamento. Para cada combinação de ajuste também deve ser medido o potencial estrutura/eletrólito no ponto de medição mais próximo, de modo a se verificar se não houve inversão dos cabos positivo e negativo do retificador, durante a montagem do sistema. Se a polaridade dos cabos estiver correta, à medida que a corrente de saída do retificador for subindo, os potenciais estrutura/eletrólito medidos vão se tornando cada vez mais negativos. Caso seja observado o comportamento oposto, deve-se inverter os cabos imediatamente e reiniciar a varredura de taps. Convém ressaltar que a inversão dos cabos de saída de um retificador é um erro grave de montagem do sistema de proteção catódica, que pode levar à corrosão severa das estruturas metálicas ligadas ao sistema. No caso de retificadores com ajuste por potenciômetro, deve-se colocar o mesmo na posição mínima e ir aumentando por etapas, fazendo processo semelhante ao indicado para o retificador com ajuste por taps. Recomenda-se a utilização de formulários próprios (ver anexo) para coleta dos dados obtidos na varredura de taps dos retificadores.

## **5.8 Retificadores e Drenagens Elétricas**

A energização do sistema de proteção catódica se inicia pelo ajuste inicial dos retificadores para injetar as correntes indicadas na especificação técnica, seguida da inspeção completa do equipamento. A inspeção desses equipamentos implica na coleta de diversos parâmetros elétricos, de ajuste e de operação, assim como também demanda a avaliação do funcionamento dos seus instrumentos de painel. Devido à maior complexidade dessa inspeção, o uso de formulários padronizados para realização dessas inspeções é fundamental (ver item 7.1 da RP-PTC-005), pois os mesmos possuem campos a serem preenchidos de modo a cobrir todos os parâmetros de operação relevantes, garantindo a completeza da inspeção.

No item 5.6 do documento RP-PTC-005 são apresentados alguns cuidados e boas práticas a serem adotadas na inspeção desses equipamentos.

No item 6.0 do documento RP-PTC-005 são listados problemas típicos que ocorrem em retificadores e as medidas corretivas a serem adotadas.

## **5.9 Leitos de Anodos Galvânicos e Inertes**

A avaliação do funcionamento dos anodos pode ser feita de forma direta, através da medição da corrente total injetada pelos anodos ou da corrente injetada por anodo, quando o leito possui caixas de visita sobre os anodos. No caso de leitos de anodos inertes, convém comparar a resistência de circuito real ( $R_c$ ) do conjunto retificador/leitos de anodos ( $R_c = V_{saída} / I_{saída}$ ) com o valor



teórico calculado no projeto. Caso o valor real fique mais de 25% acima do valor teórico, convém inspecionar de forma detalhada o leito de anodos, conforme orientações do item 5.7 da RP-PTC-005.

### **5.10 Medições de Potencial Estrutura/Eletrólito**

A verificação da efetividade do sistema de proteção catódica é feita com base nos potenciais estrutura/eletrólito. Pode-se afirmar que uma estrutura metálica está catodicamente protegida se os potenciais estrutura/eletrólito obtidos nas medições realizadas atendem aos critérios de proteção catódica definidos na documentação do projeto do sistema. A realização de medições de potencial estrutura/eletrólito demanda alguns cuidados para garantir a obtenção de medidas confiáveis, listados no item 5.10 do documento RP-PTC-005. Devem ser feitas medições de potencial estrutura/eletrólito em todos os pontos de teste, caixas de medição e interligação, juntas isolantes e afloramentos. O funcionamento dos dispositivos desacopladores de corrente contínua, dispositivos de proteção de juntas isolantes e das próprias juntas isolantes, também deve ser verificado durante a pré-operação do sistema de proteção catódica, seguindo-se as orientações indicadas no item 5.8 do documento RP-PTC-005. Logo após o ajuste inicial dos retificadores, ou no dia seguinte, convém fazer uma medição completa dos potenciais estrutura/eletrólito “ON” em todos os pontos de medição do sistema para avaliar o comportamento dos potenciais no ajuste inicial dos retificadores, reajustando os retificadores que se julgar necessário para deixar o potenciais medidos mais próximos do critério de proteção catódica definido na especificação técnica. Após a polarização das estruturas do sistema, geralmente em torno de 7 a 14 dias após a energização dos retificadores, deve ser feita uma medição completa dos potenciais estrutura/eletrólito do sistema, chaveando os retificadores de forma sincronizada caso esteja prevista na especificação técnica que as medições de potencial devem ser do tipo “ON/OFF”. Caso não sejam obtidos potenciais estrutura/eletrólito que atendam ao critério de proteção catódica, deve-se reajustar os retificadores necessários e fazer novas medições de potencial após um período de polarização de pelo menos 7 dias. Os resultados obtidos nas medições de potencial estrutura/eletrólito devem ser anotados em formulários próprios, similares aos apresentados no item 7.4 do documento RP-PTC-005.

### **5.11 Registro Fotográfico**

A inclusão de um registro fotográfico detalhado obtido durante a pré-operação realizada no sistema de proteção catódica permite evidenciar a visita a todos os pontos notáveis do sistema, assim como facilitar a compreensão dos problemas verificados durante a pré-operação. Isto é uma boa prática a ser adotada em qualquer tipo de atividade técnica.

## **5.12 Relatório Técnico**

Após a conclusão dos trabalhos de pré-operação, deverá ser emitido um relatório técnico que contenha, no mínimo, as seguintes informações.

- Descrição sumária das estruturas metálicas protegidas pelo sistema.
- Descrição sumária dos componentes do sistema de proteção catódica.
- Descrição das atividades técnicas realizadas durante a pré-operação.
- Relação dos instrumentos, equipamentos e acessórios utilizados na inspeção.
- Critérios de proteção catódica adotados.
- Eventuais problemas detectados na pré-operação e ações corretivas adotadas.
- Resultados obtidos nas medições realizadas e eventuais reajustes realizados nos equipamentos do sistema.
- Conclusões e recomendações.
- Gráficos dos registros realizados.
- Registro fotográfico.
- Certificados de calibração dos instrumentos.

## **6.0 ANEXO**

Apresentamos, no anexo a seguir, formulário típico para utilização na pré-operação de sistemas de proteção catódica.

---

**ANEXO I - Varredura de Taps de Retificador**

<b>VARREDURA DE TAPS DE RETIFICADOR</b>					<b>NÚMERO:</b>	
					<b>DATA:</b>	<b>FOLHA:</b>
<b>RETIFICADOR</b>			<b>SAÍDA NOMINAL</b>		<b>ENTRADA</b>	
<b>AJUSTE</b>		<b>VAC (V)</b>	<b>VDC (V)</b>	<b>IDC (A)</b>	<b>POT. T/S (V)</b>	<b>OBSERVAÇÃO:</b>
<b>GROSSO</b>	<b>FINO</b>					
1	1					
1	2					
1	3					
1	4					
1	5					
2	1					
2	2					
2	3					
2	4					
2	5					
3	1					
3	2					
3	3					
3	4					
3	5					
4	1					
4	2					
4	3					
4	4					
4	5					
5	1					
5	2					
5	3					
5	4					
5	5					
<b>INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO UTILIZADOS: (MODELO / NÚMERO DE SÉRIE):</b>						
<b>COMENTÁRIOS:</b>						
<b>TÉCNICO</b>						
<b>ASSINATURA</b>						