

## RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

# PROTEÇÃO CATÓDICA

## CRITÉRIOS PARA SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA DE ESTRUTURAS MARÍTIMAS

ABRACO-RT-PTC-006-R01

V. 01012025

Total de páginas: 8

 associacaobrasileiradecorrosao

 +55 21 2516-1962

 www.abraco.org.br

 @abraco\_br

 /abraco.oficial

### NOTA 1

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.

A partir de Abril de 2026 estes documentos são denominados de Recomendações Técnicas

### NOTA 2

É recomendável que todos os trabalhos relacionados aos sistemas de proteção sejam executados por profissionais certificados conforme Norma ABNT NBR 15.653.

## COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EXECUTOR (2018)

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

**Aldo Cordeiro Dutra – Coordenador**

**Laerce de Paula Nunes – Membro**

**Anderson Teixeira Kreischer – Membro**

**Antonio Carlos Pires Caetano – Membro**

**João Paulo Klausing Gervasio – Membro**

## COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO REVISOR (2025)

**Laerce de Paula Nunes – Coordenador**

**Anderson Teixeira Kreischer – Membro**

**Antonio Carlos Pires Caetano – Membro**

**João Paulo Klausing Gervasio – Membro**

**Luiz Paulo Gomes – Membro**

# SUMÁRIO

|            |  |   |
|------------|--|---|
| <b>1.0</b> | OBJETIVO .....                                     | 4 |
| <b>2.0</b> | REFERÊNCIA NORMATIVA E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS..... | 4 |
| <b>3.0</b> | TIPOS DE ESTRUTURAS .....                          | 4 |
| <b>4.0</b> | ASPECTOS GERAIS.....                               | 4 |
| <b>5.0</b> | CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO.....                   | 5 |
| <b>6.0</b> | INSTALAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS.....              | 6 |
| <b>7.0</b> | PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS.....            | 7 |
| <b>8.0</b> | INSPEÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS .....               | 7 |

## 1.0 OBJETIVO

Esta Recomendação Técnica estabelece orientações a serem observados na definição de critérios para sistemas de proteção catódica de instalações marítimas.

## 2.0 REFERÊNCIA NORMATIVA E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

- ABNT ISO 15589 – Indústria de Petróleo, Petroquímica e Gás Natural – Proteção Catódica de Sistemas de transporte por Dutos – Parte II – Dutos Submarinos.
- ABNT NBR 10387 – Anodos de liga de alumínio para proteção catódica.
- ABNT NBR 9358:2016 – Anodos de liga de zinco para proteção catódica.
- ABNT NBR 16294 – Anodos de titânio com óxidos de metais nobres para proteção catódica.
- ABNT NBR 16265 – Inspeção de anodos para proteção catódica
- ABNT NBR 11105 – Voltímetro e eletrodo de referência de Ag/AgCl para proteção catódica - Ensaio de aferição.
- DNV-RP-B401 – Recommended Practice -Det. Norske Veritas – Cathodic Protection Design.

## 3.0 TIPOS DE ESTRUTURAS

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

- Dutos de transporte submarino para petróleo, gás e água.
- Píeres, cais de atracação de navios e embarcações.
- Plataformas fixas e semissubmersíveis.
- Navios, embarcações, FPSO (“Floating Production Storage and Offloading”), boias e arvores-de-natal molhada, manifoldes submarinos.

## 4.0 ASPECTOS GERAIS

Na definição dos sistemas de proteção catódica de instalações marítimas, os seguintes aspectos devem ser observados:

- Devem ser definidas as características gerais do meio, tais como: resistividade elétrica, pH, teor de oxigênio, velocidade, lâmina d’água, dentre outros.
- Considerar a área a proteger a partir do projeto da estrutura e considerar eventuais perdas para outras estruturas, tais como píeres, cais, outras embarcações, dentre outros.
- Nas estruturas de grande porte devem ser consideradas três correntes de proteção catódica, sendo uma para polarização, uma para manutenção da proteção e uma terceira para a parte final (terço final de vida do sistema) após longo período de proteção com a formação de uma significativa camada calcomagnética.

- As estruturas marítimas podem ser protegidas por sistemas galvânicos ou por corrente impressa. A escolha do tipo de sistema mais adequado do ponto de vista técnico e econômico deverá ser feita em função do porte da estrutura, eficiência do revestimento, risco de fragilização por hidrogênio, dentre outros critérios.
- Na proteção catódica de navios e embarcações devem ser considerados dois sistemas independentes, sendo um para a região de poupa e outro para o restante da embarcação.
- Nos navios e embarcações deve-se considerar a pilha galvânica formada entre o aço do casco e o hélice, normalmente de bronze naval.
- Nas embarcações com cascos de alumínio, a proteção deverá ser feita com anodos galvânicos de liga de zinco.
- Estruturas com demanda variável de corrente, como por exemplo navios, deverão ter a injeção de corrente de proteção catódica controlada em função do potencial estrutura/água, utilizando retificadores de controle de potencial.
- Os anodos galvânicos podem ser soldados, aparafusados ou conectados por meio de grampos. Os anodos aparafusados e conectados por grampos devem ter parafusos de conexão elétrica.
- Os anodos galvânicos para dutos submarinos devem ser do tipo braçadeira ou grupados em *skids* e conectados ao duto por meio de cabo elétrico por soldagem ou por grampos de fixação.
- O potencial de proteção para o aço deve ser mais negativo que - 0,80 V em reação ao eletrodo de Ag/AgCl ou mais negativo que + 0,25 V em relação ao eletrodo de referência de zinco puro.
- Nos sistemas por corrente impressa podem ser usados os critérios para especificação da fonte, indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC -002.
- Em estruturas sujeitas à fragilização por hidrogênio atenção especial deve ser observada quanto ao potencial de polarização e igualmente com estruturas revestidas para se evitar o empoamento do revestimento.

## 5.0 CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO

- Deve ser dado tratamento diferenciado aos trechos submersos e enterrados no fundo do mar previstos em projeto.
- Deve ser considerado, no dimensionamento, toda a área a ser protegida, incluindo acessórios e apêndices.
- As densidades de corrente inicial, média e final para os trechos submersos e enterrados no fundo do mar, podem ser estabelecidas em função do local da instalação, da experiência do projetista ou de normas nacionais ou internacionais, tais como a norma DNV RP B401 ou ABNT NBR ISO 15589-2. Podem ser considerados valores de densidade de corrente usados com sucesso em outras estruturas instaladas na região.
- Os valores de eficiência de revestimento devem considerar todos os fatores inerentes à especificação, ao controle de qualidade de aplicação e a possíveis danos durante o lançamento.

- Devem ser consideradas, no dimensionamento, todas as áreas submersas, todas as áreas das partes enterradas e, no mínimo, 50% das áreas correspondentes à zona de transição (quando aplicável).
- Os anodos poderão ser de liga de zinco ou de alumínio e devem seguir os requisitos e critérios das normas ABNT pertinentes.
- A vida útil do sistema de proteção catódica deverá ser definida pelo Usuário.
- O fator de utilização dos anodos deve seguir o indicado na DNV-RP-B401 ou ABNT NBR ISO 15589-2.

## 6.0 INSTALAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS

Os sistemas de proteção de instalações marítimas devem conter, no mínimo, os seguintes documentos:

- memória de cálculo do (s) sistema (s);
- memória descritiva do (s) sistema (s);
- desenhos de distribuição e de detalhes;
- procedimento de instalação.

**Nota:** a instalação deverá seguir rigorosamente os documentos citados e as modificações de campo devem ser incorporadas nos documentos finais de “como construídos”.

Os sistemas por corrente impressa para navios, plataformas semissubmersíveis e FPSO devem ser constituídos dos seguintes itens:

- Uma fonte de corrente com um módulo de potência e um módulo de Controle.
- Anodos de titânio revestidos com óxidos de metais nobres, de formato retangular ou circular, instalados em coferdames, que devem ser preenchidos com parafina.
- A região no entorno dos anodos, em um raio de pelo menos 2 m, deve ser revestida com um revestimento espesso e altamente isolante para facilitar a distribuição da corrente.
- Os eletrodos de referência de formato cilíndrico, devem também ser instalados em coferdames, preenchidos com parafina.

Os sistemas de proteção para estruturas fixas (píeres, cais e plataformas fixas), normalmente são projetados com retificadores manuais e os anodos de titânio em formato tubular são instalados em suportes de material isolante, fixado nas estacas ou elementos tubulares.

## 7.0 PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS

Inicialmente deve-se medir os potenciais naturais das estruturas em relação ao eletrodo de Ag/AgCl em pontos estratégicos.

Os sistemas galvânicos iniciam a polarização da estrutura a partir do momento em que são instalados ou quando a estrutura entra em contato com a água do mar. A partir daí inicia-se o processo de polarização que é controlável pelo potencial dos anodos.

Os sistemas por corrente impressa precisam ser ajustados para garantir o adequado grau de polarização. Quando se tem demanda variável de corrente, como é o caso dos navios, o sistema deve suprir as condições de pouca corrente e a condição de máxima corrente para o navio carregado e em movimento de rotina.

Nos sistemas de navios é conveniente medir os potenciais a partir do convés, em volta de toda a embarcação. Na área submersa da popa, deve-se usar mergulhadores para levar o eletrodo de referência aos locais previstos para a medição de potencial.

De modo geral, no caso de plataformas, pode-se medir potenciais com a semicélula lançada diretamente no mar, ou por meio de mergulhadores ou com veículos de controle remoto, para colocá-la nos pontos desejados.

O projetista deve elaborar um procedimento de pré-operação, incluindo um mapa de locais para medição do potencial.

Nas estruturas fixas (píeres, cais, plataformas fixas e boias) podem ser usados os formulários de inspeção indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC - 005. Para estruturas móveis os formulários podem ser adaptados.

## 8.0 INSPEÇÃO DE SISTEMAS MARÍTIMOS

Os sistemas de proteção catódica devem ser inspecionados regularmente, para isto o usuário deve elaborar um plano de inspeção, contendo os seguintes itens.

- No caso de sistemas galvânicos definir a periodicidade de medição de potenciais eletroquímicos e avaliação dos anodos (desgaste e massa remanescente).
- Para sistemas por corrente impressa, estabelecer a frequência de inspeção dos retificadores, medição de corrente de cada anodo e medição de potenciais eletroquímicos.
- Todos os dados devem ser registrados em relatórios para acompanhamento dos sistemas. Nas estruturas fixas (píeres, cais, plataformas fixas e boias) podem ser usados os formulários de inspeção indicados na Recomendação Prática ABRACO – RP-PTC - 005. Para estruturas móveis os formulários podem ser adaptados.
- Como sugestão coloca-se o quadro da tabela 01, com informações sobre possíveis problemas em retificadores de sistema de proteção catódica e as respectivas propostas de soluções.

**Tabela - 01 - Problema em Retificadores e Respectivas Soluções**

| <i>Retificador totalmente inoperante</i>  |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Falta de energia na rede de alimentação CA  | Verifique e corrija                   |
| Fusível de entrada queimado   | Substitua o fusível                   |
| Transformador danificado  | Contate o fabricante para trocá-lo    |
| <i>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída</i>                             |                                       |
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Cabo positivo ou negativo rompido   | Verifique e corrija                   |
| <i>Retificador com queda na tensão e corrente de saída para 50% do valor original</i>     |                                       |
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Ponte retificadora danificada   | Substitua o(s) diodo(s) danificado(s) |
| <i>Retificador em operação normal, mas sem alcançar a tensão de saída nominal</i>         |                                       |
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Tensão de saída abaixo do esperado  | Verifique o valor da alimentação CA   |
| <i>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída e com horímetro parado</i>      |                                       |
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Fusível de saída queimado   | Substitua o fusível                   |
| <i>Retificador com tensão de saída, sem corrente de saída e com horímetro funcionando</i> |                                       |
| <i>Problema Identificado</i>  | <i>Medida Corretiva</i>               |
| Rompimento de cabos positivo ou negativo  | Repare o cabo danificado              |