

RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

CORROSÃO

PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE ESTACAS DE AÇO E DE ESTACAS DE CONCRETO EM INSTALAÇÕES MARÍTIMAS OU FLUVIAIS

ABRACO-RT-COR-004

V. 01092026

Total de páginas: 8

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 anticorrosiva sejam executados, no que couber, por profissionais certificados conforme procedimentos da Associação Brasileira de Corrosão, relativos à Pintura Anticorrosiva, Proteção Catódica e Galvanização por Imersão à Quente.

COMPOSIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO EXECUTOR

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

Laerce de Paula Nunes – Coordenador

Luiz Paulo Gomes – Membro

Carlos Alexandre Martins da Silva – Membro

João Paulo Klausing Gervásio – Membro

Erik Barbosa Nunes – Membro

Antônio Carlos Pires Caetano – Membro

João Marcelo Silva de Oliveira – Membro

Felipe Barreto – Membro

Leomar Bravin – Membro

SUMÁRIO

1.0	OBJETIVO	4
2.0	APLICAÇÃO	4
3.0	DOCUMENTOS NORMATIVOS DE REFERÊNCIA	4
4.0	TIPOS DE ESTACAS.....	5
5.0	REGIÕES DAS ESTACAS.....	5
6.0	PRÁTICAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA.....	6
7.0	CONCLUSÕES.....	8
8.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8

1.0 OBJETIVO

Esta RECOMENDAÇÃO TÉCNICA tem por objetivo apresentar orientações para proteção anticorrosiva de estacas de aço e de estacas de concreto em instalações no mar e em água doce.

2.0 APLICAÇÃO

Esta RECOMENDAÇÃO TÉCNICA se aplica a estacas de píeres, cais e plataformas fixas em instalações portuárias ou produção petrolífera, podendo ser:

- Estacas metálicas tubulares de aço;
- Estacas de concreto;
- Estacas de concreto com camisa tubular de aço;
- Estacas pranchas de aço.

3.0 DOCUMENTOS NORMATIVOS DE REFERÊNCIA

3.1 NORMAS DA ABNT

- ABNT NBR ISO 9223 – Corrosão de metais e ligas metálicas – Corrosividade de atmosferas – Classificação, determinação e estimativa.

3.2 NORMAS INTERNACIONAIS

- ISO 9224 – Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity categories.
- ISO 12944-2 – Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments.

3.3 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS – ABRACO

- ABRACO-RT-COR-001 – Avaliação do Nível de Corrosividade Previsto para Estruturas Aéreas, Enterradas, em Contato com a Água e com Fluidos Altamente Corrosivos.
- ABRACO-RT-COR-003 – Corrosão - Avaliação do Nível de Corrosividade Atmosférica para Estruturas Aéreas, com Base na Densidade de Compostos Solúveis.
- ABRACO-RT-CAC-001 – Corrosão de Armaduras em Estruturas de Concreto - Causas, Recomendações de Avaliação, Diagnóstico, Prevenção e Controle.
- ABRACO-RT-PTC-006 – Proteção Catódica - Critérios para Sistemas de Proteção Catódica de Estruturas Marítimas.
- ABRACO-RT-PAC-002 – Recomendações para Seleção de Esquemas de Pintura Anticorrosiva.
- ABRACO-RT-RAC-001 – Proteção Anticorrosiva de Condições Críticas em Estruturas Aéreas Revestidas.

4.0 TIPOS DE ESTACAS

Na construção píeres, cais e plataformas fixas em instalações portuárias ou produção petrolífera os principais tipos de estacas são:

- Estacas Tubulares: as estacas tubulares de aço carbono podem ser preenchidas com concreto não estrutural ou pedras.
- Estacas de concreto: em geral são estacas pré-moldadas e cravadas.
- Estacas de concreto com camisa tubular de aço: neste caso a camisa pode ou não ter função estrutural, quando não possui função estrutural é comumente chamada de “camisa perdida”.
- Estacas pranchas: são estacas que se encacham formando uma cortina metálica, muito usadas em cais.

5.0 REGIÕES DAS ESTACAS

As estacas marítimas possuem cinco importantes zonas expostas a meios diferentes mostra o esquema da figura 01.

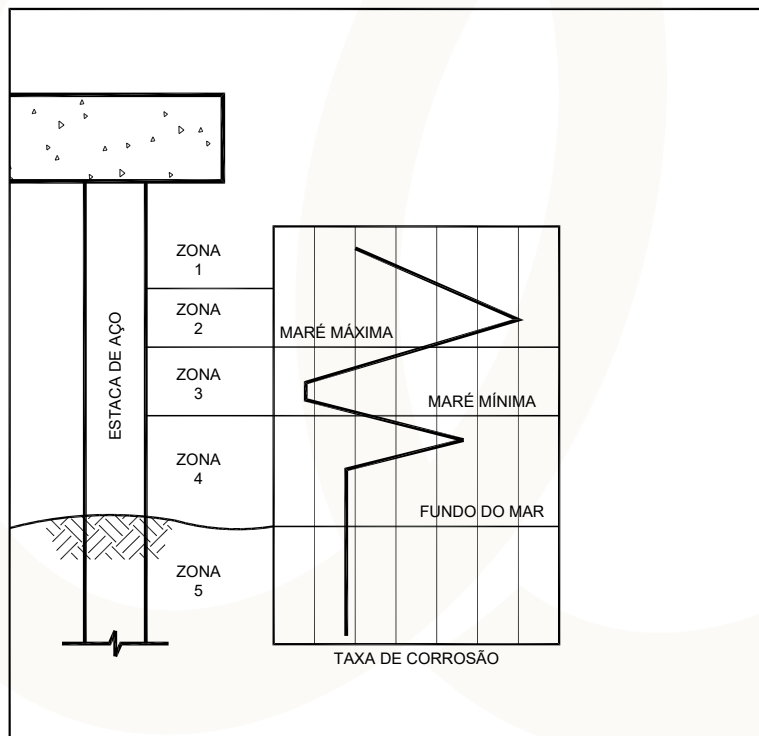


Fig. 01 – Zonas das Estacas Marítimas.

A corrosividade nas estacas em cada uma destas Zonas pode ser assim descrita:

- **Zona Atmosférica1:** região acima da zona de respingo é uma porção sujeita à alta corrosividade atmosférica, classificada como C5 na ABNT NBR ISO 9223.

- **Zona Atmosférica 2:** região acima do nível máximo da água (maré máxima), denominada de zona de respingo ou “splash zone” é uma porção com corrosividade ainda maior que a zona 1, em virtude das altas taxas de umidade relativa do ar e o permanente banho salino, classificada como C5 superior na ABNT NBR ISO 9223.
- **Zona 3 de Variação de nível ou Marés:** A região de variação de nível é considerada elevadíssima corrosividade, classificada como CX na ABNT NBR ISO 9223, agressividade muito elevada devido às células de aeração diferencial. Em alguns rios, cujo nível varia muito entre as épocas secas e as épocas de cheias, esta zona pode ser bastante extensa.
- **Zona 4 Permanentemente Submersa:** Nas regiões submersas a corrosividade da água depende muito de sua resistividade elétrica, que na água do mar é muito baixa. Assim, a corrosividade da água do mar é muito alta e aumenta ainda mais **próxima** à superfície, devido ao aumento da oxigenação. Por apresentarem resistividades elétricas mais altas, os rios são menos corrosivos que os mares. Em algumas situações, entretanto, devido à presença de compostos dissolvidos, a resistividade elétrica diminui, podendo assumir caráter ácido e nestes casos as águas dos rios tornam-se bastante corrosivas, em especial quando são bem aeradas; esta corrosividade pode ser classificada como CA5 pela Recomendação Técnica ABRACO-RT-COR-001.
- **Zona 5 Enterrada:** Nas regiões enterradas a corrosividade é em geral pequena, principalmente pela pouca aeração que se observa no fundo do mar ou de rio. Em alguns casos especiais de solos pantanosos, com muita matéria orgânica, pode acontecer a atuação de bactérias anaeróbicas com a intensificação dos processos corrosivos. Em condições normais é prática corrente considerar um comprimento de seis metros no dimensionamento de sistemas de proteção catódica; esta corrosividade pode ser classificada como CS5 pela Recomendação Técnica ABRACO-RT-COR-001.

Notas:

1. As regiões de maior corrosividade são logo abaixo da linha de nível mínimo e logo acima da linha de nível máximo;
2. Para estacas tubulares, de modo geral, a corrosividade interna é baixa devido à pouca aeração do meio, entretanto se não forem adequadamente protegidas a corrosão nesses casos é bastante intensa e os furos por corrosão se iniciam, permitindo a entrada de eletrólito aerado para a parte interna, iniciando também a corrosão interna, inclusive no concreto com “camisa perdida” dando início ao processo de corrosão das ferragens.

6.0 PRÁTICAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA

As principais práticas de proteção anticorrosivas para estacas são:

- **Zona Atmosférica1** – Pintura anticorrosiva – ver sistemas para atmosferas C5 na Recomendação Técnica ABRACO-RT-PAC-002.
- **Zona Atmosférica2** – Pintura anticorrosiva – ver sistemas para atmosferas C5 ou CX na Recomendação Técnica ABRACO-RT-PAC-002.
- **Zona 3 de Variação de nível ou Marés** – Revestimentos - usar revestimentos de alta espessura como por exemplo os viscoelásticos à base poliisobuteno, massas epóxi poliamida (ver nota 1 e 2).

- **Zona 4 e Zona 5 Permanentemente Submersa e Enterrada** – Proteção Catódica, preferencialmente por corrente impressa para estacas de aço e por corrente galvânica para armaduras de concreto. Corrosividade CA5 e CS5 de acordo com a ABRACO-RT-COR-001.

Notas:

1. As principais características destes revestimentos usados na Zona 3 devem ser:

- Elevada Aderência
- Encorpado - (alta espessura)
- Alta impermeabilidade
- Resistência mecânica
- Resistência química

2. Para estacas de concreto pode-se utilizar, na Zona 3 proteção catódica galvânica como mostrado na figura 02.

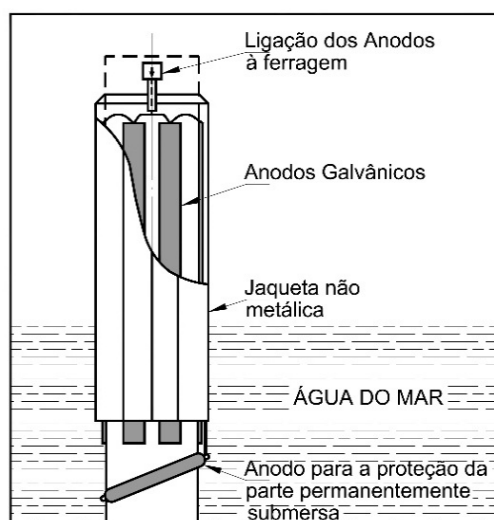


Fig. 02 – Proteção catódica de Zona 3 com anodos galvânicos em estacas de concreto (Cortesia - IEC Engenharia).

A tabela 01 sintetiza as práticas de proteção para as diversas zonas das estacas metálicas e para estacas de concreto.

Tabela 01 - Práticas de proteção anticorrosiva de acordo com a corrosividade

ZONA	CORROSIVIDADE	TÉCNICA DE PROTEÇÃO	OBS.
01	Alta (C5)	Pintura Anticorrosiva	A proteção das "camisas perdidas" é essencial para preservação das estacas de concreto, mesmo que essas camisas não tenham função estrutural.
02	Altíssima (C5/C6)	Pintura Anticorrosiva	
03	Altíssima (CX)	Revestimento (nota)	
04	Altíssima CA5	Proteção Catódica	
05	Altíssima CS5	Proteção Catódica	

Nota: para estacas de concreto pode-se utilizar proteção catódica galvânica como mostrado na figura 02.

7.0 CONCLUSÕES

Com a utilização das técnicas de proteção anticorrosivas através de Pintura Anticorrosiva, revestimentos e proteção catódica é possível garantir a integridade das estacas de aço ou estacas de concreto nas instalações portuárias e outras aplicações como por exemplo nas plataformas fixas.

Cabe ressaltar que nas estacas de concreto com anel tubular (“camisa perdida”), mesmo que estes não tenham função estrutural a proteção anticorrosiva garantirá a integridade durante todo o tempo de uso da estrutura.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Nunes, Laerce P. – Fundamentos de Resistência à Corrosão – Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2ª edição 2025.
- Gentil, Vicente – Corrosão, 7ªed. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, 2022.
- IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão – Sistemas de proteção Catódica - Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2020.
- Dutra, Aldo C. e Nunes, Laerce P. – Proteção Catódica – Técnica de Combate à Corrosão – Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Nunes, Laerce P. – Materiais – Aplicações de Engenharia – Seleção e Integridade – Editora Interciência, Rio de Janeiro
- Nunes, Laerce P. e Lobo, Alfredo O. – Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva Interciência, Rio de Janeiro, 5ª Edição.
- Fragata, Fernando L. – Pintura Anticorrosiva: Falhas e Alterações nos Revestimentos, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2016.