



Proteção Catódica de Tanques de Armazenamento

Luíz Paulo Gomes

IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda.

LPgomes@iecengenharia.com.br

021 99226 8810

www.iecengenharia.com.br

1.0-Introdução

Plantas industriais de um modo geral precisam armazenar com total segurança, baixo custo e sem riscos ao meio ambiente, produtos importantes como água, petróleo, derivados de petróleo e produtos químicos diversos.

Para essa finalidade as companhias de petróleo e gás, as companhias químicas, as petroquímicas e as empresas de saneamento utilizam em larga escala tanques de armazenamento construídos em aço carbono, que podem ser do tipo com base apoiada, aéreos, enterrados ou até mesmo submersos.

Esses tanques, para operarem com segurança e terem sua integridade garantida ao longo dos anos, necessitam ser adequadamente protegidos contra a corrosão, que está sempre presente nessas situações e é causada pela agressividade do meio ambiente, pelo produto armazenado, pelo solo, pela penetração de água entre a base de concreto e a chapa do fundo, pelo sistema de aterramento elétrico e por correntes de fuga ou correntes de interferência.

As partes aéreas dos tanques podem ser inspecionadas com facilidade e a proteção anticorrosiva nesses locais consiste sempre na aplicação de um esquema de revestimento anticorrosivo que possui a vantagem de poder ser reparado sempre que necessário.

Os problemas mais importantes de corrosão e dificuldade de inspeção estão nos locais de difícil acesso, como as superfícies internas em contato com o produto armazenado e o fundo em contato com o solo, anel de concreto ou base de concreto.

Para esses casos a proteção eficiente e a garantia de integridade dos tanques somente pode ser conseguida com a instalação, inspeção regular e manutenção dos sistemas de proteção catódica.

2.0-Corrosão em Tanques de Armazenamento

Os problemas de corrosão dos tanques com base apoiada em contato com solo compactado, anel de concreto ou base de concreto, acontecem devido a vários fatores, destacando-se as características do solo, o importante par galvânico aço/cobre causado pela malha de aterramento elétrico, a entrada de água e poluentes entre o fundo do tanque e sua base e a presença de correntes de fuga ou correntes de interferência.



Os sistemas de aterramento elétrico, necessários por questões de segurança e sempre presentes nas plantas industriais, causam sérios problemas de corrosão nos fundos dos tanques com base apoiada, nos tanques enterrados e nas tubulações enterradas, constituindo-se, na realidade, em um dos mais importantes problemas de corrosão dessas instalações.

Os tanques com base apoiada que armazenam água, petróleo e derivados apresentam, também, problemas importantes de corrosão interna. Nos tanques de petróleo temos corrosão severa causada pelo lastro de água salgada que sempre se acumula no fundo do tanque e nos tanques de derivados de petróleo a corrosão aparece quando há o acúmulo de água em seu interior.

Todos esses problemas de corrosão em tanques de armazenamento, incluindo as tubulações enterradas dentro da planta industrial, somente podem ser resolvidos, com eficiência, segurança e economia, mediante instalação dos sistemas de proteção catódica.

3.0-Necessidade de Proteção Catódica

A princípio todo tanque de armazenamento com base apoiada ou enterrado necessita de proteção catódica.

A decisão de não instalar proteção catódica para tanques em fase de construção ou em operação somente pode ser tomada após uma análise cuidadosa do projeto de construção e do local de instalação do tanque.

Para tanques com base apoiada e tanques enterrados somente podemos afirmar que a proteção catódica não é necessária se as cinco condições abaixo forem atendidas:

- 1) Tanque construído em local com resistividade elétrica do solo elevada, superior a 100.000 ohm.cm.
- 2) Ausência de par galvânico aço/cobre ou seja, tanque não aterrado eletricamente com hastes e cabos de cobre nu (*).
- 3) Ausência de correntes de fuga ou correntes de interferência (**)
- 4) Garantia de vedação permanente entre a base do tanque e a chapa do fundo, de modo a não permitir a entrada de água e poluentes.
- 5) Tanque instalado sobre uma laje de concreto de grandes dimensões, com altura superior a um metro.

(*) Influência do Aterramento Elétrico: Os sistemas de aterramento elétrico, necessários por questões de segurança, são construídos com cabos e hastes de cobre, introduzindo um par galvânico aço/cobre importante, onde o aço se corrói em benefício do cobre. Os aterramentos elétricos causam, também, corrosão severa nas tubulações de aço enterradas dentro da planta industrial (rede de incêndio, tubulações de gás, água potável, ar comprimido e produtos diversos). Em todos esses casos, a única solução capaz de resolver o problema de corrosão consiste na instalação de proteção catódica.

() Influência das Correntes de Fuga ou Correntes de Interferência:** As correntes de fuga ou correntes de interferência, quando presentes, causam sérios problemas de corrosão eletrolítica nos tanques e tubulações enterradas de uma planta industrial. As mais comuns e potencialmente mais prejudiciais são as correntes geradas por sistemas de energia elétrica em corrente contínua, as correntes oriundas de ferrovias eletrificadas como os trens urbanos e os metrô, as correntes provenientes da utilização de máquinas de solda durante os serviços de construção e manutenção e as correntes injetadas no solo pelos sistemas de proteção catódica das tubulações enterradas nas proximidades dos tanques. Para solucionar esses problemas, mais uma vez, os sistemas de proteção catódica são de fundamental importância.



Para tanques em operação a necessidade de proteção catódica fica bastante clara quando fazemos medições das resistividades elétricas e pH do solo, dos potenciais tanque/solo e quando testamos a existência ou não de correntes de fuga nas proximidades dos tanques.

Muitas vezes a decisão de instalar proteção catódica em tanques existentes acontece quando os primeiros indícios de corrosão das chapas do fundo começam a aparecer, fato muito comum de acontecer. O importante é que precisamos ter pleno conhecimento do problema e não podemos esperar que o tanque fure por corrosão para tomarmos a decisão de instalar o sistema de proteção catódica.

Para o caso de tanques de armazenamento de água a decisão de não instalar proteção catódica interna somente pode ser tomada se as análises químicas, medições de resistividade elétrica, pH, gases dissolvidos (em especial o oxigênio) e a presença de bactérias redutoras de sulfato mostrarem que a água não é corrosiva.

Para o caso dos tanques de derivados de petróleo sabemos que os hidrocarbonetos puros geralmente não são corrosivos. A corrosão interna poderá ocorrer, entretanto, em tanques com o acúmulo de água, sedimentos ou outros poluentes. Nesses casos o procedimento mais indicado consiste em revestir o fundo do tanque internamente e instalar anodos galvânicos de proteção catódica.

4.0-Proteção Catódica por Corrente Impressa para Tanques com Base Apoiada

Para a proteção catódica externa por corrente impressa de tanques de armazenamento com base apoiada são adotadas configurações diferentes, uma para cada tipo de situação.

A principal preocupação do projetista de proteção catódica é distribuir corretamente os anodos de proteção catódica de tal maneira que se consiga uma boa distribuição da corrente, capaz de garantir a obtenção de potenciais de proteção tanto na extremidade quanto no centro do tanque.

4.1-Proteção Catódica de Tanques Novos: Para o caso de tanques novos, em fase de construção, temos conseguido excelentes resultados com a instalação de anodos contínuos concêntricos e eletrodos de referência permanentes, especialmente fabricados para essa finalidade, instalados em baixo do tanque e antes da construção da chapa do fundo (Fig. 1)

Esse tipo de instalação, onde os anodos e os eletrodos de referência são instalados em baixo do tanque, possui a vantagem adicional de poder ser utilizado em tanques com sistema de contenção de vazamentos com membrana impermeável e nos casos de tanques de fundo duplo, onde os anodos precisam ficar entre os dois fundos.

A instalação de um segundo fundo em tanques de armazenamento, como se sabe, é a alternativa utilizada em tanques existentes que, por falta de proteção catódica, tiveram o fundo original destruído pela corrosão. Quando o segundo fundo é construído a recomendação é que ele seja protegido mediante instalação de anodos contínuos de proteção catódica entre os dois fundos.



4.2-Proteção Catódica de Tanques Existentes de Pequeno Diâmetro: Para o caso de tanques existentes, onde não é possível a instalação de anodos em baixo do fundo, a solução consiste em instalar anodos distribuídos em volta do tanque (Fig. 2). Essa solução funciona bem para a proteção de tanques de pequeno diâmetro, onde é mais fácil que a corrente de proteção catódica atinja o centro do tanque. Nesses casos não é possível a instalação de eletrodos de referência em baixo do tanque e as medições de potencial tanque/solo são feitas somente nas bordas, com o auxílio de um eletrodo de referência portátil. Esse tipo de instalação, entretanto, não é eficiente quando o tanque possui um sistema de contenção de vazamento com membrana impermeável e nem para o caso dos tanques de fundo duplo, porque tanto a membrana isolante quanto o fundo abandonado impedem a circulação correta da corrente de proteção catódica.

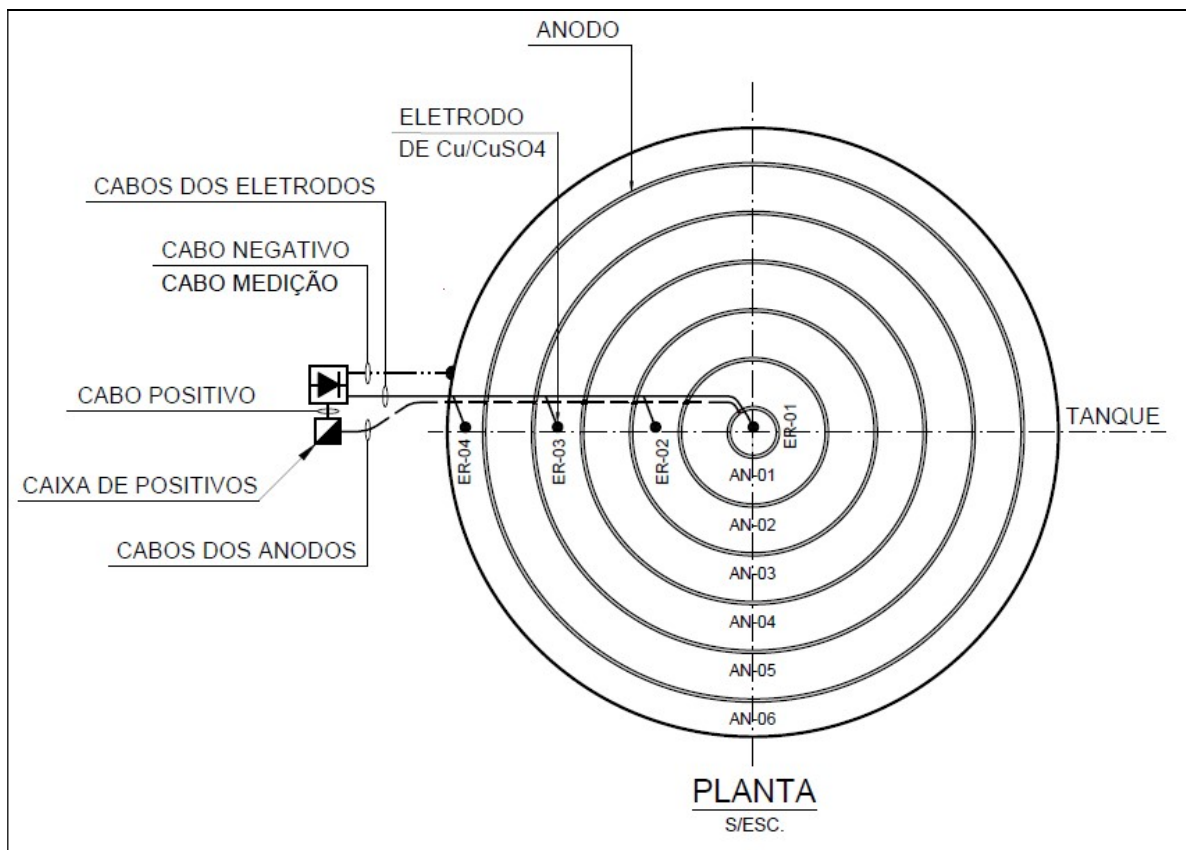


Figura 1 – Proteção Catódica de Tanques Novos, em Fase de Construção, com a Utilização de um Retificador, uma Caixa de Ligação, Eletrodos Permanentes de Referência e Anodos Contínuos Concêntricos Instalados em Baixo do Tanque

4.3-Proteção Catódica de Tanques Existentes de Grande Diâmetro: Para a proteção de tanques existentes de maior diâmetro, onde a distribuição de corrente no centro do tanque fica mais difícil de ser conseguida, uma boa solução consiste na instalação de anodos profundos, desde que corretamente projetados e instalados (Fig. 3).



4.4-Instalação dos Anodos com o Auxílio de Furos Direcionais: A melhor solução, entretanto, consiste em instalar os anodos e os eletrodos de referência em baixo do tanque com o auxílio de furos direcionais. Essa solução deve ser sempre analisada mas nem sempre é viável tecnicamente, devido às limitações de espaço para o procedimento de execução dos furos direcionais.

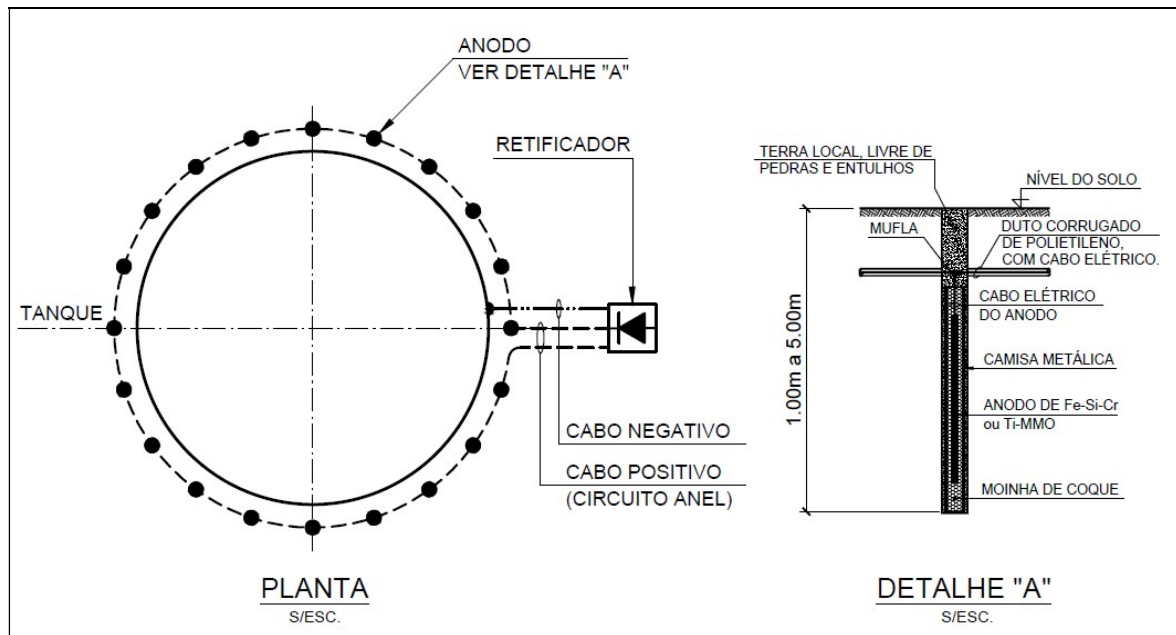


Figura 2 – Proteção Catódica de Tanques Existentes de Pequeno Diâmetro com o Auxílio de um Retificador e Anodos Convencionais Instalados ao Redor do Tanque

4.5-Proteção Catódica Interna de Tanques de Água: Para a proteção catódica interna de tanques de água temos utilizado com bastante sucesso anodos inertes e eletrodos de referência especialmente desenvolvidos para essa finalidade, que podem ser fixados à partir do teto (para tanques novos) ou em boias na superfície da água (para o caso de tanques em operação). Para o caso de tanques pequenos e bem revestidos internamente a melhor solução pode ser a instalação de anodos galvânicos, mas para o caso de armazenamento de água para o consumo humano essa solução precisa ser analisada com cuidado devido à possibilidade de contaminação da água com o produto de corrosão dos anodos.

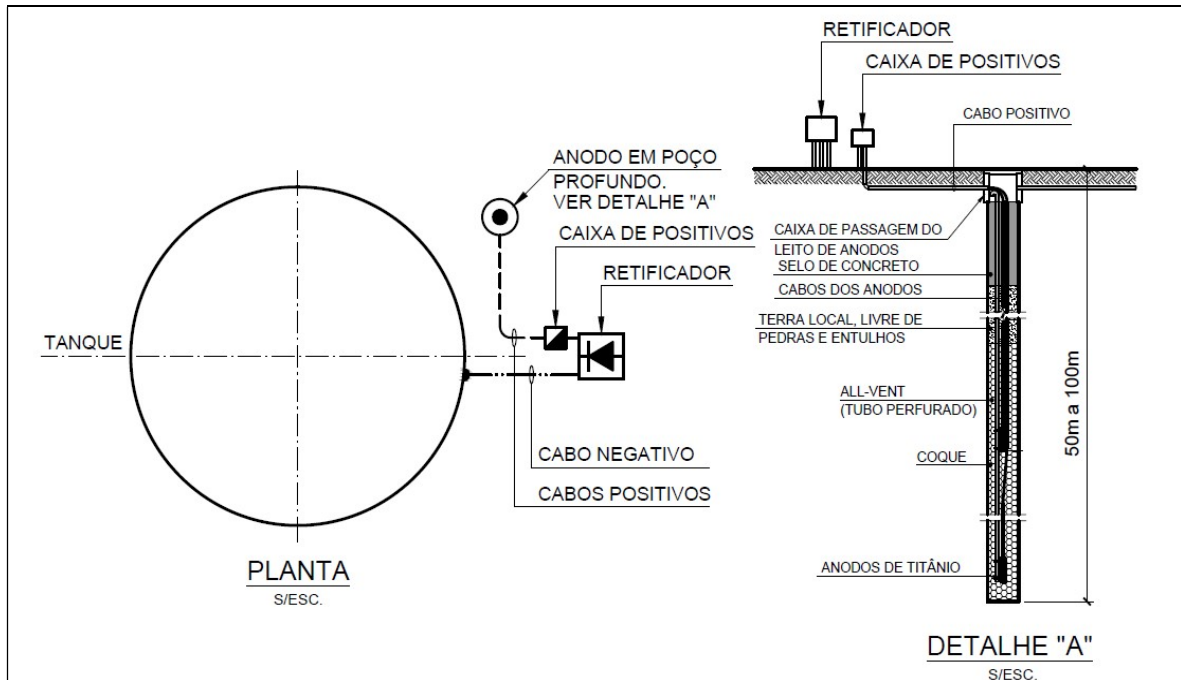


Figura 3 – Proteção Catódica de Tanques Existentes de Grande Diâmetro com a Utilização de um Retificador, uma Caixa de Ligação e um Leito de Anodos do Tipo Profundo

5.0-Critérios de Proteção Catódica

De acordo com a Recomendação Prática NACE RP0193-2016 os critérios utilizados para a proteção catódica interna ou externa de tanques de armazenamento de aço são os seguintes:

- 5.1-Potencial tanque/solo igual ou mais negativo que $-0,85V$ medido em relação ao eletrodo de $Cu/CuSO_4$, para o caso dos tanques enterrados ou com base apoiada.
- 5.2-Potencial tanque/água igual ou mais negativo que $-0,80V$ medido em relação ao eletrodo de $Ag/AgCl$, para o caso dos tanques de água.
- 5.3-Polarização catódica mínima de 100 mV para qualquer um dos casos.



6.0-Normas e Recomendações Práticas

Para o projeto e a instalação dos sistemas de proteção catódica em tanques de armazenamento recomendamos a utilização das seguintes normas e procedimentos técnicos:

- **API Recommended Practice 651** – Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks.
- **API Recommended Practice 1632** - Cathodic Protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping Systems
- **API Recommended Practice 652** - Lining of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms
- **API Recommended Practice 1615** - Installation of Underground Petroleum Storage Systems
- **API Recommended Practice 2003** - Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Current
- **API Recommended Practice 2003** - Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
- **NACE Standard Practice SP0388-2014** – Impressed Current Cathodic Protection of Internal Submerged Surface of Carbon Steel Water Storage Tanks
- **NACE Recommended Practice RP0193-2016** – Application of Cathodic Protection to Control External Corrosion of Carbon Steel On-Grade Storage Tank Bottoms
- **NACE Recommended Practice SP0285-2011** - Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection
- **NACE Recommended Practice** - SP0572-2007, Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds
- **NACE SP0575-2007** - Internal Cathodic Protection Systems in Oil Treating Vessels

7.0-Procedimentos Recomendados

7.1-Procedimento Recomendado para o Estudo da Necessidade de Proteção Catódica em Tanques Novos

- **Primeira Etapa:** Análise dos desenhos de construção do tanque (incluindo o tipo de base onde ele estará apoiado e o projeto de aterramento elétrico), dos valores de resistividade elétrica do solo no local, da presença ou não de fontes de corrente contínua (estradas de ferro eletrificadas e sistema de proteção catódica de terceiros) e do produto armazenado.
- **Segunda Etapa:** Estudo e elaboração de parecer técnico sobre a necessidade ou não de proteção catódica externa e interna do tanque.

Observações Importantes

1) Para que a proteção catódica seja considerada não necessária para o fundo do tanque (parte externa) as seguintes condições precisam estar presentes: solo local com alta resistividade elétrica (superior a 100.000 ohm.cm), ausência de aterramento elétrico com hastes e cabos de cobre, ausência de correntes de fuga, garantia de que não haverá penetração de água entre a base e o fundo e tanque construído sobre laje de concreto com altura igual ou superior a 1,0 metro.



2) Para que a proteção catódica seja considerada não necessária para o fundo e o costado (parte interna) de tanques de água torna-se necessário que a análise química da água (incluindo o pH, resistividade elétrica, teores de oxigênio e outros gases) comprove que ela não é corrosiva.

3) Para tanques de armazenamento de petróleo haverá sempre o acúmulo de água salgada no fundo do tanque e a proteção catódica interna será necessária.

4) Para tanques de armazenamento de derivados de petróleo sabemos que os hidrocarbonetos puros geralmente não são corrosivos. A corrosão interna, entretanto, poderá ocorrer em tanques com o acúmulo de água, sedimentos ou outros poluentes, fazendo que a proteção catódica seja necessária.

7.2-Procedimento Recomendado para o Estudo da Necessidade de Proteção Catódica em Tanques Existentes

- **Primeira Etapa:** Inspeção e medições de campo, incluindo medições das resistividades elétricas do solo, medições dos potenciais tanque/solo e tanque/água, inspeção e medições do sistema de aterramento elétrico e testes para a detecção de correntes de fuga ou correntes de interferência. Verificação da possibilidade de penetração de água entre a base e o fundo do tanque.
- **Segunda Etapa:** Estudo e elaboração de parecer técnico sobre a necessidade ou não de proteção catódica externa e interna do tanque. As mesmas observações anteriores devem ser utilizadas para a emissão desse parecer técnico.

7.3-Procedimento Recomendado para a Implantação do Sistema de Proteção Catódica

- **Primeira Etapa:** Análise dos desenhos, inspeção do local e medições de campo.
- **Segunda Etapa:** Análise das informações de campo e elaboração do projeto de proteção catódica, incluindo memorial descritivo, memória de cálculo, lista e especificação dos materiais, desenhos de instalação e especificação técnica para instalação, pré-operação, operação e manutenção.
- **Terceira Etapa:** Fornecimento dos equipamentos e materiais incluindo os Certificados de Qualidade e Garantia.
- **Quarta Etapa:** Instalação, testes, pré-operação e emissão do “data book” do sistema instalado.



8.0-Conclusões

Plantas industriais de um modo geral precisam armazenar, com total segurança, baixo custo e sem riscos ao meio ambiente, produtos importantes como água, gás, petróleo, derivados de petróleo e produtos químicos diversos.

Para essa finalidade as companhias de petróleo e gás e as companhias químicas, petroquímicas e de saneamento utilizam em larga escala os tanques de armazenamento construídos em aço carbono, que podem ser do tipo com base apoiada, aéreos, enterrados ou até mesmo submersos.

Esses tanques, incluindo as tubulações enterradas dentro da planta industrial, apresentam problemas de corrosão importantes que somente podem ser solucionados com a aplicação dos sistemas de proteção catódica.

Todo tanque de armazenamento com base apoiada, enterrado ou submerso e todo tanque de armazenamento de água potável ou industrial necessita de proteção catódica, a não ser que estudos específicos comprovem o contrário.

Tanques de armazenamento de petróleo possuem normalmente um lastro de água salgada e precisam de proteção catódica interna.

Tanques de armazenamento de derivados de petróleo não necessitam de proteção catódica interna, a não ser que exista a possibilidade de acúmulo de água no fundo do tanque.

O estudo e a implantação dos sistemas de proteção catódica de tanques de armazenamento de qualquer natureza devem ser feitos de acordo com as Recomendações Práticas da API-American Petroleum Institute e da NACE International.

9.0-Referências Técnicas

1. IEC, **Livro Sistemas de Proteção Catódica-Segunda Edição**, Editora Interciência, 2020, 351 páginas.
2. Eduardo Barreto, Laerce de Paula Nunes e Anderson Teixeira Kreischer, **Proteção Catódica em Fundo de Tanque de Armazenamento com Manta de Polietileno como Contenção de Vazamentos**. Artigo Técnico apresentado no INTERCORR 2016.
3. Ted Huck, **External Tank Bottom Cathodic Protection - State of the Art – Anode Technology**, Artigo Técnico publicado na Revista Materials Performance, May 2016.
4. API Recommended Practice 651, **Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks**, September 2014.
5. NACE Standard Practice SP0388-2014 – **Impressed Current Cathodic Protection of Internal Submerged Surface of Carbon Steel Water Storage Tanks**
6. Gomes, Luiz Paulo, **The Importance for Cathodic Protection for the Modern World**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM – PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 28, December 2018.
7. Gomes, Luiz Paulo, **Protecting Underground Pipelines Against Corrosion and Electrical Interference**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM – PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 26, June 2018.