



# SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA POR FIO CONDUTOR APLICADO A CAMINHÃO DO TIPO AUTO TANQUE PARA TRANSPORTE DE GLP

FORTALEZA  
2025



## DADOS DO CASE

### Categoria:

Logística

### Autores:

- Wildenberg Pereira Lucas – Nacional Gás.  
Contatos: [wildenbergylucas@nacionalgas.com.br](mailto:wildenbergylucas@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Plínio Ricardo Martins – Nacional Gás.  
Contato: [plinio.martins@nacionalgas.com.br](mailto:plinio.martins@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Arlei Andrade da Silva – Nacional Gás.  
Contatos: [arlei.silva@nacionalgas.com.br](mailto:arlei.silva@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Paula Silva Marques – Nacional Gás.  
Contatos: [paula.marques@nacionalgas.com.br](mailto:paula.marques@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Nicolas Daniel Gomes Silva - Nacional Gás/Grupo Portfolio  
Contatos: [nicolas.daniel@nacionalgas.com.br](mailto:nicolas.daniel@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- José Germano Pereira de Sousa – Nacional Gás  
Contatos: [jose.sousa@nacionalgas.com.br](mailto:jose.sousa@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Patrício Machado Veras – Nacional Gás  
Contatos: [patricio.veras@nacionalgas.com.br](mailto:patricio.veras@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Robson de Sousa Dourado – Nacional Gás  
Contatos: [robson.dourado@nacionalgas.com.br](mailto:robson.dourado@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Jean Kleber Lima da Cruz - Nacional Gás.  
Contatos: [jean.cruz@nacionalgas.com.br](mailto:jean.cruz@nacionalgas.com.br) / (085) 3466.8921
- Francisco Miller  
Contato: [francisco@passivar.com.br](mailto:francisco@passivar.com.br) / (011) 99100-71118



## RESUMO

A Nacional Gás, com presença consolidada em todas as regiões do Brasil, reafirma seu compromisso com a excelência ao investir continuamente na modernização de suas bases distribuidoras e renovação de sua frota de caminhões auto tanque, destinados ao transporte e entrega de GLP a granel.

Como parte dessa estratégia de inovação, avança na implementação de um sistema pioneiro de proteção catódica (SPC) em sua frota que opera em regiões litorâneas. Essa iniciativa representa um salto tecnológico e um marco importante na gestão de integridade de ativos no setor de GLP, aumentando significativamente a vida útil dos equipamentos e à redução de custos com manutenção corretiva.

Nossos caminhões enfrentam condições operacionais extremamente desafiadoras, como:

- Exposição constante à umidade, maresia, variações térmicas e resíduos de GLP;
- Ciclos intensos e frequentes de carga e descarga, que aceleram processos eletroquímicos nos tanques de aço carbono;
- Cumprimento rigoroso das normas de segurança e ambientais.

Com o uso do SPC, a Nacional Gás eleva seus padrões de operação, para o transporte de GLP no país. Trata-se de uma inovação que une tecnologia comprovada a um compromisso contínuo com a excelência. Essa inovação proporciona:

- Redução de paradas não programadas, contribuindo para a excelência na prestação de serviços, reduzindo paradas e aumentando a disponibilidade da frota;
- Segurança reforçada, alinhada às mais rigorosas regulamentações do setor;
- Sustentabilidade: com menos necessidade de substituição precoce de equipamento, prolongando seu ciclo de vida útil;
- Redução de custo de manutenção R\$96.128,00;



- Perda de vendas 236.875 ton./mês além de insatisfação do cliente e desabastecimento da rede.

A Nacional Gás segue transformando do transporte de GLP no país, unindo tecnologia de ponta, segurança e sustentabilidade para oferecer soluções mais eficientes, seguras e responsáveis para o mercado e a sociedade.



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	7
1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda.....	7
1.2 Histórico da Passivar Solução para corrosão.....	8
2. CORROSÃO .....	12
2.1 Influência da corrosão .....	12
2.2 Conceitos.....	13
2.3 Mecanismos de corrosão .....	15
2.4 Formas de corrosão .....	17
2.5 Tipos de revestimento anticorrosivo .....	21
2.6 Proteção catódica .....	23
2.6.1 Modelo implantado na Nacional Gás “Sistema de proteção catódica por filme condutivo” .....	27
2.7 Resultados .....	29
2.7.1 Estrutura a proteger .....	29
2.7.2 Posicionamento dos pontos de conexão dos módulos de corrente.....	31
2.7.3 Monitoramento .....	32
3. CUSTOS.....	33
4. SITUAÇÃO ATUAL.....	34
4.1 Perspectivas futuras .....	35
5. CONCLUSÃO .....	36
6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	37



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Auto Tanque.....	9
Figura 2 - Vasos de Pressão com Corrosão .....	11
Figura 3 - Comparativo PIB Brasileiro X Corrosão .....	12
Figura 4 - Identificação de Oxidação, Ferrugem e Corrosão .....	14
Figura 5 - Corrosão Química .....	15
Figura 6 - Corrosão Eletroquímica .....	16
Figura 7 - Corrosão Eletrolítica .....	16
Figura 8 - Corrosão Uniforme .....	17
Figura 9 - Corrosão Galvânica .....	18
Figura 10 - Corrosão em Fresta.....	18
Figura 11 - Corrosão por Pitting.....	18
Figura 12 - Corrosão por Rompimento Seletivo.....	19
Figura 13 - Corrosão por Erosão .....	20
Figura 14 - Corrosão sob Tensão.....	20
Figura 15 - Diagrama de pourbaix para aço carbono em meio aquoso a 25 <sup>o</sup> c.....	24
Figura 16 - Proteção catódica com anodo galvânico de estrutura enterrada .....	26
Figura 17 - Proteção catódica por corrente impressa.....	27
Figura 18 - Proteção catódica por fio condutivo.....	28
Figura 19 - Identificação do auto tanque.....	30
Figura 20 - Módulo de corrente.....	31
Figura 21 - Módulo de corrente conectado a cabine.....	31
Figura 22 - Módulo de corrente conectado ao vaso e capela.....	32
Figura 23 - Monitoramento do SPC .....	32



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda

A história da Nacional Gás se inicia em 1951, com um jovem empreendedor chamado Edson Queiroz que percebeu mudanças que estavam ocorrendo no mercado mundial na época e trouxe as mesmas para realidade dos cearenses. No início houve uma grande resistência da população devido ao receio do GLP, no entanto o jovem Edson conseguiu convencer a população de Fortaleza a deixar os antigos fogões a lenha pelos novos fogões que utilizavam o novo produto. No início a empresa teve enormes dificuldades, pois além do grande preconceito do povo nordestino com o produto, ainda era difícil a obtenção de GLP, pois o produto era importado do México e Estados Unidos e ainda existia a dificuldade de distribuição dele. Para conseguir superar esses obstáculos foi preciso que o jovem empresário passasse a vender fogões, além de ter que ir pessoalmente nas casas dos clientes para fazer a instalação e informar sobre as vantagens dos novos produtos.

Em 1953, após uma ação arrojada, Edson Queiroz obteve a autorização para carregar seus botijões de gás na Refinaria Landulfo Alves em Mataripe/BA. A partir desta concessão, a Edson Queiroz & Cia., que tinha 289 clientes e comercializava 2,9 toneladas por mês, a partir dessa ação foram reduzidos os custos para obtenção do GLP, conseguindo progressos significativos na distribuição. Por outro lado, o mercado continuava crescendo com a disruptiva do preconceito dos consumidores em Fortaleza. Foi quando a empresa iniciou um crescimento e ampliou para outros estados do Brasil, além deste fato, também se estendeu para outras atividades econômicas.

A Nacional Gás chega aos dias atuais com foco na modernidade, com destaque nacional na comercialização de envasados domiciliar e crescendo cada vez mais no setor granel, graças ao reconhecimento e preferência dos seus parceiros de negócios, clientes e consumidores. Atuando no armazenamento, envase e distribuição de GLP, está presente em quase todo o território nacional.



## 1.2 Histórico da Passivar Solução para corrosão

A Passivar é uma empresa especializada no desenvolvimento de projetos de engenharia voltados à prevenção e controle de processos corrosivos, com foco em soluções eletroquímicas eficientes e inovadoras.

Seu time reúne especialistas com mais de 40 anos de experiência em desenvolvimento, assessoria e implantação de sistemas de proteção catódica em estruturas metálicas. Todos trabalham em total sinergia para oferecer aos clientes o resultado esperado no combate definitivo contra a corrosão, com uso de tecnologia de ponta e assistência técnica.

O desenvolvimento do Sistema de Proteção Catódica por Filme Condutivo teve início no ano de 2005, a partir de ensaios voltados à minimização de processos corrosivos nos extratores de gelatina em empresa alimentícia em sua planta localizada no município de Amparo, no Estado de São Paulo. Para o desenvolvimento do projeto piloto e do estudo inicial, foi realizada a proteção contra corrosão de um clipe de papel convencional. Ao lado desse clipe, foi instalado outro, idêntico, exposto ao mesmo meio corrosivo, porém sem proteção. Ao final de 20 horas de ensaio, o clipe protegido não apresentou perda significativa de massa - sendo considerada significativa qualquer perda superior a 0,01 g -, enquanto o clipe não protegido registrou uma perda de massa da ordem de 26% em relação ao seu peso original.

Em 2007, a Passivar elaborou um projeto para proteção contra corrosão das prensas de cavacos de eucalipto de indústria de celulose em sua planta localizada no município de Jundiaí, também no Estado de São Paulo. Essas prensas, utilizadas no processo de formação de placas de MDF, realizavam a prensagem dos cavacos para a extração da seiva e de outros líquidos altamente corrosivos. Durante esse processo, o corpo metálico das prensas era banhado pelo produto extraído, o que provocava um processo corrosivo acelerado, que foi minimizado em aproximadamente 95% com a aplicação da tecnologia PASSIVAR.

Líder em soluções inovadoras para proteção contra corrosão em estruturas metálicas, a Passivar foi um dos destaques da Agrishow 2024, a maior feira de tecnologia

agropecuária da América Latina, realizada em Ribeirão Preto (SP) entre os dias 29 de abril e 3 de maio, onde a empresa apresentou sua tecnologia patenteada de proteção catódica por filme condutivo, que oferece uma solução eficiente, econômica e sustentável para combater a corrosão em diversos equipamentos e estruturas agrícolas, tais como tratores, colheitadeiras, galpões, tanques e silos.

Desde então, o sistema PASSIVAR de combate à corrosão vem passando por constantes desenvolvimentos tecnológicos, com o objetivo de manter-se atualizado e incorporar os mais recentes avanços da tecnologia.

### 1.3 Cenário atual

Nas unidades da Nacional Gás, os caminhões do tipo auto tanque são responsáveis pela movimentação diária de milhares de toneladas de GLP granel, garantindo o abastecimento contínuo aos nossos clientes externos.

Figura 1 - Auto tanque



Fonte: Nacional Gás

Esses veículos operam em condições extremamente exigentes, enfrentando uma ampla variedade de ambientes e intempéries que impactam diretamente sua durabilidade, desempenho e segurança operacional. A exposição constante ao sol, chuva, umidade, poeira e variações de temperatura já representa um desafio significativo. No entanto, os riscos aumentam consideravelmente em regiões litorâneas, onde a corrosão se torna um dos principais agentes de desgaste e deterioração ao longo do tempo.



O ambiente marítimo é altamente agressivo devido à presença da maresia, que carrega elevadas concentrações de cloretos no ar, principalmente o cloreto de sódio (sal). Esse sal, em suspensão, deposita-se nas superfícies metálicas dos caminhões e, em contato com a umidade do ar, cria um ambiente eletrolítico propício para a iniciação e propagação da corrosão.

A ação contínua da maresia compromete rapidamente a integridade de componentes fundamentais, como o vaso de pressão, cabine, chassi, conexões metálicas, tubulações, elementos de fixação, válvulas, conduítes elétricos e o próprio sistema de freios. Além disso, a corrosão pode afetar diretamente o sistema de pintura, expondo o metal e acelerando o processo de degradação.

#### 1.4 Problemas encontrados

Atualmente, a Nacional Gás conta com uma frota de 201 autotanques. Desse total, 71 unidades (equivalente a 35,32% da frota) operam em regiões litorâneas, estando constantemente expostas à ação corrosiva da maresia.

A atmosfera marinha, rica em sais e com alta umidade relativa, acelera os processos de oxidação e corrosão em componentes metálicos, gerando impactos relevantes para a operação.

Os principais problemas enfrentados nessas regiões podem ser categorizados da seguinte forma:

- ✓ Perdas materiais e financeiras: a maresia intensifica a deterioração de estruturas e equipamentos críticos, como caminhões, vasos de pressão, bombas de transferência, tubulações e conexões. Como consequência, observa-se:
  - Necessidade de substituição mais frequente de componentes;
  - Elevação dos custos com manutenção corretiva, preventiva e tratamentos de superfície (pintura, revestimentos etc.);
  - Redução da vida útil dos equipamentos e da confiabilidade estrutural.
- ✓ Disponibilidade operacional: a corrosão acelerada aumenta a frequência e a duração das paradas de manutenção, resultando em:

- Redução da capacidade operacional e comprometimento do cumprimento de cronogramas de abastecimento;
- Prejuízos à logística e à confiabilidade da cadeia de suprimento, impactando diretamente a satisfação dos clientes.
- ✓ Segurança e meio ambiente: o comprometimento da integridade estrutural dos autotanques e de seus componentes eleva significativamente os riscos operacionais. Entre os principais impactos, destacam-se:
  - Riscos à segurança: possibilidade de vazamentos, fissuras ou falhas críticas em componentes pressurizados, colocando em perigo colaboradores, terceiros e a própria operação;
  - Impactos ambientais: eventuais vazamentos de GLP ou de fluidos auxiliares (óleo lubrificante, combustíveis, graxas) podem atingir o solo e corpos hídricos, agravando os riscos em ecossistemas costeiros de alta sensibilidade ambiental.

*Figura 2 - Vasos de pressão com corrosão*



Fonte: Nacional Gás

## 2. CORROSÃO

### 2.1 Influência da corrosão

Segundo a NACE (National Association of Engineers), atualmente AMPP Association for Materials Protection and Performance), em relatório de impacto de 2016, “O custo global da corrosão é estimado em US\$ 2,5 trilhões anuais, o que equivale a 3,4% do PIB global (2013). Usando as práticas de controle de corrosão disponíveis, estima-se que uma economia entre 15 e 35% do custo da corrosão possa ser evitada; ou seja, entre US\$ 375 e US\$ 875 bilhões anualmente em uma base global. Esses custos normalmente não incluem a segurança individual ou as consequências ambientais. Por meio de quase acidentes, incidentes, desligamentos forçados (interrupções), acidentes etc., várias indústrias perceberam que a falta de gerenciamento de corrosão pode ser muito cara e que, por meio do gerenciamento adequado da corrosão, economias significativas de custos podem ser alcançadas ao longo da vida útil de um ativo.

A Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), utilizando como base as informações do relatório da NACE de 2016 estima que a corrosão no Brasil consome cerca de 3% do PIB nacional (referência 2021), equivalente a aproximadamente R\$ 261 bilhões anuais. Além disso, a ABRACO aponta que, com a implementação de medidas de proteção adequadas, seria possível economizar até R\$ 52 bilhões por ano (20% do custo nacional), conforme quadro abaixo.

Figura 3 - Comparativo PIB brasileiro x Corrosão



Fonte: <https://abraco.org.br>

Em termos de custo, a ABRACO menciona que a corrosão acarreta uma série de custos diretos e indiretos para as empresas, sendo:

- *Custos Diretos:*

- Substituição de materiais e equipamentos danificados;
- Reparos e manutenção de estruturas afetadas

- *Custos Indiretos:*

- Paradas não planejadas de processos produtivos;
- Perda de produtos devido a falhas em equipamentos;
- Danos ao meio ambiente, resultando em multas e custos de remediação;
- Acidentes de trabalho relacionados à falha de componentes corroídos.

## 2.2 Conceitos

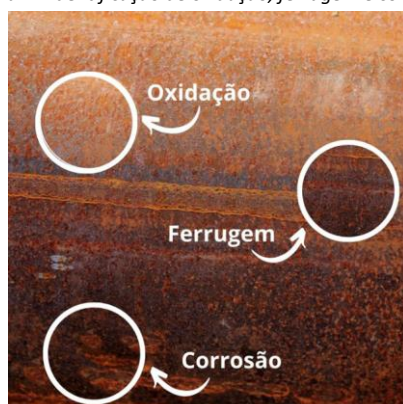
Corrosão é a deterioração de um material devido à interação química com o meio ambiente. É um processo natural oxirredução que ocorrem quando há transferência de elétrons entre elementos químicos. Elas são reações opostas, ou seja, na oxidação ocorre de perda de elétrons enquanto na redução ocorre ganho de elétrons no qual os metais convertem sua estrutura em uma forma quimicamente mais estável, como óxidos, hidróxidos ou sulfetos. Para sofrer oxidação, o metal deve apresentar um potencial de redução (Ered) menor que o material que entrou em contato com ele.

A corrosão também pode ser definida como fenômeno causado por interações físico-químicas entre o material e o meio a que o material está exposto, resultando na perda de massa do material.

Oxidação é uma reação de corrosão, pois em cada ato de oxidação ocorre uma troca eletrônica, classificável como corrosão eletroquímica.

A ferrugem é um fenômeno específico de corrosão que afeta metais que contenham ferro, sendo o ferro e o aço os mais suscetíveis. É uma forma de oxidação que ocorre quando o ferro reage com o oxigênio e a água. A reação química resultante leva à formação de óxidos de ferro, em especial o óxido de ferro (III), que têm uma cor característica avermelhada ou alaranjada, conhecida como “ferrugem”.

Figura 4 - Identificação de oxidação, ferrugem e corrosão



Fonte: <https://solventex.com.br/conteudo/saiba-a-diferenca-entre-oxidacao-corrosao-e-ferrugem>

Ex: se o zinco, que possui  $E_{red} = -0,76$  V, entrar em contato com o ferro ( $E_{red} = -0,036$  V), o ferro sofrerá oxidação, e o zinco sofrerá redução. Nesse caso, teríamos a corrosão do ferro.

A seguir apresentamos as equações que representam os dois processos:

- Oxidação:  $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e$
- Redução:  $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$

Conhecendo os potenciais de redução ou oxidação dos metais, é possível saber se haverá reação de oxidação ou redução, conforme demonstra a tabela abaixo:

A tabela abaixo fornece os potenciais de redução ou de oxidação de materiais.

Reação de Eletrodo	Potencial $E_0$ (volts)
$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg$	- 2,34
$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al$	- 1,67
$Mn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mn$	- 1,03
$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	- 0,76
$Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe$	- 0,44
$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb$	- 0,13
$2H^+ + e \rightleftharpoons H_2$	0,00
$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu$	0,34
$Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$	0,80

Tabela 1 - Potencial de Redução

Nota: quanto mais negativo o potencial do eletrodo, maior a tendência ao elemento a ser oxidado.

## 2.3 Mecanismos de corrosão

Há três mecanismos do meio agir sobre o material, por isso, a corrosão é classificada em: eletroquímica, química e eletrolítica.

- ✓ Corrosão Química: ocorre através de reações diretas entre o metal e substâncias químicas no ambiente, sem a necessidade de uma corrente elétrica ou um meio eletricamente condutor. Nesse tipo de corrosão, o metal reage diretamente com substâncias agressivas no ambiente, como oxigênio, ácidos ou gases para formar óxidos, sais ou outros compostos metálicos. Nesse processo pode ocorrer por oxidação direta ou reações com gases atmosféricos.

Figura 5 - Corrosão química



Fonte: <https://rijeza.com.br/blog/corrosao-quimica-saiba-como-prevenir>

- ✓ Corrosão Eletroquímica: causado por um diferencial de potencial eletroquímico entre diferentes áreas da superfície do material. Ocorre quando o metal entra em contato direto com o meio corrosivo. Há duas formas básicas de causar corrosão eletroquímica.
  - Condição 1: colocar o metal em contato com um eletrólito e, assim, formar uma pilha galvânica. Isso ocorre quando a água e o oxigênio presentes no ar reagem com o material desprotegido;
  - Condição 2: consiste em manter dois metais ligados por um eletrólito. Ao colocar, por exemplo, uma placa de cobre e uma de ferro mergulhadas em um eletrólito neutro aerado, cada uma se tornará um eletrodo. O ferro (ânodo) perderá elétrons

para o cobre (cátodo), que será reduzido. O ânodo vai sofrer desgaste e dar origem à ferrugem.

Figura 6 - Corrosão eletroquímica



Fonte: <https://rijeza.com.br/blog/corrosao-eletroquimica-voce-sabe-o-que-e/>

- ✓ Corrosão Eletrolítica: processo não espontâneo, visto que não acontece por meios naturais porque demanda a aplicação de corrente elétrica no sistema. Essa corrosão corre quando o metal é imerso em uma solução aquosa contendo íons e é submetido a uma corrente elétrica externa. Nesse processo, a corrente elétrica pode ser fornecida externamente (por exemplo, em um processo de galvanização ou eletrodeposição) ou em ambientes quando não há isolamento ou aterramento, ou estes estão com alguma deficiência, formam-se correntes de fuga, e quando elas escapam para o solo formam-se pequenos furos nas instalações.

Figura 7 - Corrosão eletrolítica



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>

## 2.4 Formas de corrosão

O processo corrosivo de um equipamento ocorre de forma diferente em cada material, no entanto as condições de operações e a geometria de cada tipo de material também influencia na forma de corrosão que assola o material. O processo de corrosão é espontâneo, ocasionado pela necessidade do material de atingir seu estado de menor energia, que é o seu estado mais estável. Partindo desse princípio termodinâmico, temos as mais diversas formas de ocorrência da corrosão. As formas de corrosão mais comuns estão listadas a seguir.

- ✓ Corrosão Uniforme: advém de uma reação eletroquímica que ocorre de maneira uniforme sobre toda a superfície de um metal. Esse tipo de corrosão é a mais violenta forma de deteriorar o material, uma vez que envolve toda a sua superfície.
- ✓ A corrosão uniforme pode ser prevenida ou diminuída pelo uso de revestimentos, inibidores ou proteção catódica;

Figura 8 - Corrosão uniforme



Fonte: <https://engenheirodemateriais.com.br/2017/04/26/as-formas-de-corrosao/>

- ✓ Corrosão Galvânica: ocorre quando há a presença da diferença de potencial (DDP) entre dois metais diferentes que se encontram em uma solução corrosiva ou condutiva. Caso esses metais sejam colocados em contato, essa DDP produz uma corrente elétrica, essa corrente elétrica é determinante para a deterioração do material. Visto que, o princípio básico desse tipo de corrosão é aumentar a resistência do metal menos resistente e diminuir a corrosão do metal mais resistente. O metal menos resistente denomina-se como anódico, e o mais resistente como catódico. Quando se utiliza a proteção catódica, força-se um metal a ser o cátodo de uma célula

galvânica através da inserção de outro metal. O mesmo efeito pode ser obtido com uma corrente impressa no metal, passando através de um anodo inerte;

Figura 9 - Corrosão galvânica



Fonte: <https://f4.com.ar/corrosion-galvanica/>

- ✓ Corrosão em Frestas (fendas): a reação de corrosão envolve a dissolução do metal e a redução do oxigênio a íons de hidróxido. Esse tipo de Corrosão é do tipo intensa e localiza-se frequentemente dentro de fendas das superfícies metálicas.

Figura 10 - Corrosão em fresta



Fonte: <https://www.propeq.com.br>

- ✓ Corrosão por Pitting: é uma forma de corrosão bem localizada que resulta em uma corrosão localizada com profundidade de valor mínimo sendo o dobro do raio formado pela corrosão plana, ou seja, maior que o raio do Pitting causando “buracos” no metal. É uma das formas mais agressivas de corrosão, visto que pode causar falhas em equipamento mesmo com pequena perda metálica. Além disso, é um tipo de corrosão que é difícil de ser detectada, uma vez que buracos causados pela corrosão são pequenos e estão habitualmente cobertos de material corroído;

Figura 11 - Corrosão por pitting



Fonte: <https://sulcromo.com.br/>

- ✓ Rompimento Seletivo (Selective Leaching): é dado pela remoção de um dos elementos de uma liga pelo processo de corrosão. Tendo como exemplo clássico temos a remoção de zinco de uma liga, mas também ocorre em outras ligas nas quais elementos como alumínio, cobalto, cromo e ferro, entre outros, são removidos. Esse tipo de corrosão é uma das mais perigosas, já que as dimensões do material corroído não se alteram de modo notável, porém o material fica fragilizado, levando na maioria das vezes rompimentos da estrutura;

Figura 12 - Corrosão por rompimento seletivo



Fonte: <https://www.sulcromo.com.br/>

- ✓ Corrosão por Erosão: é responsável pela aceleração da degradação de um metal causada pelo movimento relativo entre uma superfície metálica e um fluido corrosivo. O metal é removido da superfície como íons dissolvidos, ou o metal forma produtos corroídos sólidos que são levados da superfície pelo fluido. A corrosão por erosão costuma formar ondas no metal, e usualmente exibe um padrão direcional. O movimento de fluidos é responsável por arrancar a camada protetora, resultando em corrosão acelerada.

Todos os equipamentos sujeitos a movimentação de fluidos sofrem corrosão por erosão, particularmente tubulações, válvulas, centrífugas, agitadores etc. Uma atenção especial a esse tipo de corrosão deve ser observada na indústria do petróleo e gás natural, por utilizar amplamente a movimentação de fluidos;

Figura 13 - Corrosão por erosão



Fonte: <https://www.sulcromo.com.br/>

- ✓ Corrosão sob Tensão: é a forma de corrosão na qual há o aparecimento de rachaduras pela presença coincidente de tensões mecânicas e um meio corrosivo. Durante esse tipo de corrosão, grande parte da sua superfície não sofre nenhum dano, porém onde há presença de rachaduras esse tipo de corrosão é responsável pela progressão da mesma através do metal. As consequências desse tipo de corrosão para os projetos que utilizam estrutura metálicas requerem extrema atenção, uma vez que podem ocorrer em situações em que os danos ocorram dentro do limite do projeto. Uma das formas de evitar ou reduzir a corrosão sob tensão é diminuir as tensões, utilizar tintas anticorrosivas e fazer a proteção do metal com produtos específicos, tais como inibidores, por exemplo, além de remover partículas de cloreto e oxigênio e promover alterações no pH do local.

Figura 14 - Corrosão sob tensão



Fonte: <https://www.sulcromo.com.br/>

## 2.5 Tipos de revestimento anticorrosivo

Entre os tipos mais comuns de revestimento anticorrosivos, destacam-se:

- Revestimentos metálicos: utiliza-se de aplicação de um metal protetor sobre a superfície do material que precisa ser protegida. Os métodos mais comuns são:
  - Galvanização: utilizada para aplicar uma camada de zinco a metais como ferro e aço, está técnica cria uma barreira física de sacrifício (zinco) que protege contra a corrosão. Exemplo: galvanização de transportadores de vasilhames;
  - Anodização: processo eletroquímico que visa formar uma camada de óxido na superfície de um metal (aplicação de alumínio). Esse filme formado estabiliza a superfície, impedindo que o material oxide ainda mais. Geralmente aplicada em peças de alumínio, porém podem ser aplicados a outros materiais;
  - Metalização por chama: um metal é aquecido até se tornar líquido e pulverizado sobre a superfície a ser revestida, oferecendo uma barreira protetora impedindo corrosão e uma superfície resistente ao desgaste, melhorando sua durabilidade e resistência mecânica. A metalização permite o uso de diversos materiais, como zinco, alumínio e ligas especiais, possibilitando escolher a combinação mais adequada para cada aplicação específica.
- Revestimentos plásticos: utilizam materiais como poliuretano e epóxi para criar uma barreira física protetora. Esses revestimentos são aplicados através de diferentes técnicas como moldagem, extrusão ou pintura. Os materiais mais comuns são:

- Poliuretano: oferece elevada elasticidade e resistência ao desgaste e à abrasão, sendo amplamente utilizado em pisos industriais;
- Epóxi: proporciona uma barreira resistente a produtos químicos, umidade e abrasão. É comumente utilizado para revestir tanques de armazenamento e tubulações;
- PVC: proporciona resistência à umidade e produtos químicos, geralmente utilizado em revestimentos de cabos e tubos.
- Revestimentos cerâmicos: oferecem elevada resistência à abrasão e a altas temperaturas, sendo ideais para ambientes industriais agressivos.
  - Barreira térmica: usados para proteger motores e componentes sujeitos a altas temperaturas;
  - Revestimento refratários: possuem alta resistência a chamas e abrasão, são utilizados em fornos e caldeiras;
  - Camadas de spray térmicos: utilizados para proteção de peças de maquinários contra corrosão e o desgaste em ambientes severos.
- Revestimento de tinta anticorrosiva: aplicadas em várias camadas, essas tintas formam uma barreira física contra agentes corrosivos. A maioria dos revestimentos feitos por pintura industrial são compostos por um esquema que envolve três camadas de tintas: tinta de fundo, tinta intermediária e tinta de acabamento, garantindo assim uma proteção reforçada ao material.
- Fitas anticorrosiva: material autoadesivo, revestido por um composto adesivo resistente às intempéries e aos agentes químicos. Permite envolver tubos e superfícies metálicas e cria uma barreira que impede a penetração de umidade e oxigênio, principais causas de corrosão. Recomendada para as situações em que a corrosão é mais intensa, especialmente quando a tubulação é enterrada, submersa, sujeita a ataques químicos, abrasão etc. Há vários tipos de fita anticorrosiva, feitas em diversos materiais com variações de aderências, espessura, resistência a impacto e temperatura, sendo:

- Fita de polietileno (PE): com uma camada de adesivo de borracha ou butil, esse é um dos tipos de fita anticorrosiva mais comuns. Especialmente eficaz em ambientes agressivos, como os encontrados em tubulações subterrâneas e submersas, a fita é flexível, fácil de aplicar e oferece resistência a produtos químicos;
- Fita de cera ou encerada: formuladas para proteger contra a corrosão em ambientes marítimos ou altamente corrosivos. Impregnadas com uma cera anticorrosiva que cria uma camada protetora sobre o metal, impedem a entrada de água e outros agentes corrosivos. Devido à sua flexibilidade, são frequentemente usadas em juntas de tubulações, conexões e outros componentes com demanda por cobertura uniforme.
- Fita de PVC (policloreto de vinila): opção eficaz para proteger superfícies metálicas contra a corrosão, especialmente em ambientes agressivos. Oferece excelente resistência à umidade, produtos químicos, raios UV e desgaste mecânico, ideal para uso em tubulações, dutos e estruturas expostas a condições climáticas adversas.

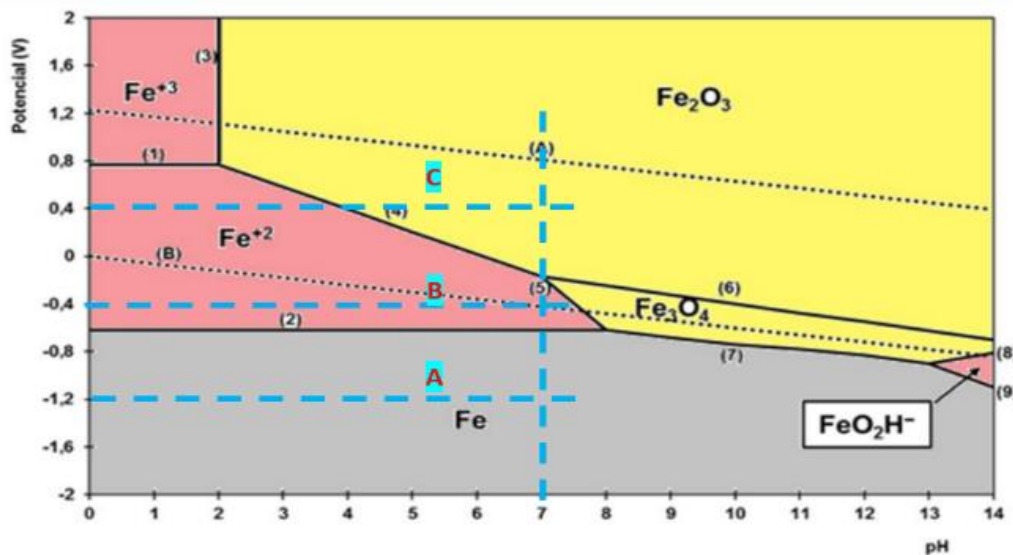
A escolha do revestimento adequado garante uma proteção eficaz e prolongada, resultando em maior economia e segurança.

## 2.6 Proteção catódica

Proteção catódica é a técnica que, baseada nos princípios da eletroquímica, possui a intenção de conferir uma corrente galvânica superior à corrente corrosiva, para redirecioná-la a um metal mais ativo (nova área anódica). Dessa forma, protege toda a área comprometida evitando a deterioração da estrutura.

O princípio da proteção catódica, consistem em alterar o potencial do metal que se deseja proteger de modo que o novo potencial se situe abaixo do potencial de equilíbrio do metal (idealmente) – região de imunidade do diagrama de Pourbaix.

Figura 15 - Diagrama de Pourbaix para aço carbono em meio aquoso a 25°C



Existem dois métodos para a aplicação de um sistema de proteção catódica: o método galvânico (anodos de sacrifício), e o método por corrente impressa. A escolha, na prática, do método a ser utilizado, depende da análise de várias considerações técnicas e econômicas, sendo que cada qual tem suas vantagens e desvantagens.

Embora a proteção catódica possa ser utilizada com eficiência para a proteção de estruturas metálicas completamente nuas, sua aplicação torna-se mais eficiente e econômica quando empregado em conjunto com revestimentos protetores (proteção por barreira, ex: pintura). Sua finalidade, nesses casos, consiste em complementar a ação protetora dos revestimentos que sempre contêm poros, falhas e se tornam deficientes com o passar do tempo.

De um modo geral, o processo de controle de corrosão por proteção catódica deve ser empregado em conjunto com revestimentos protetores (proteção por barreira, exemplo: pintura).

- ✓ Proteção catódica galvânica ou ânodo de sacrifício: envolve o contato físico ou uma ligação elétrica de dois metais diferentes imersos em um eletrólito. A diferença de potencial entre estes metais produzirá uma corrente elétrica entre eles que fará com que o metal menos nobre sofra um aumento da sua velocidade de corrosão, tal efeito não aconteceria caso ele não estivesse e ligado a outro metal. Em outras palavras, a

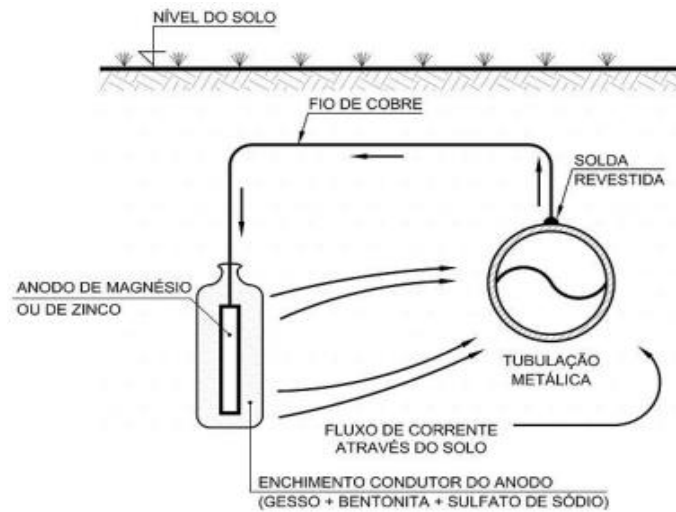
polarização ocorre de forma espontânea devido ao contato entre os dois metais com diferença de potenciais distintas.

Esse método baseia-se na injeção de uma corrente elétrica imprescindível em um potencial controlado, a fim de formar um filme protetor entre o metal que se precisa ser protegido (cátodo) e metal escolhido para fazer sua proteção (anodo). Esse filme é formado por óxidos do próprio metal, e esta camada de óxido age como uma barreira protetora capaz de isolar a superfície do substrato do eletrólito;

Principais vantagens da utilização de anodos galvânicos:

- ✓ Não requer suprimento de corrente alternada no local;
- ✓ Os custos de manutenção, após o sistema instalado, são mínimos;
- ✓ Raramente aparecerão problemas de interferência com outras instalações metálicas enterradas;
- ✓ Não oferece risco de superproteção;
- ✓ Os custos de instalação são baixos.
- ✓ Desvantagens são as seguintes:
- ✓ A quantidade de corrente fornecida à estrutura é limitada pela diferença de potencial, bastante baixa, entre os anodos e a estrutura;
- ✓ Se o revestimento não for muito bom, ou se a tubulação, por exemplo, tiver grande diâmetro e grande comprimento, a proteção com anodos galvânicos poderá ficar muito cara, devido à grande quantidade de anodos a ser utilizada;
- ✓ Se a tubulação, por exemplo, estiver influenciada por correntes de fuga, provenientes de sistemas eletrificados de tração, os anodos galvânicos poderão não ser eficientes.

Figura 16 - Proteção catódica com anodo galvânico de estrutura enterrada

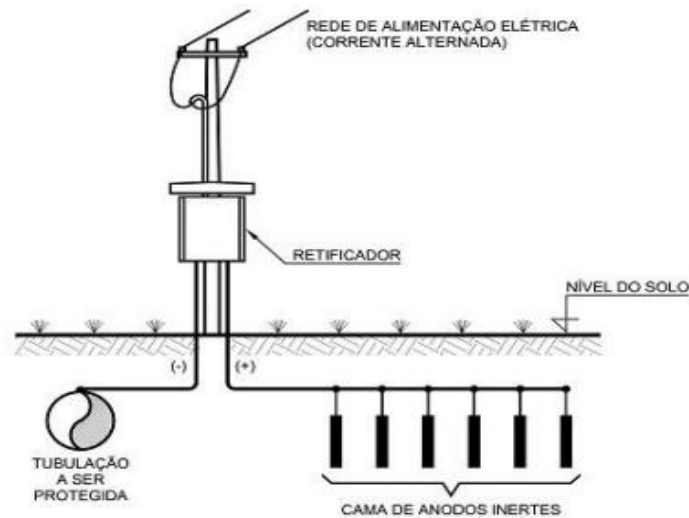


Fonte: <https://egdengenharia.com.br/>

- ✓ Proteção catódica por corrente impressa: este tipo de proteção catódica é formado a partir da existência de uma diferença de potencial provocado por uma fonte externa geradora de corrente elétrica, que pode ser um retificador, uma bateria ou gerador (obrigatoriamente necessita de uma fonte externa de corrente elétrica). Os anodos presentes na proteção por corrente impressa não possuem função de serem corroídos para a preservação de um metal mais nobre. Mas de dispersar a corrente elétrica no eletrólito, e seu desgaste é relativamente baixo.
- ✓ Principais vantagens para a aplicação do método por corrente impressa
- ✓ Fornecer maiores quantidades de corrente às estruturas;
- ✓ Controlar as quantidades de corrente fornecidas;
- ✓ Ser aplicado em qualquer meio, mesmo quando o eletrólito for de elevada resistividade elétrica;
- ✓ Ser aplicado, com eficácia, para a proteção de estruturas nuas ou com revestimentos de pouca eficiência;
- ✓ Ser aplicado, com economia, para a proteção de instalações metálicas de grande porte;
- ✓ Ser utilizado com eficácia onde há correntes de interferência.
- ✓ Principais desvantagens para a utilização de corrente impressão:
- ✓ Necessidade de manutenção periódica, ainda que de fácil realização;
- ✓ Dispendio com a energia elétrica consumida, embora de pouca monta;

- ✓ Possibilidade de criar problemas de interferência com outras estruturas metálicas enterradas nas proximidades, o que pode ser evitado com facilidade.

Figura 17 - Proteção catódica por corrente impressa



Fonte: <https://egdengenharia.com.br/>

### 2.6.1 Modelo implantado na Nacional Gás “Sistema de proteção catódica por filme condutivo”

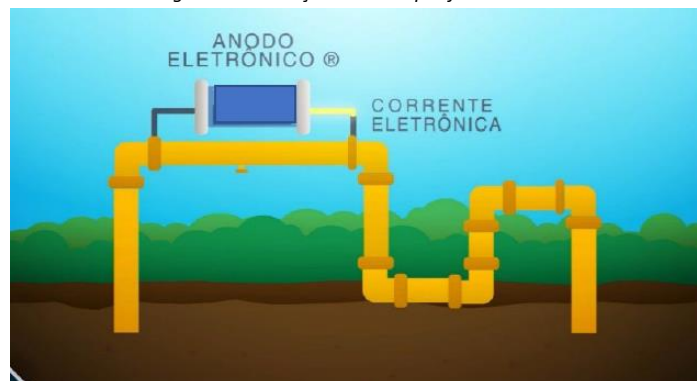
A tecnologia de operação de um sistema de operação entre um sistema de proteção catódica por corrente impressa e de um sistema de proteção catódica por filme condutivo é a mesma, ou seja, o fornecimento de elétrons para uma determinada estrutura a ser protegida, de tal modo que estes elétrons fornecidos reajam nas reações químicas de corrosão preservando os elétrons da estrutura a proteger.

Ambos os sistemas se diferenciam na forma de como estes elétrons são fornecidos a estrutura a proteger sendo esta diferenciação compreendida abaixo.

- Método convencional (corrente impressa e/ou galvânica): a corrente de proteção é distribuída entre anodos de sacrifício posicionados de modo remoto e a estrutura a proteger. Esta particularidade faz com que a potência deste tipo de proteção seja elevada, uma vez que a corrente de proteção deverá ter compensada a parcela de perda que apresenta na resistência elétrica existente entre o anodo e a estrutura proteger;
- Proteção por filme condutivo: nesse tipo de proteção não existe a figura do anodo remoto, sendo a corrente de proteção fornecida por dois cabos conectados

diretamente na estrutura a proteger, passando a corrente de proteção a circular na superfície desta estrutura, elevando a eficiência do sistema uma vez que não existe a perda de parcela de corrente de proteção para o meio existente entre a estrutura e o anodo remoto da corrente impressa.

Figura 18 - Proteção catódica por fio condutivo



Fonte: [passivar.com.br](http://passivar.com.br)

Uma vez que a resistência elétrica a ser vencida na transmissão da corrente de proteção entre o anodo remoto e a estrutura a proteger é inexistente em um sistema de proteção por filme condutivo, sua eficiência é em muito superior quando comparada a um sistema por corrente impressa.

O sistema de proteção catódica por filme condutivo faz com que a estrutura a proteger passe a receber elétrons livres aplicados pela circulação de uma corrente elétrica externa.

Estes elétrons livres reagem com o oxigênio e hidrogênio contidos no eletrólito em contato com a superfície externa da estrutura a proteger pelo contato existente entre ambos. A reação destes elétrons livres com o eletrólito ocorre devido a sua “fraca” ligação com a estrutura metálica, evitando assim que as reações de corrosão ocorram na estrutura metálica e ocasionem sua consequente degradação.

Em um sistema de proteção catódica por filme condutivo a corrente de proteção é obtida pela circulação desta corrente entre dois eletrodos posicionados diretamente na superfície metálica, eliminando assim o fator das resistências elétricas existente no circuito, fato que maximiza a eficiência do sistema e reduzindo em muito a necessidade de fornecimento de corrente de proteção.



Em comparação ao método de corrente impressa, sua eficiência é superior visto que, no modelo de “fio condutor”, a resistência elétrica a ser vencida na transmissão da corrente de proteção entre o anodo remoto e a estrutura a proteger é inexistente.

Esta ausência da resistência elétrica entre os cabos de conexão também resulta em equipamentos com potência final em muito inferior quando comparado a sistemas por corrente impressa.

Este projeto considerou para a distribuição da corrente de proteção um sistema de proteção catódica por filme condutivo isto como forma de melhor distribuímos a corrente de proteção e facilitarmos a polarização posterior da estrutura a proteger na estrutura do pórtico.

## 2.7 Resultados

### 2.7.1 Estrutura a proteger

Este projeto visa a proteção de toda estrutura de aço empregadas no caminhão auto tanque, onde assumirá um valor de densidade de corrente da ordem de 0,25 mA/m<sup>2</sup>, corrente de proteção 17,75mA, alimentação 12 Vcc.

O Anodo Eletrônico fornecido pela Passivar atua de maneira preventiva, formando um filme condutivo na superfície do metal que neutraliza os processos eletroquímicos responsáveis pela corrosão.

A corrente de proteção é obtida pela circulação da corrente entre dois eletrodos posicionados diretamente na superfície metálica do caminhão, o mesmo foi adotado para efeito de cálculos o valor da densidade de corrente como uma média dos valores apresentados na Norma NBR 15.589-1:2016 - Indústria do Petróleo e Gás Natural - Proteção Catódica para Sistemas de Transporte de Dutos Parte 1: Dutos terrestres, em sua Tabela I.

]Tabela 2 - Características do caminhão

<b>Identificação</b>	
Veículo:	Caminhão truck
Placa:	TJF6E18
Chassi:	*9536C8TD5SR042026*
<b>Característica do vaso</b>	
Capacidade:	20.000 litros
Diâmetro:	2.217mm
Compr. total:	5.877mm
Corpo:	12 mm / SA612
Tampos:	6,88 mm AS455
Norma de fabricação:	ASME, VIII, DIV. I
Data implantação SPC:	maio 2.025

Fonte: Nacional Gás

Figura 19 - Identificação do auto tanque



Fonte: Nacional Gás

### 2.7.2 Posicionamento dos pontos de conexão dos módulos de corrente

Módulo de corrente instalado sob a capela e pontos de conexão localizados conforme abaixo:

- ✓ Cabine: conectado próximo aos faróis LD e LE;
- ✓ Vaso: conectado na parte superior do vaso a lanterna tipo “Três Marias” e dois pontos sob a capela (suporte das lanternas traseira LD e LE);

Figura 20 - Módulo de corrente



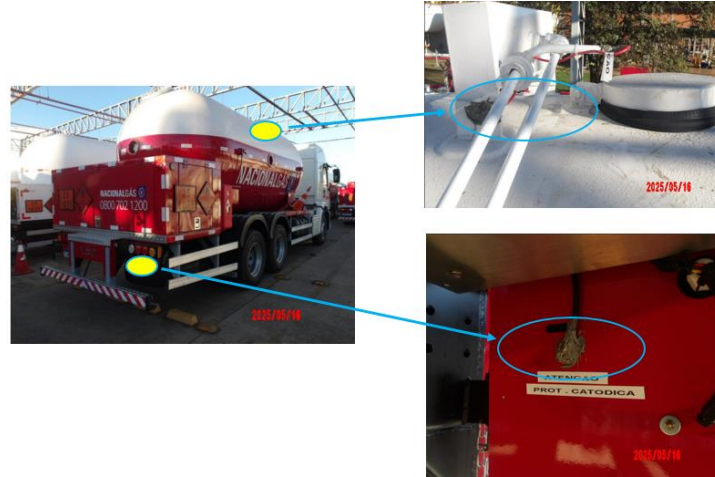
Fonte: Nacional Gás

Figura 21 - Módulo de corrente conectado a cabine



Fonte: Nacional Gás

Figura 22 - Módulo de corrente conectado ao vaso e capela



Fonte: Nacional Gás

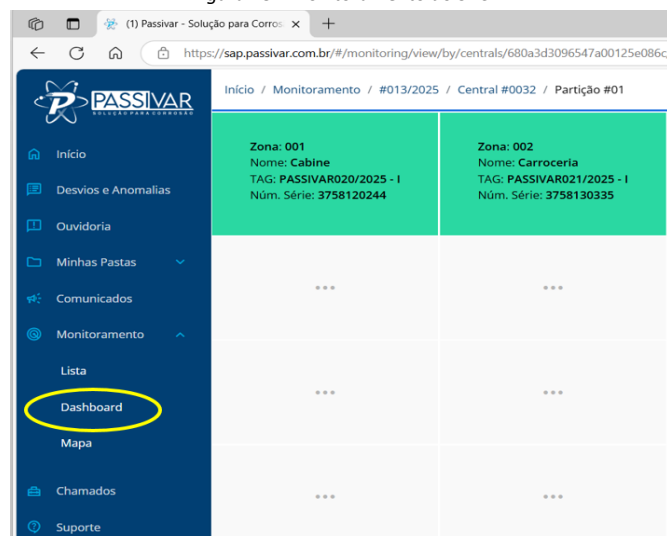
### 2.7.3 Monitoramento

Possibilidade de cadastro e monitoramento de ocorrências como criação de pasta para organização de documentos, anexar e compartilhar arquivos, visualizar um painel com informações das centrais, partições e zonas disponíveis;

A cor do fundo representa o status operacional

- **Verde:** operação normal;
- **Vermelho:** falha (acionar suporte);
- **Amarelo:** alerta – verificar anomalias

Figura 23 - Monitoramento do SPC



### 3. CUSTOS

A parada de um caminhão autotanque para manutenção corretiva não gera apenas despesas técnicas de oficina. Seus efeitos se estendem aos setores técnico, logístico e comercial, resultando em perdas financeiras expressivas nos custos indiretos e ocultos, muitas vezes superiores ao valor da própria manutenção.

<i>Custo com deslocamento</i>	
Distância Fortaleza x SP x Fortaleza "km":	6.656
<i>Combustível</i>	
Diesel consumido "litro"	1.555,96
Arla consumido "litro"	84,78
Combustível "R\$"	R\$ 9.947,30
Pedágio "R\$"	R\$ 763,98
<b>Total 1:</b>	<b>R\$ 10.711,28</b>
Hospedagem (07 diárias):	7
Custo com hospedagem:	R\$ 1.750,00
Despesa com alimentação:	R\$ 770,00
<b>Total 2:</b>	<b>R\$ 2.520,00</b>
<b>Custo com deslocamento:</b>	<b>R\$ 13.231,28</b>

<i>Etapa</i>	<i>Dias úteis</i>
Deslocamento Fortaleza x SP	3
Inertização do vaso pressão:	1
Manutenção e reforma estrutural:	15
Gaseificação:	1
Teste em rota:	2
Retorno SP x Fortaleza:	3
<b>Indisponibilidade:</b>	<b>25</b>

<i>Impacto operacional</i>		
Capacidade útil caminhão:	9.435	kg GLP
Perda operacional:	235.875	kg GLP
	235,875	ton. GLP

<i>Custos Direto</i>	<i>Valor</i>
Inertização:	R\$ 600,00
Gaseificação:	R\$ 528,00
Manutenção e reforma do frota:	R\$ 95.000,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 96.128,00</b>

#### **Custos Indiretos e Ocultos**

- ✓ Perda de vendas (235.875 ton/mês) → principal impacto financeiro;
- ✓ Riscos no deslocamento longo (≈ 6.000 km ida e volta): acidentes rodoviários, seguros e sinistros;



- ✓ Depreciação do ativo: o veículo continua depreciando mesmo parado em manutenção;
- ✓ Imagem institucional: falhas no abastecimento podem comprometer a credibilidade da empresa junto ao mercado.

#### 4. SITUAÇÃO ATUAL

Desde a implantação das medidas de prevenção à corrosão – incluindo a aplicação do Sistema de Proteção Catódica por Filme Condutivo (SPC), revestimentos anticorrosivos de manutenção preventiva – até a data atual, não foram identificadas falhas estruturais nem ocorrências nos caminhões do tipo autotanque.

Essa ausência de falhas comprova a eficácia da estratégia adotada pela Nacional Gás para preservar a integridade de seus aditivos, especialmente em ambientes operacionais agressivos, como regiões litorâneas com alta exposição à maresia.

- Os investimentos realizados têm garantido ganhos expressivos, tais como:
- **Redução do risco de falhas não programadas**, evitando paradas corretivas que comprometem o abastecimento;
- **Aumento da confiabilidade e da disponibilidade operacional** da frota, assegurando o cumprimento dos cronogramas de entrega de GLP a granel;
- **Preservação da vida útil dos componentes metálicos**, como vasos de pressão, chassi, válvulas e conduítes elétricos, mesmo sob condições ambientais severas;
- **Prevenção de impactos ambientais e riscos operacionais**, por meio da manutenção da integridade estrutural dos equipamentos;
- **Otimização dos custos operacionais**, com redução comprovada de aproximadamente R\$ 96 mil em despesas com manutenção corretiva;
- **Melhoria na satisfação do cliente**, ao garantir regularidade no abastecimento e evitar perdas estimadas em até 235.875 toneladas/mês em vendas.

Além disso, o monitoramento contínuo do sistema SPC, aliado a inspeções periódicas e práticas de gestão da integridade, contribui para uma visão preditiva e



preventiva da manutenção, reforçando o compromisso da empresa com a segurança, sustentabilidade e excelência operacional.

Os investimentos em manutenção preventiva, aplicação de revestimentos anticorrosivos e intensificação de inspeções periódicas têm se mostrado eficazes, garantindo:

- Redução do risco de falhas não programadas;
- Maior confiabilidade operacional;
- Continuidade no atendimento aos clientes;
- Preservação da integridade dos ativos.

#### 4.1 Perspectivas futuras

Com o objetivo de consolidar os avanços obtidos até o momento e ampliar os resultados relacionados à integridade estrutural dos autotanques, recomenda-se a adoção de ações estratégicas complementares, com foco na inovação tecnológica, eficiência operacional e sustentabilidade:

- **Expansão dos programas de inspeção e monitoramento:** adoção de sistemas digitais integrados para o monitoramento contínuo da integridade estrutural dos equipamentos, permitindo a identificação precoce de anomalias e a tomada de decisões mais ágeis e assertivas;
- **Adoção de tecnologias avançadas de proteção e revestimento:** aplicação de revestimentos industriais de alta performance, como epóxis, poliuretanos e soluções híbridas, com maior resistência química e mecânica, especialmente em componentes expostos a ambientes agressivos;
- **Gestão estratégica de ativos com base no ciclo de vida (Life Cycle Costing):** utilização de metodologias de análise de custo total de propriedade para embasar decisões sobre renovação, modernização e priorização de investimentos na frota, promovendo maior retorno sobre os ativos;
- **Capacitação contínua das equipes técnicas:** fortalecimento dos programas de treinamento para os times de manutenção e operação, com foco na detecção precoce



de sinais de corrosão, na correta aplicação de medidas preventivas e na operação segura dos sistemas de proteção.

Essas ações visam não apenas prolongar a vida útil dos ativos, mas também reforçar o compromisso da Nacional Gás com a excelência operacional, a segurança e a sustentabilidade no transporte de GLP.

## 5. CONCLUSÃO

A Nacional Gás reforça seu compromisso com a excelência operacional e a inovação ao implementar o Sistema de Proteção Catódica (SPC) por filme condutivo em sua frota de caminhões auto tanque. Esta iniciativa não apenas representa um avanço tecnológico no setor de GLP, mas também solidifica a empresa como referência em integridade operacional e eficiência logística.

Desenvolvido para atender às exigentes condições operacionais enfrentadas pela frota, como a exposição à maresia, umidade, variações térmicas e ciclos intensos de carga e descarga, o SPC por filme condutivo se apresenta como uma solução inovadora e eficaz. Ao eliminar as perdas associadas aos métodos convencionais, seus benefícios incluem:

- ✓ Redução das paradas não programadas, garantindo maior continuidade operacional e confiabilidade no abastecimento de GLP a granel;
- ✓ Aumento da vida útil dos ativos, contribuindo para uma operação mais duradoura e eficiente;
- ✓ Em conformidade com a NACE “National Association of Corrosion Engineers” e ABRACO “Associação Brasileira de Corrosão”;
- ✓ Sustentabilidade econômica e ambiental, com menor descarte de equipamentos e redução do consumo energético em comparação aos sistemas tradicionais.

A parceria com a Passivar, especialista em soluções de proteção anticorrosiva, reforça o compromisso da Nacional Gás com tecnologias avançadas e assistência técnica especializada. Essa colaboração une expertise e inovação, consolidando a liderança da empresa no setor de GLP e posicionando-a na vanguarda da indústria, transformando desafios técnicos em oportunidades de aprimoramento contínuo.



Ao integrar experiência, tecnologia e responsabilidade socioambiental, a Nacional Gás não só protege seus ativos, mas também fortalece a cadeia de valor do GLP no Brasil, entregando aos seus clientes operações mais seguras, eficientes e sustentáveis, com um padrão de qualidade excepcional.

## **6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

- ✓ ABNT NBR 15589-1: Indústria de petróleo, petroquímica e gás natural – Proteção catódica de sistemas de transporte por dutos - Parte 1: Dutos terrestres. Rio de Janeiro, 2016.
- ✓ ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão, disponível em <https://abraco.org.br>;
- ✓ Passivar, <https://passivar.com.br>