

# Corrosão de Linhas

Natália Tavares Nogueira\*  
Suelen Galante Inácio\*\*  
Thaís da Silva Lima\*\*\*

## Resumo

A corrosão de linhas é um fenômeno em que há deterioração de um dado componente submetido ou não a um fator ambiental. Para preveni-la, há no estágio de projeto algumas medidas preventivas como seleção, compatibilidade de materiais, geometria dos componentes e acabamento superficial. Este artigo também trata dos tipos de corrosão que podem se instalar quando associados a fatores mecânicos como corrosão sob fadiga, corrosão sob atrito e corrosão por cativação. Esses tipos de corrosão também merecem importância depois de instaladas em um dado material com a finalidade de cessá-las e não apenas evitá-las na fase de projeto.

**Palavras-chave:** Corrosão. Prevenção e combate.

## Introdução

### O que é Corrosão?

Num aspecto muito difundido e aceito universalmente podemos definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso. (GENTIL, 1996, p. 1).

### Prevenção da Corrosão associada a fatores mecânicos

- Corrosão-Erosão
- Ataque por colisão
- Corrosão por cavitação
- Corrosão sob atrito

### Corrosão-Erosão

Pode ser inibida usando materiais mais eficientes contra esta forma de ataque. Os fatores que controlam a corrosão-erosão são vários e por isso variam para cada caso específico. A escolha do metal depende das condições ambientais em

que vai ser escoado, podem ser composição química, temperatura, velocidade, presença de impurezas em suspensão e assim por diante. A corrosão-erosão pode ser inibida pela mudança da geometria do sistema, para que a velocidade seja reduzida e o escoamento laminar assegurado.



Figura 1 - Corrosão-erosão

### Ataque por colisão

No caso do ataque por colisão, são necessários alguns métodos:

- Redução ao máximo do tamanho das bolhas de ar.
- Utilizar ligas que oxidam rápido, para haver a formação de uma película protetora sobre regiões onde o óxido tenha sido danificado.

\* Técnica em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.  
\*\* Técnica em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.  
\*\*\* Técnica em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

- Redução da temperatura do fluido e de sua velocidade.
- Sedimentação e filtração do fluido para tirar sólidos em suspensão.
- Aplicação de revestimento para produzir uma barreira resistente entre o metal e o meio.

### Corrosão por Cavitação

Esse tipo de corrosão pode ser diminuído modificando o projeto com a finalidade de minimizar as diferenças de pressão hidrodinâmica em processos em que há fluidos. Superfícies de baixa rugosidade reduzem o dano por não promoverem regiões para as cavidades se situarem. Alguns fatores que podem reduzir o surgimento da corrosão:

- Injeção de bolhas de ar em fluidos previnem efetivamente a cavitação, devido ao efeito de amortecimento, depois da quebra da cavidade.
- Aumento da temperatura do fluido acima de 50°, quando possível, depois da quebra da cavidade.
- Adição de substâncias como bicromo de sódio, nitretos e fosfatos (que são inibidores) a sistemas de circulação fechados diminui a intensidade do ataque.
- O dano por cavitação pode ser reduzido, usando-se materiais com maior dureza e limite de resistência à tração. Ligas de Co, Cr e W com durezas muito altas têm sido observadas a resistir ao dano por cavitação.



Figura 2 - Corrosão por cavitação

### Corrosão por atrito

A corrosão por atrito pode ser minimizada ou eliminada em muitos casos, aplicando-se as seguintes medidas:

- Eliminar o escorregamento entre as superfícies por aumento da carga.
- Colocar uma fina folha de plástico (quando

possível) para absorver a vibração e excluir o oxigênio presente na interface.

- Usar lubrificante com baixa viscosidade, óleos de alta tenacidade e graxas para reduzir o atrito e excluir o oxigênio.
- Aumentar a dureza das superfícies de contato.
- Diminuir a carga na interface.

### Corrosão sob Fadiga

Segundo Ramathan a corrosão sob fadiga pode ser prevenida por vários métodos:

- Projeto adequado de componentes ajuda a combater a corrosão. Deve-se evitar entalhes e portanto a estagnação do fluido, assim como a acessibilidade do ar e outros meios corrosivos .
- Uso de materiais resistentes à corrosão, como monel e aço inoxidável em vez de aço carbono comum. No caso de componentes de máquinas expostos à vibração, a uma frequência próxima ao seu "período natural", a falha devido a efeito de ressonância pode ser evitada selecionando-se um material com uma capacidade de amortecimento mais alta.
- A redução de tensão sobre os componentes ajuda a eliminar a corrosão sob fadiga. Tratamentos térmicos aliviadores de tensão, ou a introdução de tensões de compressão também reduzem a corrosão sob fadiga sobre as superfícies. A última pode ser atingida por meios químicos com cementação ou nitretação, por meios mecânicos como laminação a quente, ou por condicionamento superficial por bombardeio com partículas duríssimas.

- A eletrodeposição de metais, como zinco sobre aço doce, melhora o limite de resistência à fadiga. Revestimento de cromo, níquel, cobre e outros metais tem também sido usados para a proteção. Técnicas de revestimento que não induzem tensões de tração no revestimento nem carregam o metal base com hidrogênio devem ser escolhidas.

- Revestimentos orgânicos tais como pinturas e resinas para aço doce também são usados para fornecer proteção.

- Proteção catódica e anódica dos componentes de aço em condições de corrosão sob fadiga aumenta o limite de resistência à fadiga.

- Inibidores químicos da corrosão são também efetivos em reduzir ou eliminar os efeitos da corrosão sob fadiga. (RAMATHAN, 1990).



Figura 3 - Corrosão sob fadiga

## Combate da Corrosão

O combate da corrosão pode ser considerado um conjunto de misturas que, quando presente no meio corrosivo, combate a corrosão. Substâncias que têm a capacidade de proteção de um dado material, têm sido alvo de pesquisas, devido à grande demanda. E para que essas substâncias desempenhem seu papel esperado, é necessário levar em conta quatro aspectos:

- Causas da corrosão no sistema, para que seja possível identificar as causas e procurar a solução de seus efeitos.
- Custo de sua utilização, para que se estude se há vantagem ou não na substituição de dado componente. Levando em conta o aumento da vida útil, a eliminação da manutenção corretiva, a prevenção de acidentes e etc.
- Qual a ação inibidora a ser usada, com a finalidade de comparar o processo de operação com o material metálico usado, essa é uma prática muito importante para que não haja a produção de problemas secundários.
- Adequação de adição e controle, para evitar que haja a formação de espuma em função de agitação do meio, formação de grande espessura de depósito, efeitos tóxicos e etc.

## Controle da Corrosão

Controlar a corrosão significa controlar a reação do metal com seu meio, de forma que as propriedades físicas e mecânicas do metal sejam preservadas durante seu tempo de vida útil. Vale ressaltar que a vida útil dos componentes metálicos varia muito. Os diferentes métodos de controle de corrosão podem ser divididos nas seguintes categorias:

- Seleção dos Materiais
- Compatibilidade dos Materiais
- Variação nas Condições Ambientais
- Geometria dos componentes
- Fatores Mecânicos
- Acabamento Superficial
- Sistemas Protetores
- Facilidade de Manutenção
- Economia

## Seleção de Materiais

Geralmente a seleção dos materiais, metal ou liga, é baseada em suas propriedades de engenharia, mas seria mais aconselhável selecionar o material segundo as propriedades químicas, mecânicas, físicas, disponibilidades, métodos de fabricação e custos.

Todos esses cuidados devem ser tomados porque há certos materiais que são caros, mas resistentes à corrosão; e outros que são baratos, mas necessitam de proteção e inspeção periódica. A faixa dos materiais disponíveis está se expandindo rapidamente, plásticos, fibras de vidro e outros componentes já estão substituindo, principalmente para a corrosão em certos componentes mais agressivos. E também pela disponibilidade, já que especificar uma liga muito difícil de fabricar ou que demore muito para ser feita é inviável.

Então alguns fatores devem ser levados em consideração: escolha de um material mais resistente à corrosão, escoamento em condições adequadas em meio seco ou em meio fluido, maior atenção a situações que levam à corrosão em frestas, situações propensas à corrosão sob tensão fraturante.

## Compatibilidade de Materiais

A compatibilidade do material é um aspecto de suma importância, principalmente quando se trata de equipamentos de multicomponentes, em que relações mal concebidas entre materiais e componentes podem arruinar um projeto. Na prática, o contato entre diferentes materiais é inevitável, já que equipamentos e arranjos de tubulações são feitos de diferentes metais e ligas e constantemente entram em contato com meio corrosivo. Assim sendo, a corrosão bimetálica (ex.: rebites de aço que unem placas de cobre são rapidamente atacados em água do mar, enquanto que rebite de cobre sobre uma placa de aço produz um ataque ligeiramente acelerado de aço adjacente ao rebite) pode ser evitada, usando material isolante apropriado, usando metal mais nobre com menor área do par, pintar ambos os metais.

Tratando da geometria dos componentes, depois de decidido o metal utilizado, a geometria pode ajudar a prolongar o tempo de vida útil de um dado material. Seguem algumas orientações importantes:

- A forma geométrica externa e interna de um componente deve facilitar a manutenção dos mesmos, quanto à limpeza, e sem produtos de corrosão em todos os estágios.
- O projeto de ser simples, com formatos suaves.
- A geometria dos componentes deve ser tal que

se obtenham condições ambientais uniformes.

- Deve se tomar as precauções razoáveis para que o ar seco tenha acesso livre às superfícies umedecidas pela água depositada pela chuva, respingos e condensação.

- Formas geométricas que retenham combinações corrosivas de ar ou eletrólito devem ser evitadas.

- Não usar geometria que facilite acesso à retenção de contaminantes sólidos indesejáveis.

## Variações nas Condições Ambientais

Segundo Ramathan,

Se, para um dado conjunto de condições de processo, o material selecionado é inapropriado devido a considerações econômicas ou outras, o problema pode ser contornado alterando-se as condições ambientais, dentro de limites aceitáveis, para capacitar a utilização de outros materiais. Pequenas variações na temperatura, pH, ou velocidade de fluxo, podem aumentar o número de materiais adequados. Por exemplo: a corrosão sobre tensão fraturante de certas ligas ocorre sobre condições específicas do metal e meio. Leves variações na temperatura ou composição do meio podem ser especificadas para reduzir a susceptibilidade à corrosão sob tensão fraturante. (RAMATHAN, 1990).

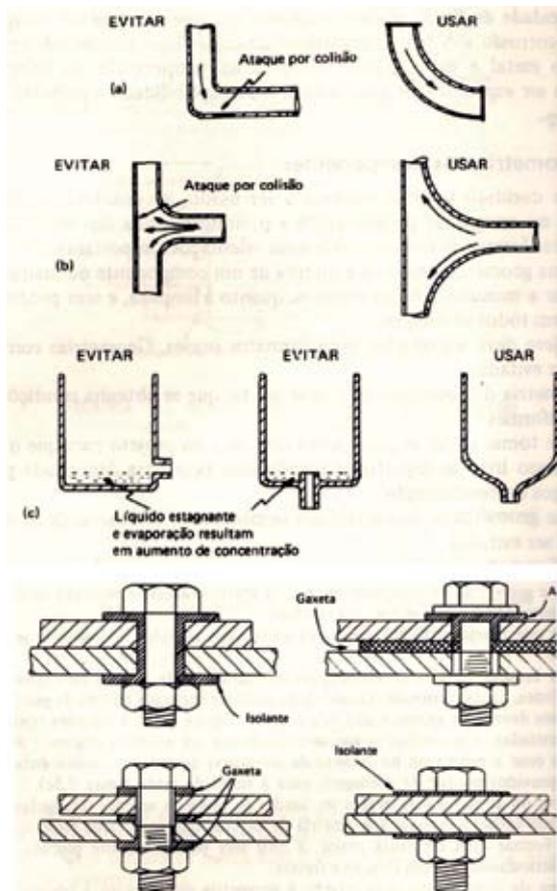


Figura 4 - Uso de gaxetas, isolantes, arruelas etc., para reduzir a corrosão localizada

## Geometria dos Componentes

Depois de decidido o metal a ser utilizado, a geometria pode ajudar a prolongar o tempo de vida útil do material. Orientações importantes:

- a forma geométrica externa e interna de um componente ou maquinário deve facilitar a manutenção dos mesmos, quanto à limpeza, e sem produtos de corrosão em todos os estágios.

- o projeto deve ser simples, com formatos suaves. Geometrias complexas devem ser evitadas.

- a geometria dos componentes deve ser tal que se obtenha condições ambientais uniformes.

- deve-se tomar todas as precauções razoáveis no projeto para que o ar seco tenha acesso livre às superfícies umedecidas pela água depositada pela chuva, respingos ou condensações.

- formas geométricas que tenham formações corrosivas de ar e eletrólito devem ser evitadas.

- a configuração do produto deve ajudar a excluir ou incluir oxigênio, dependendo do material selecionado e de suas propriedades eletroquímicas.

- evitar a geometria de componentes que facilitem o acesso e retenção de contaminantes sólidos indesejáveis ou resíduos.

A corrosão-erosão pode ser causada por variações bruscas na direção ou seções dos tubos, onde fluidos se movem com altas velocidades. A fabricação das juntas também é uma área de grande importância, pois a geometria dos componentes deve ser concebida de maneira a reduzir a incidência do ataque localizado, reduzir as tensões criadas pelo processo de união, reduzir as diferenças de área entre o metal de ligação e o metal ligado, e permitir o uso, se necessário, de gaxetas isolantes, arruelas, luvas e outros.

## Fatores Mecânicos

Em fatores mecânicos, as formas de corrosão que causam reduções drásticas nas resistências mecânicas são: corrosão sob tensão fraturante, falha causada pelo hidrogênio, corrosão por fadiga e corrosão por atrito. Podemos controlar estas formas de corrosão, evitando o uso de metais que são propensos à fragilização pelo hidrogênio e ligas de alta resistência propensas à corrosão por fadiga, selecionando metais que sejam basicamente resistentes à corrosão intergranular e à corrosão sob tensão, desde que as ligas normalmente resistentes à corrosão sob tensão e especificando procedimentos de fabricação e tratamentos térmicos.

## Acabamento Superficial

Uma vez que a corrosão origina-se na superfície, algumas orientações são importantes:

- As superfícies devem ser simples, compactas, lisas, ter forma otimizada e posição apropriada, em vez de serem complexas, casuais, rugosas e propensas à acumulação ou retenção de pó ou umidade. Superfícies imprópriamente acabadas podem causar, por exemplo, a corrosão por colisão, turbulência, formação de células de concentração e formação de bolhas de gás.
- Cantos arredondados devem ser preferidos em vez de superfícies com ângulos agudos.
- Superfícies ao acaso devem ser evitadas, e superfícies planas preferidas.
- Evitar superfícies propensas ao encurvamento.
- Superfícies adequadamente inclinadas ajudam na autolimpeza e secagem.

## Sistemas Protetores

Os sistemas de proteção comumente usados são:

- Proteção catódica e anódica – refere-se à alteração do potencial do metal em um meio específico, por meios externos.
- Revestimentos – temos que tratar das superfícies antes da pintura de componentes especificados, para se obter uniformidade e adesão de tinta. Quinas que serão pintadas devem ser chanfradas e não quadradas, e cantos devem ser arredondados e não agudos, para prevenir o afinamento das camadas de pintura.
- Inibição – refere-se ao uso de substâncias químicas em meios de processamento para controlar a corrosão. Componentes metálicos, ao serem protegidos por inibição, também devem ser adequadamente projetados.

## Manutenção

Quase todas as estruturas e equipamentos requerem alguns tipos de manutenção operacional ou preventiva, desde que isto auxilia na diminuição dos custos de reparação e substituição, incidências de poluição, destruição dos maquinários e vida humana, perdas de produção e outros. Os equipamentos devem ter manutenção regular.

## Economia

Reparos ou substituições de peças corroídas de equipamentos podem, em si mesmo, custar pouco, mas enquanto o reparo ou substituição está sendo executada, a instalação inteira pode ter que ser parada, o que pode ser muito caro. A lucratividade de se usar material mais barato para certos componentes, seguido pela substituição periódica

tem que ser estudada e comparada com o uso do mesmo componente feito de um material mais caro e durável. Escolha do último pode ser justificada em algumas situações, como compensação para longos períodos livres de manutenção. O custo de corrosão total inclui:

- Custos devido a perdas diretas;
- Custos devido a perdas indiretas;
- Custos de manutenção.



Figura 5 - Exemplos de Corrosão

## Conclusão

Esta pesquisa foi um grande desafio para novas descobertas. Ter essa tarefa cumprida é uma grande vitória para os participantes. Todo processo de pesquisa ressaltou elementos inovadores para o nosso crescimento técnico, tentamos manter o máximo de entrosamento a fim de fortalecer o conhecimento de todos.

O tema corrosão foi de grande valia para aprendizagem, tratando os princípios básicos e os mecanismos da corrosão, a importância dos diversos tipos de formas de controle e prevenção da mesma, levando-se em conta que os gastos com a corrosão representam aproximadamente 4% do PIB de qualquer país industrializado. Sabendo-se que a corrosão pode e deve ser controlada (como por exemplo: ensaios de avaliação e técnicas utilizadas no estudo das propriedades de corrosão) com os conhecimentos a respeito do tema, nosso trabalho teve como objetivo ressaltar informações importantes que ajudem a combater a corrosão. É importante ressaltar também que a preocupação com a corrosão deve ocorrer desde o estágio de projeto (seleção de materiais, compatibilidade de materiais, geometria dos componentes, fatores mecânicos) de qualquer equipamento, que posteriormente será exposto a ambientes que possam levar a corrosão, mas é claro que se ela já estiver “instalada” em um dado componente ou sistema, existem métodos para combatê-la, como, sistemas protetores, acabamento superficial, manutenção, dentre outros. Ou seja, apesar de a corrosão ser uma falha de nível mediano a grave, há para ela diversos tipos de “tratamento”. Aqui estão presentes também figuras e ilustrações que retratam exemplos claros dos diversos tipos de corrosão, e também diversas formas de combatê-la (ex.: variação nas condições ambientais). Este

foi um fator importante na escolha do nosso tema, pois sabíamos que estas informações seriam de grande valia.

Dessa forma, acreditamos que toda pesquisa é uma fonte de saber, basta aproveitar passo a passo as informações buscadas e fazer um misto das aplicações técnicas e das informações contidas em meios de pesquisa.

### **Referências**

GENTIL, Vicente. Corrosão. 3.ed. São Paulo: Ed. Guanabara, 1996.

RAMATHAN, Lalgudi V. Corrosão e seu controle. São Paulo: Hemus, 1990.