

Compatibilidade Química de Materiais



Por que entender a compatibilidade química é essencial para prevenir sinistros

Este material foi elaborado para abordar de forma interativa e sucinta a compatibilidade química de materiais e os principais riscos quando ela não ocorre. O entendimento dessa temática é fundamental para a segurança e conservação de equipamentos e estrutura das indústrias, evitando sinistros derivados de energias químicas.

O que é compatibilidade química?

Compatibilidade química se define pela capacidade de diferentes substâncias coexistirem em um mesmo ambiente sem reações que possam resultar em algo indesejado, como por exemplo o incêndio, explosão, geração de gases tóxicos e corrosão de materiais metálicos. Vale citar que essa análise não deve ser limitada somente a matérias-primas e produtos acabados, mas também a interações com embalagens, equipamentos, tubulações e componentes construtivos.

Incompatibilidade química em estruturas.

A parte construtiva das indústrias não está imune a incompatibilidades químicas, exemplos disso são as reações de concreto com ácidos fortes, corrosão metálica e perda de proteções passivas contra incêndio.

A incompatibilidade química em estruturas pode ocorrer entre produtos armazenados próximos uns aos outros, dentro de um mesmo tanque ou até mesmo em uma área de contenção comum entre diferentes substâncias. Na figura 1 pode-se observar a ruptura de um tanque de armazenamento de licor branco, substância altamente corrosiva para alguns metais.

Figura 1 - Ruptura de um tanque de licor branco

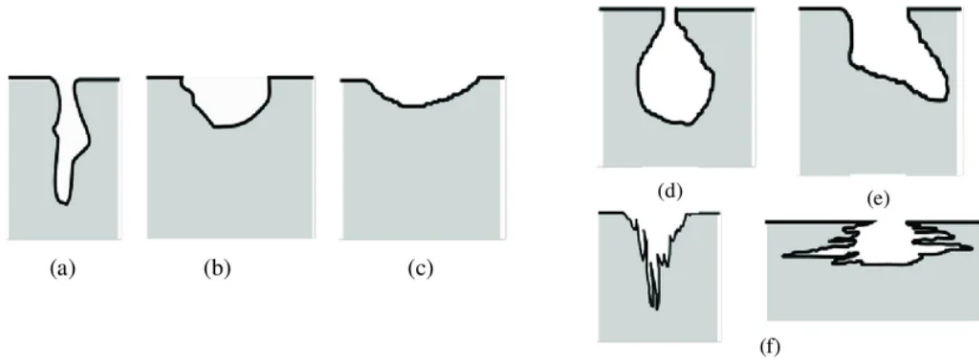


Fonte: Deaths Reported at Washington State Paper Mill After Chemical Tank Ruptures - The New York Times

O concreto é um material sempre associado a resistência, porém ácidos fortes podem neutralizar e dissolver a matriz cimentícia que é de natureza alcalina, fazendo o material ganhar característica porosa, esfarelada e fraca. Este processo facilita a lixiviação e perda de massa, tornando a estrutura menos resistente mecanicamente.

Em construções com materiais metálicos o principal risco é de corrosão, reação eletroquímica que retira os elementos químicos do seu estado metálico e os transforma em óxidos, hidróxidos ou sais metálicos. A problemática é que a corrosão diminui a espessura do material, reduzindo sua resistência mecânica. Este fenômeno pode ser uniforme, ocorrendo em toda superfície do metal, ou em pites, sendo um ataque concentrado e profundo em pequenos pontos. A ocorrência de corrosão por pites pode gerar perfuração de tanques e tubulações, como demonstrado na figura 2

Figura 2 - Diferentes perfis de corrosão por pite.



Fonte: Inbrahim, Israr B.M, et al. Pitting corrosion as a mixed system: coupled deterministic-probabilistic simulation of pit growth, 2018.

Antigamente se era utilizado revestimentos de madeiras como material de sacrifício e de proteção de estruturas, hoje em dia tem-se tecnologias muito eficientes como os tijolos antiácidos com membrana permeável, revestimento de PRFV (polímero reforçado com fibra de vidro) e mantas termoplástica. A tabela 1 demonstra um comparativo entre as três estruturas.

Tabela 1 - Comparação de técnicas contra a incompatibilidade química.

Tipo de proteção	Tijolo antiácido	PRFV (Vinil éster com fibra de vidro)	Mantas Termoplásticas
Resistência química	Máxima resistência química	Boa resistência química	Depende do plástico a ser utilizado.
Combustibilidade	Incombustível	Combustível (resina)	Combustível
Investimento Inicial (CAPEX)	Alto valor, tanto do material como mão de obra para instalação	Investimento inicial baixo.	Tecnologia mais barata.

Fonte: Autor, 2026.

Incompatibilidade química no transporte de fluidos.

Tubulações, bombas, vedações e válvulas são alguns dos componentes que podem sofrer danificações quando a incompatibilidade química ocorre no transporte de fluidos específicos.

O principal risco nestes cenários é o vazamento da substância transportada que pode resultar em:

- Exposição de pessoas: riscos à saúde como queimaduras químicas, intoxicação por inalação, lesões oculares, asfixia, entre outros;
- Risco de incêndio e explosão: substâncias inflamáveis e combustíveis formam uma atmosfera crítica que, com uma fonte de ignição, podem resultar em um incêndio ou explosão;
- Danos a outros equipamentos: O vazamento de substâncias pode ocasionar incompatibilidade química secundárias com outros materiais expostos;
- Impacto ambiental: contaminação de corpos d'água, solo e atmosfera;
- Impacto financeiro: Perdas de material e paralização das operações.

Nestes casos, tem-se a importância da seleção adequada dos materiais das linhas de transporte para cada tipo de substância a ser transferida, realização de manutenções preditivas e preventivas, inspeções periódicas nos sistemas e a identificação de cada linha como plano de prevenção.

No caso de tubulações, se tem a norma ABNT NBR 6493 que emprega cores para cada tipo de fluido contido, como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Identificação de materiais contidos em tubulações por cores.

Cor da tubulação	Material contido
Vermelho	Produtos para combate ao incêndio
Laranja	Ácidos
Amarelo	Gases não liquefeitos
Verde	Água (menos para combate ao incêndio)
Azul	Ar comprimido
Cinza	Eletrodutos
Branco	Vapor
Preto	Produtos inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6493, 2019.

Reações exotérmicas descontroladas (Runaway)

Reações químicas envolvem vários tipos de energia, desde elétrica até luminosa, sendo a principal delas a energia térmica. Com exceção da reação de oxidação do óxido nítrico, a tendência é que com o aumento da temperatura local, a taxa de conversão das reações químicas também cresce.

Estas reações podem ser de natureza endotérmica ou exotérmica, endotérmica quando ocorre a absorção de energia térmica do ambiente e exotérmica quando ocorre a liberação dela. A reação de runaway ocorre justamente quando o próprio calor liberado em uma reação exotérmica provoca um aumento da taxa de reação química, resultando em uma reação descontrolada.

As consequências de uma reação exotérmica descontrolada dependem da natureza dos componentes, mas podem ocorrer: sobrepressão de equipamentos pela geração de gases ou expansão de líquidos, podendo gerar ruptura de tanques, reatores e tubulações; explosões e incêndio devido a liberação de calor e ignição de produtos inflamáveis; Fatalidades; Interrupção de operações e impactos ambientais.

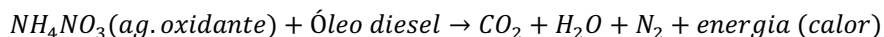
Se for identificada a possibilidade de reações exotérmicas dentro do processo produtivo, deve-se:

- Projetar um sistema de resfriamento adequado: o calor gerado deve ser transferido para outro sistema e não retroalimentar a reação;
- Sistemas de monitoramento de temperatura e pressão: com alarmes, sistemas de intertravamentos, válvulas de alívio automáticos e discos de ruptura em caso de emergências;
- Controle adequado da dosagem dos reagentes e sistema de agitação.

Reações químicas críticas para a segurança patrimonial

Agentes oxidantes e materiais combustíveis

Reação de agente oxidante e material combustível: Exemplo clássico é a reação do nitrato de amônio com óleo diesel, gerando uma quantidade excessiva de calor relacionada a incêndios.



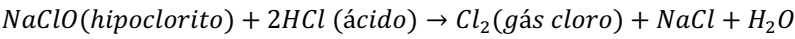
Ácidos e sulfetos

Reação de ácidos com sulfetos: Reação muito encontrada na indústria de papel e celulose, principalmente ligada ao licor branco, que gera o sulfeto de hidrogênio, composto tóxico para os seres humanos, inflamável e explosivo.



Ácidos e hipoclorito de sódio

Reação de ácidos com o hipoclorito de sódio: reação que libera gás cloro, composto tóxico ligado a edema pulmonar e asfixia em humanos. Esta incompatibilidade química pode ser encontrada em misturas de limpeza caseiras, ligada a vários acidentes domésticos.



Prevenção começa pelo conhecimento

A incompatibilidade química pode ser algo oculto nas indústrias, mas com alto poder de ocasionar sinistros. Entender as interações químicas em um ambiente é fundamental para a segurança de pessoas, meio ambiente, propriedade e continuidade dos negócios.

Gabriel Medeiros do N Costa

Engenheiro químico | Mestre em Óleo e Gás | Analista de engenharia de riscos

Zurich Brasil Seguros

Av. Jornalista Roberto Marinho, 85 - 23º andar

Brooklin Novo – 04576-010

São Paulo, SP – Brasil

Publicação do Departamento de Risk Engineering da Zurich Brasil Seguros S.A.

Para receber outros informativos ou obter maiores informações, contatar o
Departamento de Risk Engineering da Zurich.

E-mail: engenharia.riscos@br.zurich.com

