
Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

O gerenciamento da corrosão interna de dutos e o uso de sistemas de Monitoração Não-Intrusivos: oportunidades e estratégias

Pedro Altoé Ferreira^a
Victor Gomes da Silva^b
Gustavo Vaz Leitão^c

Abstract

In the oil and gas industry, the internal pipeline corrosion management is based on the analysis of data obtained from different techniques such as internal inspection with instrumented pigs, monitoring of corrosion with intrusive systems, monitoring of corrosion with non-intrusive systems by distortion of electric field, fluid analysis and other parameters. Recently, the acceleration of the development and accuracy of non-intrusive internal corrosion monitoring systems using ultra-sound create new opportunities for field monitoring.

In this context, the paper seeks to discuss the perspectives in terms of strategies for the management of internal corrosion considering opportunities of application of these non-intrusive monitoring systems.

Keywords: corrosion, monitoring, management, pipelines

Resumo

No setor de petróleo e gás, o gerenciamento interno da corrosão de dutos baseia-se na análise de dados obtidos de diferentes técnicas, como inspeção interna com pigs instrumentados, sistemas intrusivos, sistemas não intrusivos por distorção de energia elétrica campo, análise de fluidos e outros parâmetros. Recentemente ⁽¹⁾, novas oportunidades de monitoração campo foram criadas com a aceleração do desenvolvimento e maior precisão dos sistemas internos de monitoramento de corrosão não intrusivos cujo o princípio é o ultra-som.

Neste contexto, o artigo procura discutir as perspectivas em termos de estratégias para o gerenciamento da corrosão interna considerando oportunidades de aplicação desses sistemas de monitoramento não intrusivos.

Palavras-chave: corrosão, monitoração, gerenciamento, dutos

^a Mestre, Engenheiro Químico e de Petróleo – Petrobras/CENPES

^b Mestre, Engenheiro Químico – Petrobras/CENPES

^c Mestre, Químico Industrial – Petrobras/CENPES

Introdução

Na indústria de óleo e gás, o gerenciamento da corrosão interna de dutos é feito através da análise de dados obtidos por diferentes técnicas como a inspeção interna com pigs instrumentados, monitoração da corrosão com sistemas intrusivos como cupons e sondas de resistência elétrica, monitoração da corrosão com sistemas não intrusivos por distorção de campo elétrico, análise de fluidos e natureza de sólidos, análise de microorganismos, acompanhamento de parâmetros críticos do processo, dados de produtos químicos usados em tratamentos químicos anti-corrosivos, e uso de pigs de limpeza. Recentemente, tem sido observado a aceleração do desenvolvimento tecnológico de sistemas de monitoração da corrosão não intrusivos, principalmente com uso de ultrassom.

Esta nova geração de equipamentos de monitoração da corrosão interna amplia a oportunidade de melhorias na estratégia de gerenciamento da corrosão de dutos, como também minimiza lacunas que a indústria tem para avaliar algumas famílias de dutos. Além disso, soma-se também o fato de tais sistemas poderem ajudar em alguns casos a otimizar os custos operacionais e minimizar problemas de segurança quando comparado as operações periódicas de inserção e remoção dos sistemas intrusivos. Face a esta nova perspectiva de aplicação e expansão das técnicas de monitoração não intrusivas, o trabalho em questão discute novas perspectivas e oportunidades em termos de estratégia de gerenciamento da corrosão interna considerando as características desses sistemas.

Discussão

No gerenciamento de ativos na indústria de óleo e gás, uma das atividades importantes é o gerenciamento da integridade estrutural. A integridade dos ativos é fundamental para a continuidade operacional, minimização de custos operacionais, como por exemplo, custos extras de manutenção não planejada e remediação ao meio ambiente em caso de vazamentos. Um dos pontos mais críticos para a integridade nesta indústria é a área de dutos, particularmente o gerenciamento da sua corrosão interna. Fluidos como petróleo, nafta e outros derivados normalmente são corrosivos. A corrosividade dos fluidos transportados varia de acordo com a metalurgia do duto e com alguns parâmetros operacionais além da sua composição, tais como: temperatura, pressão, velocidade, padrão de fluxo, quantidade de água, teor de contaminantes como cloretos, O₂, H₂S e CO₂, características metalúrgicas.

Para o efetivo gerenciamento da corrosão interna usualmente inúmeros procedimentos e técnicas são empregados. As combinações de dados coletados rotineiramente por diferentes técnicas são usadas como base pelos responsáveis pela operação para avaliar o comportamento e os riscos da corrosão, inclusive para o planejamento das medidas de controle ou de mitigação. Uma das informações valiosas para o operador e seus especialistas em corrosão é a avaliação do estado real do duto através da inspeção com pigs instrumentados, pois estes são capazes de avaliar a espessura de parede diferenciando perdas por problemas externos ou internos.

A acurácia das medidas destas inspeções depende da limpeza interna prévia feita antes de correr o pig instrumentado, além das condições de velocidade para o deslocamento da ferramenta, da qualidade dos sensores usados, e da capacidade dos programas de pós-processamento dos dados. Apesar das evoluções dos pigs de inspeção de corrosão desde a sua criação na década de 60, problemas de corrosão localizada (pin holes) e de fissuras (cracks) continuam sendo um desafio apesar das evoluções. Apesar das vantagens do pig de corrosão, tais ferramentas são muito custosas e em geral são usadas a cada 5 ou 10 anos, dependendo da política da empresa ou das exigências dos regulamentos operacionais de dutos de cada país.

Como a corrosão é um processo contínuo e dinâmico, a sua avaliação demanda informações mais constantes do que somente aquelas obtidas pelos pigs instrumentados a cada 5 ou 10 anos. Portanto, para melhor avaliar e minimizar riscos, os especialistas procuram coletar dados monitorando o potencial de corrosividade do fluido transportado e outros parâmetros críticos que influenciam neste processo.

Vale ressaltar que os dados obtidos via pigs instrumentados refletem somente a perda de espessura ocorrida, ou seja, a corrosão acumulada, que já ocorreu, provocada pelas características do fluido e condições operacionais. Logo, a perda de espessura devido a corrosão, é reflexo do potencial de corrosividade do fluido que ao longo do tempo foi capaz de efetivamente dissolver a estrutura metálica, tratando-se de uma avaliação ou gerenciamento reativo.

Para termos de fato um efetivo gerenciamento da corrosão, é necessário adotarmos também ações proativas, como por exemplo, a aplicação de técnicas que nos permita coletar dados sobre o potencial de corrosividade do sistema antes que a corrosão efetiva, ou seja, a perda de espessura ocorra de forma acentuada. Portanto, a estratégia de como monitorar a corrosão interna depende da aplicação de diferentes técnicas.

As técnicas e estratégias de monitoração da corrosão interna a serem selecionadas, variam com cada o tipo de duto, tipo de fluido transportado, seu histórico de corrosão, e as possíveis formas de combate. Para definir a estratégia é importante ser considerado:

- (a) o tempo que ainda se espera operar de forma segura o duto até a próxima inspeção com pigs de corrosão do ponto de vista da integridade estrutural mecânica do duto;
- (b) o tempo de operação em relação a vida útil operacional remanescente esperada do duto do ponto de vista empresarial.

Técnicas e estratégias para monitoração da corrosão interna de dutos

Dentro de uma política preventiva e proativa de gerenciamento da corrosão, a monitoração se adequadamente feita, pode dar a chance de identificarmos os períodos de alto potencial de agressividade do fluido transportado e assim tentarmos diagnosticar as possíveis causas-raízes daquele evento, para então tomarmos as ações corretivas que evitem ou desacelerem a possível perda de parede do duto.

Mesmo assim, a identificação certa do mecanismo muitas vezes não é possível de ser diagnosticada pois é comum termos poucos dados para avaliar um ambiente corrosivo complexo se considerarmos que um duto tem quilômetros de extensão e conseqüentemente este possa ter mais de um tipo de mecanismo de corrosão. Além disso, o dinamismo operacional do duto pode mudar o tipo de mecanismo de corrosão ao longo do seu tempo de operação, e assim demandar ajustes nas ações de mitigação de curto, médio e longo prazo.

Tradicionalmente na indústria dutoviária a monitoração da corrosão interna é feita via:

- sistemas intrusivos como cupons e sondas de resistência elétrica,
- sistemas não intrusivos por distorção de campo elétrico,
- análise de fluidos
- análise periódica de sólidos e resíduos coletados em amostras de fluido,
- análise de microorganismos para sua identificação, quantificação e avaliação de atividade,
- análise de parâmetros críticos do processo,
- análise de dados de produtos químicos usados em tratamentos químicos anti-corrosivos,
- análise do estado dos pigs de limpeza.

A tomada de decisão para definir que estratégias e técnicas devem ser selecionadas deve considerar como as informações a serem coletadas da monitoração da corrosão irão nos ajudar no dia a dia, tais como:

- (a) classificação do potencial de corrosividade do fluido (risco),
- (b) tendência do comportamento ou potencial problema de acordo com a curva da taxa de corrosão ao longo do tempo tanto para dutos com ou sem uma medida mitigadora para o combate da corrosão implementada,
- (c) diagnóstico dos mecanismos de corrosão;

Esta definição deve considerar ainda o histórico do duto, que ação de controle ou mitigadora será implementada ou sendo usada, se existem pontos sensíveis ao longo do duto. Tal contexto ajuda a avaliar se as técnicas a serem introduzidas serão usadas de forma permanente ou temporária.

Dentro deste contexto, temos que ponderar ainda mais duas questões sobre as técnicas de monitoração, de forma a aumentar nossa probabilidade de sucesso no acompanhamento do dia a dia de um duto:

- (a) se a sensibilidade da técnica permite que a velocidade da sua resposta consiga medir uma taxa de corrosão moderada ou leve em curto período de tempo.
- (b) Se a sensibilidade permite em um período curto de tempo avaliar se as ações de mitigação estão surtindo efeito para que ajustes ou otimizações possam ser adotados.

As medidas de controle ou mitigação da corrosão são muitas vezes custosas e demoradas para serem implementadas, além do que muitas vezes nem sempre uma única ação de controle soluciona o problema. Uma das ações de combate mais usuais são os tratamentos químicos, cuja o efeito positivo ou colateral ruim, semelhante a um remédio ingerido por um ser humano, podem ser rápidos ou lentos, e que para serem observados demanda um esforço grande de recursos humanos e financeiros para acompanharmos de forma continuada o efeito do tratamento até que tenhamos mais segurança que o mesmo foi adequado e efetivo.

Para melhor ilustrar a complexidade de um controle com produtos químicos, podemos citar como exemplo um duto que apresenta uma taxa de corrosão severa onde um tratamento químico a uma certa dosagem, se efetivo no primeiro momento, reduz a níveis aceitáveis a taxa de corrosão. A avaliação do tratamento geralmente é avaliada com base nos cupons, sondas, quantidade de resíduo ou ferro total no fluido transportado. Quando a taxa de corrosão é severa, a avaliação pode ser obtida com um ou três meses de monitoração após o início do tratamento. Contudo, o real efeito do tratamento pode não estar sendo totalmente efetivo em alguns trechos ao longo da extensão do duto pois a atuação do produto químico depende do seu transporte até a parede do duto, das condições de depósito presente, e da quantidade de sólidos em suspensão. Logo, um resultado positivo obtido pelas técnicas mencionadas (intrusivas ou via fluidos/resíduo) não significa necessariamente que a mitigação da corrosão está sendo totalmente efetiva. Portanto, neste tipo de situação, a introdução concomitante de técnicas de monitoração da corrosão interna que permitam avaliar a espessura remanescente do duto com base na monitoração de alguns pontos sensíveis, onde já se foi constatado perda de parede e que ainda continua sendo molhável à água, favorece a probabilidade de estarmos fazendo uma avaliação do desempenho do tratamento anticorrosivo mais realista.

Vantagens dos sistemas não intrusivos

Uma das vantagens no avanço do desenvolvimento de alguns sistemas de monitoração da corrosão não intrusivos a base de ultrassom, é que estes embora permitam o acompanhamento da taxa de corrosão semelhantemente ao obtido com sistemas a base da avaliação da distorção do campo elétrico, são potencialmente de menor custo e demandam menor logística e menor manutenção para sua operação. Este último aspecto é de grande relevância pois os sistemas não intrusivos não demandam caixas de acesso alto custo como as tomadas intrusivas para cupons e sondas corrosimétricas.

Embora seja um avanço importante, as técnicas de monitoração não intrusiva por ultrassom medem pontualmente a espessura de parede remanescente do duto. Logo, isto não resolve o dilema de como monitorar o progresso da corrosão interna ao longo de toda a extensão do duto, que é a informação que coletamos quando realizamos a inspeção com os pigs de corrosão. Uma sugestão para a escolha do local é instalar o sistema não intrusivo em pontos sensíveis à corrosão interna com base no histórico de inspeção ou falha prévia do duto.

- Exemplos de cenários para sua aplicação

Para melhor compreendermos os ganhos com o uso das técnicas não intrusivas para o gerenciamento da corrosão, vamos abordar a seguir algumas situações.

Exemplos:

Dutos de produção de coleta ou de transferência são muito suscetíveis à corrosão interna devido a quantidade de água produzida presente e pressões elevadas. A maior ou menor agressividade vai depender de parâmetros como teor de contaminantes naturais (CO₂, enxofre elementar, H₂S, acetatos, cloreto, etc.). Para complicar ainda existem situações em que tais dutos estão expostos a presença de oxigênio e/ou bactérias (ácidas, redutoras de sulfato). Em geral, estes dutos apresentam uma área suscetível a corrosão mais extensa comparativamente a dutos de derivados pois tem extensões mais prolongadas da sua parede molhável à água.

Muitos dutos da área de produção de óleo e gás são tratados com produtos químicos anticorrosivos junto com a passagem regular de pigs para arraste de líquido, ou pigs para remoção de sólidos. Mesmo tais dutos tendo uma extensão grande molhável à água, a identificação de sessões mais sensíveis ao desgaste pela corrosão para definição dos locais a serem monitorados é complexa pois depende da sua topografia e condições hidrodinâmicas.

Por exemplo, o regime de fluxo e velocidades dos fluidos transportados podem levar a corrosão em diferentes regiões daquelas que usualmente identificamos quando temos um regime estratificado/laminar, que é mais típico dos dutos de transporte de derivados. É importante lembrar, que em áreas de produção devido a mudanças que vão ocorrendo ao longo dos anos, alguns dutos têm seu regime de fluxo alterado, o que pode demandar a redefinição do local para instalação do sistema de monitoração não intrusivo.

Nos dutos terrestres de petróleo ou multifásico é comum a monitoração ser feito com cupons e sensores de corrosão instalados em pontos de mais fácil acesso no início e fim do duto, do que em pontos intermediários. A instalação da monitoração em pontos intermediários depende de um estudo hidrodinâmico, para termos mais certeza de instalar as ferramentas em um ponto de maior probabilidade de acúmulo de água, ou seja, molhabilidade preferencial à água pela parede.

Já para dutos de derivados e petróleo de terminais para refinarias ou vice-versa, a situação e estratégia é ainda semelhante ao citado para os dutos de produção, porém a diferença é que em geral muito desses dutos tem como mecanismo dominante a corrosão pelo oxigênio. Por outro lado, como são dutos de produtos acabados (gasolina, querosene, diesel, etc.) ou intermediários (naftas) a quantidade de água presente é bem menor comparado aos dutos da área de produção. Logo, a identificação de pontos sensíveis ao longo da história da corrosão do duto torna-se mais relevante ainda para determinarmos onde podemos instalar os sensores técnicas não intrusivas.

Estes cenários podem ser considerados também para os dutos que transportam produtos acabados para o mercado consumidor ou distribuidoras. A regulamentação técnica de dutos como não é prescritiva deixa que o operador do duto estabeleça que técnicas devem ser usadas de acordo com o seu sistema de gerenciamento. Estes dutos em geral transportam produtos de baixíssima corrosividade, sendo construídos sem facilidades para passagem de pigs de limpeza/arraste, ou pigs instrumentados. Isto limita muito a avaliação da integridade do duto, mas por serem de muito baixo risco, geralmente isto não representa um problema. Por outro lado, caso algum descontrole ocorra, e a água mesmo em pequena quantidade seja introduzida, podemos ter um processo corrosivo. Como alguns sistemas não intrusivos por ultrassom são mais baratos que os intrusivos, a instalação deles em algum ponto baixo pode ajudar no gerenciamento de risco do operador, já que a identificação de alguma mudança inesperada na corrosividade, mesmo que pouco provável de ocorrer, pode sinalizar um alerta.

- Benefícios adicionais: segurança

As ferramentas intrusivas demandam espaços extras para permitir a presença do operador e deslocamento da ferramenta, e são em geral instaladas na posição 6 horas do duto (ponto teoricamente predominante da água dentro do duto). Devido a este arranjo a sua operação é de maior risco pois a ferramenta pode ficar aprisionada devido ao acúmulo de resíduos durante a sua movimentação para retirada e colocação dos cupons e sondas. Existem relatos de acidentes inclusive com fatalidade na indústria. Além do mais como trata-se de operação intrusiva a liberação de fluidos para o ambiente externo pode ocorrer dentro da caixa exigindo cuidados especiais em termos de equipamento de proteção respiratória para seus operadores. Portanto, as técnicas intrusivas têm logística mais complexa e demandam ainda um contingente mais numeroso de profissionais durante suas operações. Tudo isso, é reduzido quando usamos a monitoração não intrusiva.

Conclusões

Como é conhecido, para o efetivo gerenciamento da corrosão interna inúmeras técnicas e procedimentos devem ser empregadas.

Recentemente, ocorreram avanços tecnológicos, entre eles o desenvolvimento de sistemas de monitoração da corrosão de maior sensibilidade, não intrusivos, a base de ultrassom. Embora tais sistemas permitam o acompanhamento da taxa de corrosão semelhantemente aos sistemas, também não intrusivos, por distorção do campo elétrico, estes tendem a ser de menor custo, mais fácil e menor risco operacional, menor logística, e menor manutenção. Este último aspecto é de grande relevância pois os sistemas não intrusivos não demandam caixas de acesso de alto custo como as tomadas intrusivas para cupons e sondas corrosimétricas.

Conforme descrito em alguns exemplos de casos da área dutoviária, a adoção das técnicas não intrusivas reforça as práticas de gerenciamento dos operadores. Contudo, a estratégia de quando devem ser aplicadas vai variar de acordo com o cenário.

Vale ressaltar que as técnicas de monitoração embora representem um avanço importante, elas não resolvem o dilema de como monitorar o progresso da corrosão interna ao longo de toda a extensão de um duto, cuja avaliação hoje é feita usando as informações coletadas por pigs de corrosão. Desta forma, a escolha do local ou locais para instalar um sistema não intrusivo é muito importante, e por este motivo identificar pontos sensíveis à corrosão interna com base no histórico de inspeção ou falha prévia do duto é de grande valia.

Atualmente estamos atravessando a era da revolução digital onde as tendências tecnológicas estão sendo norteadas por avanços na área de materiais, sensoriamento, processamento de dados e conectividade. Logo, a disponibilização de sistemas mais simples de corrosão, não intrusivos e potencialmente mais baratos, pode ampliar o sensoriamento e conseqüentemente beneficiando as análises e decisões dos especialistas envolvidos no gerenciamento da corrosão.

Referência bibliográfica

- (1) Victor Gomes Silva, Gustavo Leitão Vaz, Pedro Altoe Ferreira, RioPipeline 2017, paper número 2374, “Evaluation of non-intrusive systems for internal corrosion monitoring”.