

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE CORROSÃO EM TOPO DE DESTILAÇÃO ATMOSFÉRICA: petróleos do pré-sal

Thiago Giovanni Zanoncine
Guilherme Pimentel de Maria da Silva

RESUMO

O processamento de petróleos do pré-sal trouxe diversos desafios para o parque de refino da Petrobras. Os petróleos do pré-sal contêm ácidos carboxílicos de cadeia curta, que reduzem o pH da água do sistema de topo da destilação, além disso, a maior dificuldade para dessalgar esses petróleos, leva a um aumento do teor de cloretos nos sistemas de topo, afetando substancialmente as taxas de corrosão. Por estes fatores, a substituição da neutralização do sistema de topo com água amoniacal por amina neutralizante, em conjunto com o acompanhamento automático de controle de corrosão do sistema de topo da destilação atmosférica, foi identificada como uma possível solução para reduzir a corrosão destes sistemas. O projeto de controle de corrosão em sistema de topo de destilação atmosférica foi realizado na Refinaria de Capuava através do projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de Processamento de Petróleo do Pré-Sal no Refino. O equipamento de acompanhamento automático de controle de corrosão foi utilizado para medição contínua de pH, teor de ferro e teor de cloretos e controle, respectivamente, na vazão de amina neutralizante, amina fílmica e soda cáustica. Foi observado que, independentemente do controle automático e do petróleo processado, houve um aumento expressivo da corrosão por causa da injeção de amina

neutralizante no sistema em substituição à água amoniacal. As instalações acessórias, como os bicos aspersores, as sondas de corrosão de resposta rápida e a vazão de água de lavagem, são parte fundamental para o sucesso do controle de corrosão do sistema de topo, principalmente para a utilização de aminas neutralizantes.

Palavras-chaves: Corrosão. Sistema de topo. Destilação atmosférica. Pré-sal.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do processamento de petróleos do pré-sal no parque de refino da Petrobras, foi observado um aumento do teor de cloretos nos sistema de topo, mesmo com teores de sal típicos no petróleo. Foi identificada uma dificuldade maior para dessalgar os petróleos do pré-sal, reduzindo a eficiência de dessalgação. Além disso, em alguns petróleos do pré-sal há uma proporção maior de sais de cálcio e de magnésio em relação ao sódio, gerando mais ácido clorídrico por meio da hidrólise no forno. Além do maior teor de cloretos no topo, os petróleos do pré-sal contêm ácidos carboxílicos de cadeia curta, que reduzem o pH da água do sistema de topo, aumentando a corrosão.

O controle de corrosão do sistema de topo não é trivial, pois é preciso neutralizar o ácido clorídrico e é preciso lidar com os efeitos colaterais da formação de sal. Além da corrosão ácida

e da corrosão sob depósito, outros fatores podem influenciar na corrosão do sistema de topo: presença de oxigênio e presença de outros compostos de caráter ácido como H_2S , CO_2 , ácidos orgânicos de cadeia curta, entre outros. Estes componentes podem estar presentes no sistema, mas geralmente têm menor impacto sobre a corrosão em relação ao HCl.

Por estes fatores, o acompanhamento automático de controle de corrosão do sistema de topo da destilação atmosférica foi identificado como uma possível solução para reduzir a corrosão destes sistemas, principalmente ao processar petróleos do pré-sal.

O projeto de controle de corrosão em sistema de topo de destilação atmosférica foi realizado por meio do projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em Processamento de Petróleo do Pré-Sal no Refino. A Refinaria de Capuava (RECAP) foi escolhida como unidade operacional para realização do projeto em função de ser a unidade operacional do refino com maior teor de petróleos do pré-sal no seu elenco de petróleos.

O projeto contou com o acompanhamento e análise dos resultados pelos engenheiros de processamento e de inspeção de equipamentos da RECAP/OT, RECAP/Inspeção de Equipamentos (RECAP/IE), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello/Engenharia Básica de Abastecimento-Gás e Energia (CENPES/EB-AB-G&E/CS), Abastecimento-Refino/Tecnologia de Refino e Petroquímica/Tecnologia de Processos Físicos (AB-RE/TR/TPF) e Abastecimento-Refino/Equipamentos e

Serviços/Tecnologia de Inspeção de Equipamentos (AB-RE/ES/TIE).

2 OBJETIVO

Avaliar os fenômenos de corrosão no sistema de topo da destilação atmosférica substituindo-se a água amoniacal por amina neutralizante, utilizando-se um equipamento de análise contínua de pH, cloretos e ferro e controle automático de dosagem de produtos químicos, com o processamento de petróleos do pré-sal.

3 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE CORROSÃO

O equipamento de acompanhamento automático de controle de corrosão foi desenvolvido para analisar e atuar nas variáveis de processo que afetam a corrosão ácida em sistemas de topo de destilação atmosférica, minimizando seu efeito e, assim, aumentando a confiabilidade e o tempo de vida útil das tubulações do sistema de topo.

A corrosão ácida ocorre quando há um desequilíbrio entre o ambiente (pH ácido), o eletrólito (excesso de cloretos) e o substrato (perda do filme protetor do metal).

A atuação do equipamento se baseia na hipótese de que 90% dos efeitos de corrosão ocorrem em apenas 10% do tempo, justamente quando há um desequilíbrio entre essas variáveis no sistema. Esse fenômeno, também conhecido como “janela de corrosão”, pode ocorrer em momentos de mudança de tanque de cru, processamento de novos tipos de petróleo, descontrole operacional nas dessalgadoras, entre outros. São curtos momentos, em que as

amostragens e análises de rotina poderiam não ser realizadas, dificultando a possibilidade de detectar e corrigir a tempo os efeitos da corrosão.

Partindo desse princípio, o equipamento realiza em campo e monitora continuamente as análises de pH, teor de cloretos e teor de ferro na água ácida do vaso de topo da destilação atmosférica e controla a dosagem de amina neutralizante, soda cáustica e amina filmica, respectivamente.

O equipamento fica instalado na unidade de destilação e recebe constantemente uma pequena vazão de água ácida do vaso de topo da destilação atmosférica, realizando a análise de pH a cada 10 minutos e as análises de cloretos e ferro a cada 1 hora. Dessa forma, são obtidas análises com maior frequência, possibilitando um tempo de resposta mais rápido entre um

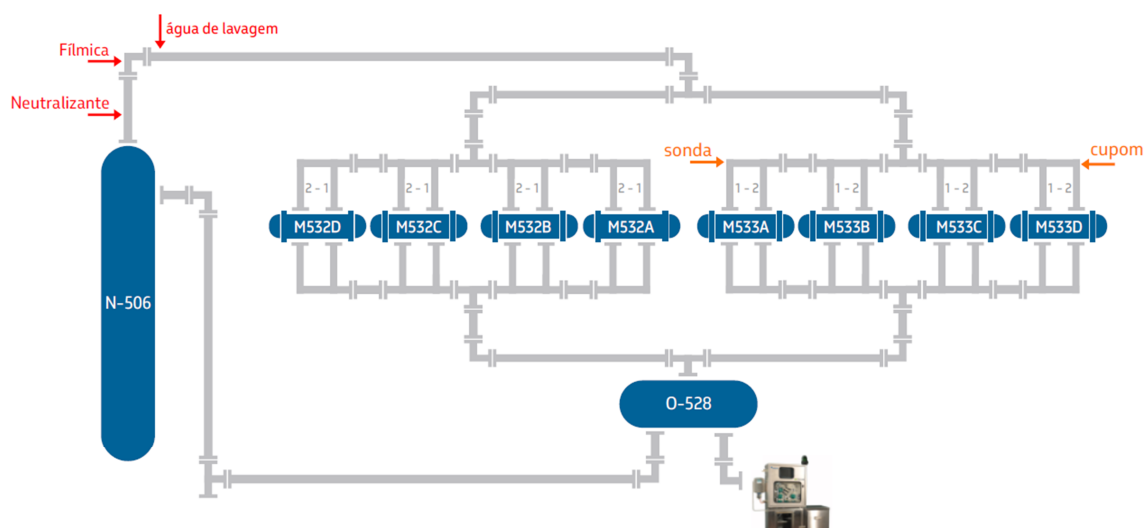
período de descontrole e a atuação correta na injeção de produtos químicos.

O sistema é instalado conforme demonstrado na Figura 1 e o sistema de controle de corrosão atua da seguinte forma:

- injeção de soda cáustica na saída de petróleo dessalgado, baseando-se nas análises do teor de cloretos na água ácida do vaso de topo da destilação atmosférica;
- injeção de amina neutralizante na linha de topo da destilação atmosférica, baseando-se nas análises de pH na água ácida do vaso de topo da destilação atmosférica;
- injeção de amina filmica na linha de topo da torre de destilação atmosférica, baseando-se nas análises de ferro na água ácida do vaso de topo da torre.

55

Figura 1 - Esquema de sistema de topo e injeção de produtos químicos.



Fonte: OS AUTORES, 2013.

4 DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS NA RECAP

A torre de destilação atmosférica da RECAP conta com oito condensadores a ar em paralelo para resfriamento do sistema de topo (M-532A/B/C/D e M-533A/B/C/D). A linha de topo se divide em diversos ramais, de forma que cada condensador a ar recebe duas correntes em sua entrada. O controle de corrosão do sistema de topo é realizado utilizando-se a água amoniacal proveniente da unidade de craqueamento catalítico de resíduos atmosféricos (URFCC) como neutralizante e amina fólmica como inibidor de corrosão.

Para o projeto, foram instalados pontos para a injeção de amina neutralizante e para os fluidos de dispersão na linha de topo da torre atmosférica. O ponto de injeção de amina fólmica já estava instalado e, para a sua dispersão, foi utilizada nafta pesada, proveniente de um ramal da linha de refluxo de nafta pesada. Para a dispersão de amina neutralizante, instalou-se uma conexão para vapor.

Há também a injeção de água de lavagem, a jusante da injeção de amina fólmica, utilizada para remoção dos sais formados na neutralização das espécies ácidas pela amina neutralizante. A água utilizada para a lavagem da linha de topo é a própria água ácida, proveniente da bota do vaso de topo da destilação atmosférica.

Para monitoramento da taxa de corrosão, foram instalados no sistema de topo uma sonda de corrosão por resistência elétrica, instalada na linha de entrada do condensador M-532D, e um cupom de corrosão de perda de

massa, instalado na linha de entrada do condensador M-533D.

Para o armazenamento e a injeção dos produtos químicos foram instalados em campo dois conjuntos:

- conjunto para injeção de soda cáustica contendo:
 - 2 bombas dosadoras, sendo uma delas reserva;
 - 1 tanque de soda de 1 m³;
- conjunto para injeção de aminas contendo:
 - 3 bombas dosadoras, sendo uma para amina neutralizante, uma para amina fólmica e uma reserva, utilizada para ambas as aminas;
 - 1 tanque base de 1 m³ para amina neutralizante;
 - 1 tanque base de 1 m³ para amina fólmica.

5 RESULTADOS

O procedimento de testes teve início em outubro de 2012 e terminou em novembro de 2013. Neste artigo são apresentados os quatro períodos mais representativos, iniciando-se com o caso base, com injeção de água amoniacal, e alterando-se gradualmente os produtos químicos e parâmetros para determinar sua correlação com a taxa de corrosão e seus efeitos no processo.

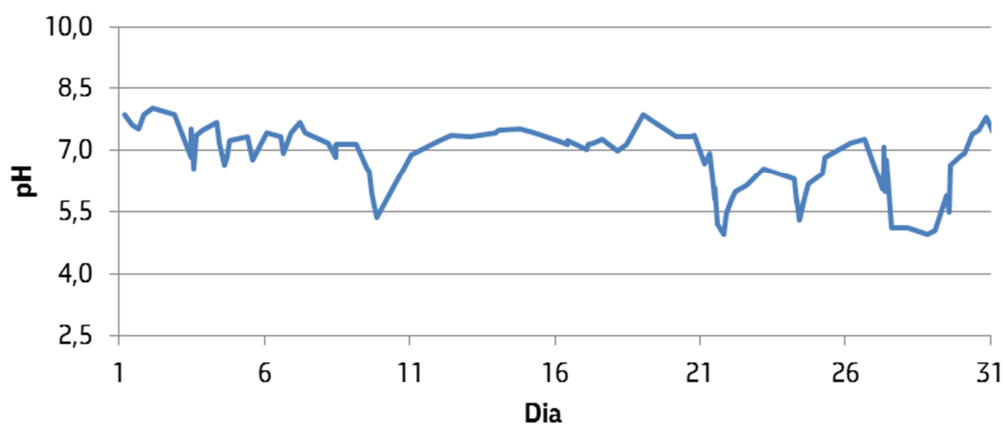
5.1 CASO BASE: ÁGUA AMONICAL

Durante o primeiro período, manteve-se a utilização de água amoniacal para neutralização do sistema de topo, enquanto eram realizadas as medições das variáveis pelo equipamento de acompanhamento automático de controle de corrosão. O objetivo desse período foi observar o comportamento

das variáveis sem que houvesse atuação automática de controle. As análises de

pH do equipamento durante o período estão apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Análise contínua de pH.



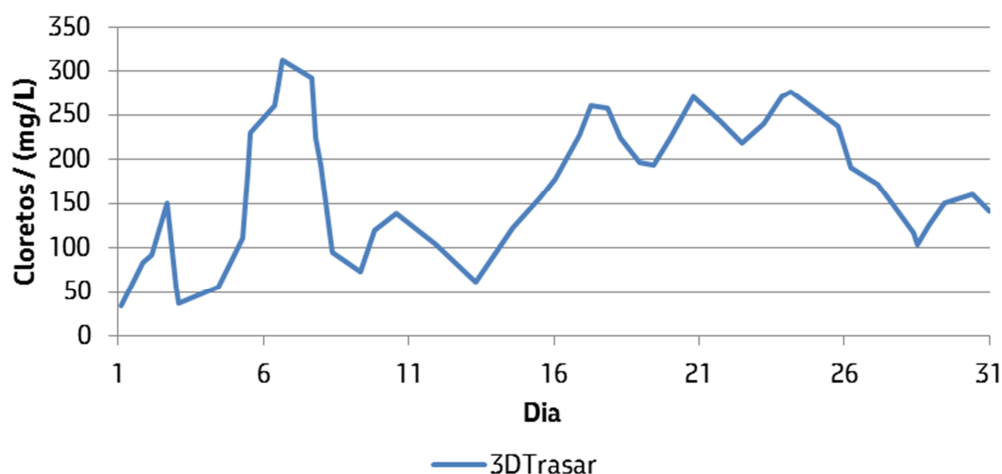
Fonte: OS AUTORES, 2016.

Durante o período é possível perceber a grande variação no valor de pH, entre 5,1 a 8,3. Esta variação ocorre em função da vazão e da qualidade da amoniacal, sem a utilização de um sistema de controle de vazão de água amoniacal em malha fechada com o pH.

Os valores de cloretos na água do vaso de topo da destilação atmosférica apresentam grande variação ao longo do período, conforme apresentado no Gráfico 2, em função da variação do elenco de petróleo processado e da remoção de sais na dessalgação.

57

Gráfico 2 - Análise contínua de cloretos.



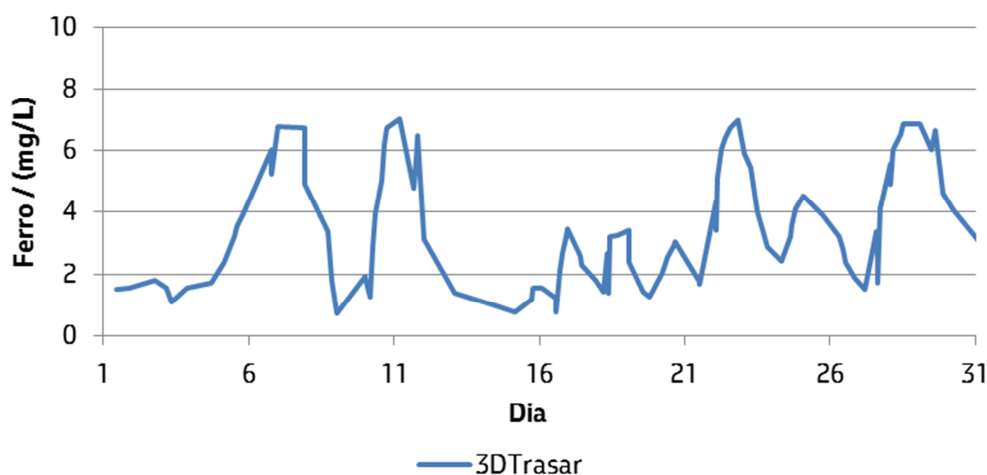
Fonte: OS AUTORES, 2016.

O teor de ferro também apresenta grande variação ao longo do período, conforme é observado no Gráfico 3.

medida pela sonda de corrosão por resistência elétrica. Apesar de alguns picos esporádicos, a taxa de corrosão se encontra abaixo do limite de 0,125 mm/a na maior parte do tempo.

Observa-se no Gráfico 4 o comportamento da taxa de corrosão

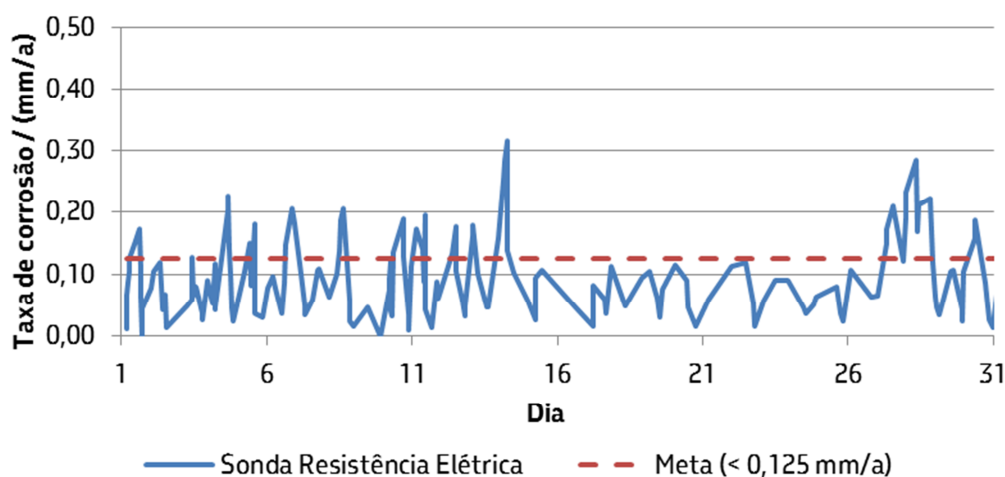
Gráfico 3 - Análise contínua de ferro.



58

Fonte: OS AUTORES, 2016.

Gráfico 4 - Taxas de corrosão pela sonda de resistência elétrica.



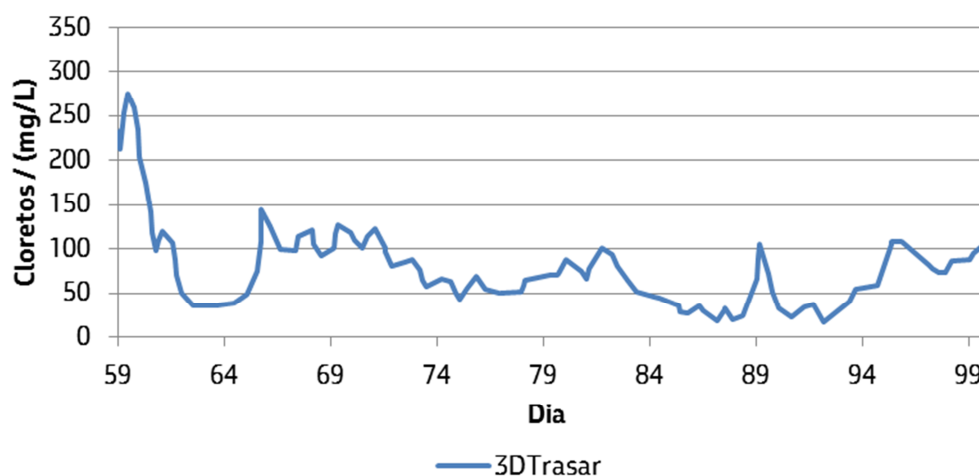
Fonte: OS AUTORES, 2016.

5.2 INJEÇÃO DE SODA CÁUSTICA E CONTROLE DO TEOR DE CLORETOS

O primeiro produto químico a ser injetado foi a soda cáustica. Conforme previsto, foi observada a redução de

cloretos no período, como indicado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Análise contínua de cloretos.



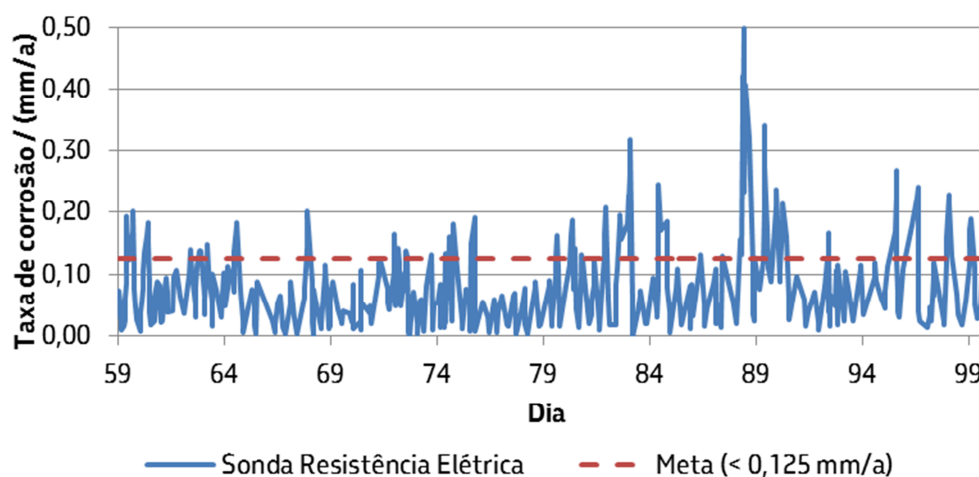
Fonte: OS AUTORES, 2016.

Mesmo com a redução do teor de cloretos no topo, não foi observada redução na taxa de corrosão, como apresentado no Gráfico 6. É importante ressaltar que ainda havia uma grande

variabilidade do valor de pH, em função do controle manual de água amoniacal. Este fator pode ter contribuído para a taxa de corrosão ter se mantido nos mesmos patamares históricos.

59

Gráfico 6 - Taxa de corrosão pela sonda de resistência elétrica.

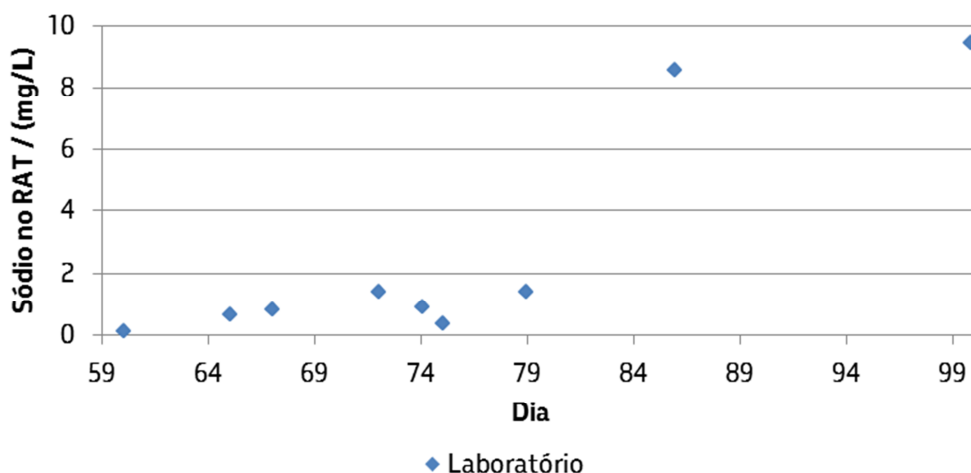


Fonte: OS AUTORES, 2016.

Manteve-se também atenção especial às análises de sódio no resíduo atmosférico (RAT), durante a injeção de soda cáustica. Era esperado um pequeno aumento no teor de sódio, no entanto, foram identificados valores muito acima

do limite de especificação para a URFCC de 3 mg/L, conforme observado no Gráfico 7. Historicamente, as análises de sódio no RAT sempre indicavam teores abaixo de 1 mg/L.

Gráfico 7 - Análises de teor de sódio no RAT, realizadas pelo laboratório da RECAP.



Fonte: OS AUTORES, 2016.

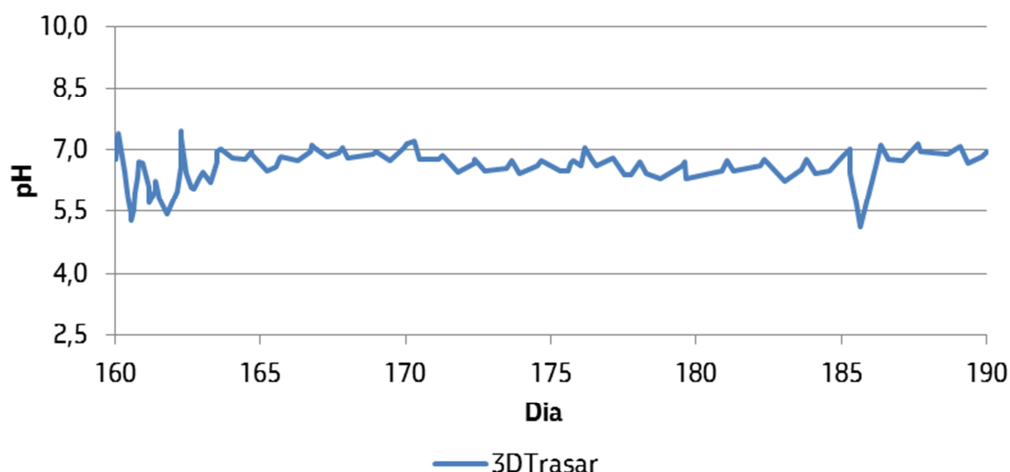
5.3 SUBSTITUIÇÃO DA NEUTRALIZAÇÃO COM ÁGUA AMONICAL POR AMINA NEUTRALIZANTE

se a controlar automaticamente a dosagem de amina filmica, baseando-se no teor de ferro.

60 Durante o terceiro período, a água amoniacal foi substituída por amina neutralizante e iniciado o controle automático de pH. Além disso, passou-

É observado no Gráfico 8 um melhor controle nos valores de pH, em função da dosagem em malha fechada de amina neutralizante.

Gráfico 8 - Análise contínua de pH.

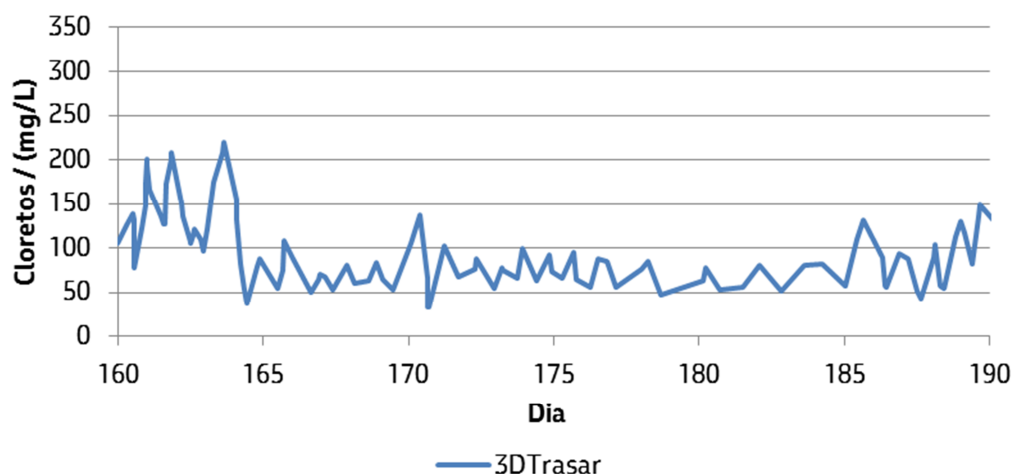


Fonte: OS AUTORES, 2016.

No Gráfico 9 mostra-se o controle de cloretos, pela dosagem automática de soda cáustica e no Gráfico 10 apresenta-

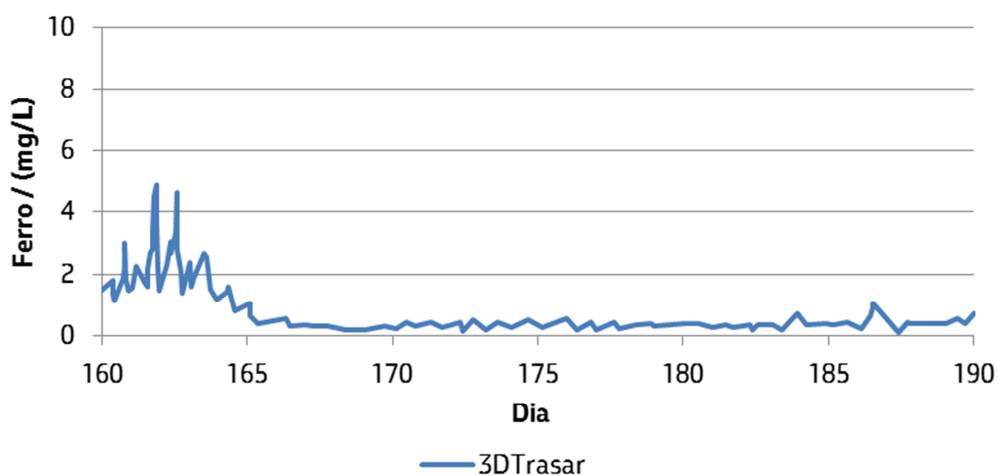
se a redução no teor de ferro, em função da dosagem automática de amina filmica.

Gráfico 9 - Análise contínua de cloretos.



Fonte: OS AUTORES, 2016.

Gráfico 10 - Análise contínua de ferro.

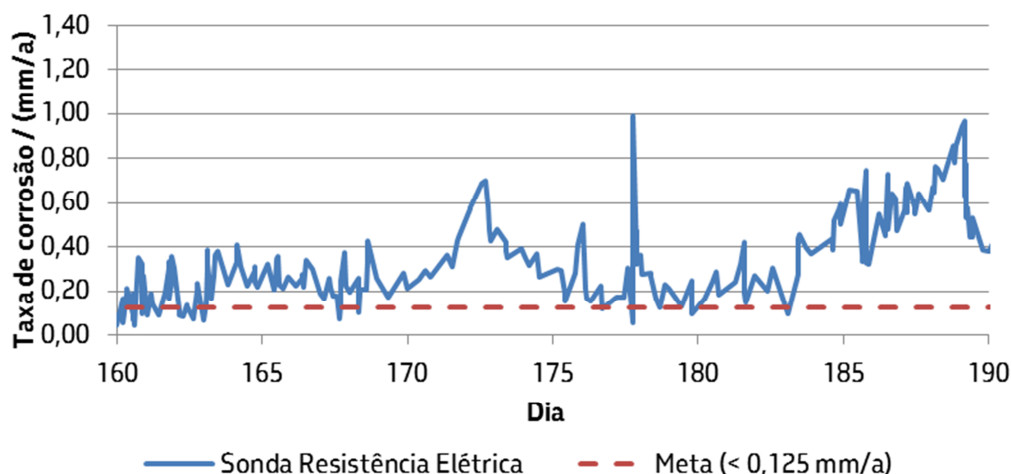


Fonte: OS AUTORES, 2016.

Neste período houve, entretanto, um aumento significativo da taxa de corrosão, conforme Gráfico 11. A taxa de

corrosão subiu gradativamente, atingindo valores da ordem de 1,00 mm/a.

Gráfico 11 - Taxa de corrosão pela sonda de resistência elétrica.



Fonte: OS AUTORES, 2016.

O aumento da taxa de corrosão e a redução do teor de ferro são aparentemente incoerentes, por isso, é importante entender exatamente as causas desse fato. A amina neutralizante tem uma capacidade de dispersão muito menor que a água amoniacal, pois sua volatilidade é muito menor. Dessa forma, os ramais mais externos do sistema de condensação são os ramais menos protegidos quando há a injeção de amina neutralizante, justamente onde está instalada a sonda de corrosão.

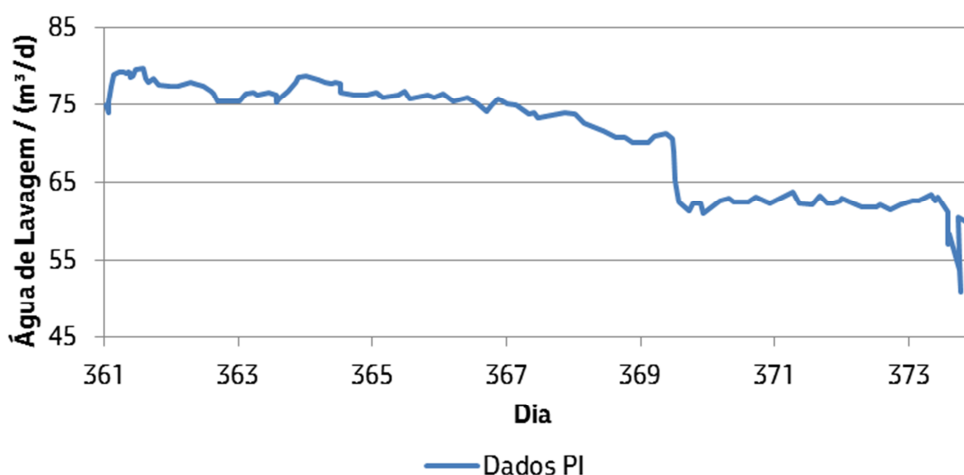
Entende-se, portanto, que a corrosão causada pela amina neutralizante sem a utilização de dispositivo para a correta dispersão é localizada próximo à entrada dos condensadores, principalmente nos ramais externos. Em contraponto, a corrosão causada pela água amoniacal, cuja dispersão é maior, seria uma corrosão generalizada no

sistema de topo, gerando maiores teores de ferro, apesar de uma menor taxa de corrosão na região da sonda.

5.4 ÁGUA DE LAVAGEM

No último período de testes, foi observada a variação nas taxas de corrosão com outras duas variáveis do sistema: vazão de água de lavagem e pressão do vaso de topo. A vazão calculada de água de lavagem, necessária para arrastar os sais gerados no sistema de topo, foi de 72 m³/h. A vazão obtida chegou a valores de até 79 m³/h, no entanto, foi observada uma queda na sua vazão, conforme Gráfico 12. Em outras oportunidades ao longo do projeto, foi verificado o mesmo comportamento, causado provavelmente por acúmulo de ferro ou sais, pois a limpeza com vapor era suficiente para restaurar a sua vazão.

Gráfico 12 - Vazão de água de lavagem.



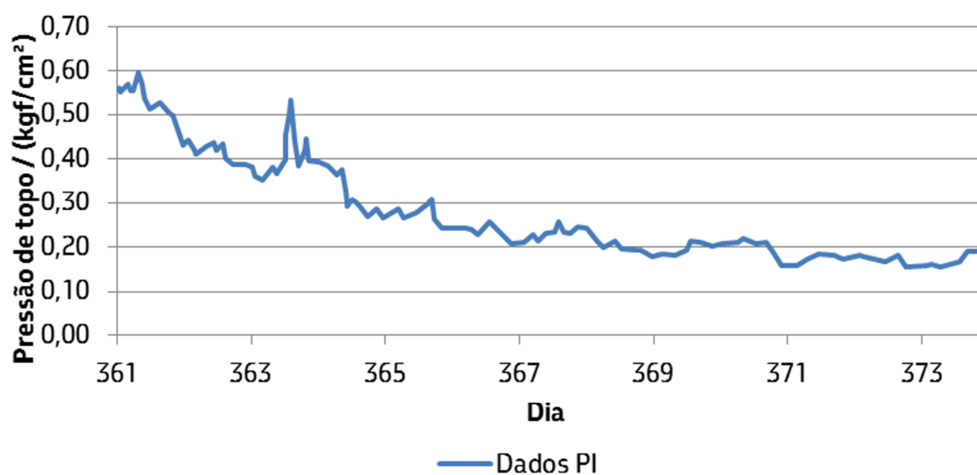
Fonte: OS AUTORES, 2016.

O vaso de topo da torre é interligado com a tocha, então, eventualmente, há oscilações na pressão. Conforme observado no Gráfico 13, a pressão de topo variou de 0,60 kgf/cm² para 0,15

kgf/cm² no período. Ressalta-se que o cálculo da vazão de água de lavagem é feito baseado no ponto de orvalho da água, o que é fortemente influenciado pela pressão de topo.

63

Gráfico 13 - Pressão do vaso de topo da destilação atmosférica.



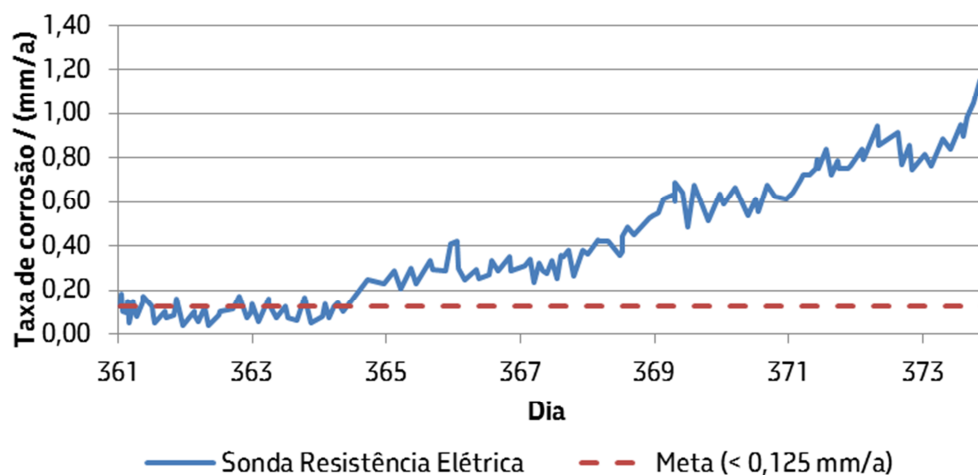
Fonte: OS AUTORES, 2016.

Dessa forma, é possível observar que no início do período as taxas de corrosão se mantiveram em patamares dentro da meta, porém a queda de vazão de água de lavagem, acompanhada da redução

da pressão do vaso de topo, ocasionou o aumento das taxas de corrosão no sistema, conforme p Gráfico 14. As análises de pH, teor de cloretos e de

ferro mantiveram-se estáveis nesse período.

Gráfico 14 - Taxa de corrosão pela sonda de resistência elétrica.



Fonte: OS AUTORES, 2016.

6 RECOMENDAÇÕES

64

Foi observado que, independentemente do controle automático, houve um aumento substancial da corrosão por causa da injeção de amina neutralizante no sistema em substituição à água amoniacal. Essa constatação foi possível por meio das informações da sonda de corrosão de resposta rápida. Ressalta-se que a corrosão pode estar ocorrendo em outras unidades da Petrobras que operam com injeção de amina neutralizante, mesmo que as variáveis controladas, como pH, ferro e cloretos no vaso de topo, estejam enquadradas.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE TOPO

6.1.1 INSTALAÇÃO DE SONDAS DE CORROSÃO DE RESPOSTA RÁPIDA

As sondas de corrosão de resistência elétrica são itens importantes para o acompanhamento do processo e auxiliam os engenheiros de otimização

de processos e de inspeção de equipamentos a identificar e atuar na correção dos problemas relacionados à corrosão.

A vantagem das sondas de corrosão de resposta rápida, frente aos cupons de corrosão, é a possibilidade de comparar os dados em tempo real com o processo e entender quais os principais fatores do processo são responsáveis pelo aumento da corrosão.

6.1.2 INSTALAÇÃO DE BICOS ASPERSORES PARA AMINA NEUTRALIZANTE E AMINA FÍLMICA

O bico aspersor é requisito mínimo e necessário para a instalação de sistemas de controle de corrosão, para evitar a má distribuição destes produtos. No caso da amina neutralizante, é desejado que a mesma vaporize ou, pelo menos, se encontre dispersa em pequenas gotas para garantir a neutralização do ácido clorídrico, que se encontra na fase vapor. No caso da amina fílmica, que

não vaporiza, é importante que ela esteja bem distribuída para a formação do filme protetor.

6.1.3 CALCULAR VAZÃO MÍNIMA DE ÁGUA DE LAVAGEM

A água de lavagem é utilizada para remoção dos sais formados na neutralização das espécies ácidas pela amina neutralizante. Caso não se removam os sais, ocorre o processo de corrosão sob depósito, que ataca a linha de topo e os condensadores de topo.

O cálculo correto da vazão mínima de água de lavagem é importante para evitar a deposição de sais e deve ser realizado conforme recomendações da *National Association of Corrosion Engineers* (NACE), com base no critério de teor de água livre. Deve-se utilizar o menor valor para a pressão de topo, pois sua influência é relevante no cálculo da quantidade de água de lavagem.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA INSTALAÇÃO DE CONTROLE AUTOMÁTICO NO SISTEMA DE TOPO

6.2.1 COLETA DE DADOS HISTÓRICOS

O primeiro passo para instalação de um sistema de controle automático do sistema de topo é a avaliação da unidade. As condições operacionais como pressão e temperatura de topo, vazões e teor de cloretos devem ser avaliadas para o correto dimensionamento do sistema de controle.

Além das condições operacionais, é preciso avaliar a configuração física da unidade. É preciso identificar e avaliar a presença de bicos aspersores, diluentes, facilidades para injeção de novos

produtos, vazão de água de lavagem disponível, presença de cupons e/ou sondas de corrosão.

Além da obtenção de dados do processo, é necessário coletar amostras de água de diluição e do sistema de topo, para investigar a presença de outros componentes como ácidos orgânicos ou mesmo aminas que podem vir de outras unidades de processo.

6.2.2 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE AMINA NEUTRALIZANTE E FÍLMICA

Com base nos dados de cloretos, aminas, ácidos e outros componentes do sistema de topo, é preciso estimar o consumo de amina neutralizante e de amina fílmica. Não é recomendado que ocorra a neutralização dos ácidos orgânicos, pois são ácidos fracos que consomem neutralizante sem alterar o pH. Um simulador iônico deve ser utilizado para esta estimativa.

6.2.3 ESTIMATIVA DE DOSAGEM MÁXIMA DE SODA CÁUSTICA

Deve-se estimar a dosagem máxima de soda cáustica permitida, verificando limites de sódio no RAT para URFCO ou no resíduo de vácuo (RV) para unidades de coqueamento retardado (UCR). A utilização de soda gasta não é recomendada para este serviço, pois a carga de sódio no sistema será ainda maior.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos ao longo do projeto, foi possível conhecer e avaliar de forma mais completa as variáveis que afetam as taxas de corrosão em sistemas de topo. Foi

possível perceber que mesmo com todas as variáveis dentro das faixas de controle (pH, cloretos e ferro) existe a possibilidade de aumento severo nas taxas de corrosão utilizando-se a amina neutralizante. Esse fato evidenciou alguns motivos pelos quais existam outros sistemas de topo na Petrobras com as variáveis aparentemente em controle, porém com recorrentes eventos de deposição de sal e corrosão em linhas e condensadores do sistema de topo da destilação atmosférica.

As instalações acessórias, como os bicos aspersores, as sondas de corrosão de resposta rápida e a vazão correta de água de lavagem, são parte fundamental para o sucesso do controle de corrosão do sistema de topo, principalmente para a utilização de amina neutralizante.

É importante ressaltar que, com as lições aprendidas no projeto de P&D, há possibilidade de ganhos com a utilização de um equipamento de acompanhamento automático de controle de corrosão e, portanto, devem ser prospectadas novas soluções para o acompanhamento automático do controle de corrosão em sistemas de topo.

ABSTRACT

Pre-salt oil processing brought many challenges for refineries in Petrobras. Pre-salt oil contains short chain carboxylic acids, which reduce the distillation overhead water pH, moreover there is a higher difficulty in desalting those oils, what makes chloride to increase in distillation tower overhead, affecting corrosion rates substantially. For these reasons, the replacement of ammoniacal water

by amine as a neutralizer, in addition to the distillation tower overhead automatic corrosion control system was identified as a possible solution to reduce corrosion. The corrosion control project in distillation tower overhead system was conducted in Capuava Refinery through the research and development (R&D) project called Pre-Salt Petroleum Processing in Refining. The automatic tracking control equipment was used for online measurement of pH, iron and chloride and control of neutralizer, filmer and caustic flows, respectively. It was observed that, regardless of the automatic control and processed oil, there was a significant increase in corrosion because of neutralizing amine injection in the system. Items such as spray nozzles, quick-response corrosion probes and high wash water flowrate are critical to the success of the overhead corrosion control, especially when using amine as neutralizers.

Keywords: Corrosion. Overhead system. Crude distillation. Pre-salt.

REFERÊNCIAS

CHAMBERS, B. et al. **Corrosion in crude distillation unit overhead operations: a comprehensive review.** [s.l.: s.n.], 2011.

FONSECA, E.; CUNHA, P.S.M.D.C; MARSIGLIA, M.E.P.L. **RT CS 015/2014 - Testes com petróleo do pré-sal na unidade de destilação da Recap.** Rio de Janeiro: Petrobras, 2014.

HILTON, N.P.; SCATTERGOOD, G.L. **Mitigate corrosion in your crude unit: real time analyzers can provide improved monitoring of chloride levels**

and enable better corrosion control practices. **Hydrocarbon Processing.**, [s.l.]: set 2010.

NACE. Technical Committee Report. **Crude distillation unit – Distillation tower overhead system corrosion.** [s.l.: s.n.], 2009.

SILVA, G.P.M.; ZANONCINE, T.G. **RT CS 001/2014 - Acompanhamento automático de corrosão em sistema de topo de destilação atmosférica com**

equipamento 3DTrasar da Nalco. Rio de Janeiro: Petrobras, 2014.

GLOSSÁRIO

RAT: Resíduo Atmosférico - produto de fundo da destilação atmosférica.

RV: Resíduo de Vácuo - produto de fundo da destilação à vácuo.

Thiago Giovanni Zanoncine

Graduação (2009) em Engenharia Química pela UFPR. REPAR/OT/OP - Araucária, PR - E-mail: thiagogz@petrobras.com.br

Guilherme Pimentel de Maria da Silva

Graduação (2006) em Engenharia Química pela UFRJ. CENPES/EB-AB-G&E/CS - Rio de Janeiro, RJ - E-mail: guilhermepimentel@petrobras.com.br

Como referenciar este artigo:

ZANONCINE, Thiago Giovanni; SILVA, Guilherme Pimentel de Maria da. Sistema automático de controle de corrosão em topo de destilação atmosférica: petróleos do pré-sal. *Revista Técnica da Universidade Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 53-68, jul. 2016. ISSN: 2359-134X.