INTERCORR 2008
28º Congresso Brasileiro de Corrosão
2nd International Corrosion Meeting
Mar Hotel, Recife / PE • 12 a 16 de maio de 2008

INTERCORR2008_030

Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

CONTROLE DA CORROSÃO INTERNA EM PLANTAS PETROQUÍMICAS DE 1ª e 2ª GERAÇÕES UM MODELO TÉCNICO-GERENCIAL PARA A REALIDADE BRASILEIRA

Reinaldo R. Nascimento[1], Sérgio. M. Moretti[2]

Abstract

The main purpose of this paper is to introduce a technical-managerial model to deal with internal corrosion in petrochemical plants as part of improvement projects related to liability, profitability and E,H&S. Through the use of matrixes who detail the main types of corrosion in petrochemical units, this paper, using a didactic approach, shows the main internal corrosion mechanisms and the manners in how to mitigate it including simple and sophisticated monitoring programs. The matrixes presented are part of technical-managerial model denominated **CBS – CORROSION BALENCED SCORECARD©** that helps defining corrosion control projects using PDCA and Six Sigma concepts.

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um modelo técnico-gerencial para o controle da corrosão interna em plantas petroquímicas de 1ª e 2ª gerações como parte de projetos de melhorias de CONFIABILIDADE, LUCRATIVIDADE e de SMS (Saúde, Segurança e Meio Ambiente). Através do uso de matrizes que detalham os principais tipos de corrosão que ocorrem em plantas petroquímicas o mesmo decorre de forma didática sobre os principais mecanismos de corrosão e a forma de mitigá-los, incluindo ainda programas de monitoramento desde os mais simples até os mais sofisticados. As matrizes apresentadas são parte do modelo técnico-gerencial denominado **CBS - CORROSION BALANCED SCORECARD©** que auxilia na definição de projetos de controle da corrosão sustentados nos conceitos do PDCA e Six Sigma.

Palavras-chave: Corrosão, gerenciamento, sustentabilidade.

Introdução

Assim como na maior parte do mundo, no Brasil, o maior desafio das empresas petroquímicas de 1ª e 2ª gerações está na maximização da lucratividade dos negócios sem perder de vista os índices de confiabilidade operacional e de responsabilidade social em todas as suas dimensões (SMS – saúde, segurança e meio ambiente; stakeholders accountability, etc).

O presente trabalho propõe abrir para a discussão uma reflexão sobre o item "integridade de equipamentos" como fator de relevante impacto sobre todos os aspectos acima

[1] Especialista, MBA, Engenheiro de Processamento Petroquímico – Dorf Ketal Brasil Ltda
[2] Diretor Técnico, Engenheiro Químico – Dorf Ketal Brasil Ltda

mencionados. Dentre as várias ações neste sentido, está a tendência em olhar para o controle da corrosão sob uma nova ótica, face ao fato do alto custo envolvido em termos de integridade dos equipamentos e de aspectos ligados a saúde, segurança e meio-ambiente.

A nova ótica proposta é tratar a corrosão em plantas petroquímicas como um programa gerencial de amplo espectro com medições diretas de perdas e ganhos e seu impacto sobre a saúde financeira e sustentabilidade da organização. É um programa complexo, podendo inclusive ser vinculado a sistemas SAP.

Como resultado da experiência adquirida há mais de quinze anos tratando a corrosão interna em unidades petroquímicas através do uso de aditivos químicos, iremos apresentar uma proposta de modelo técnico-gerencial que usa uma abordagem sistêmica aqui denominada de matriz **CBS - CORROSION BALANCED SCORECARD®**. A matriz não faz referência e não deve ser confundida com a ferramenta gerencial de planejamento estratégico e controle "balanced scorecard" desenvolvido por David Norton e Robert Kaplan (1). A matriz CBS possui cinco módulos distintos que cobrem diferentes aspectos na implementação de programas de gerenciamento da corrosão em unidades industriais.

O presente trabalho está dividido em duas seções. A primeira irá tratar dos aspectos gerenciais e comportamentais envolvidos na gestão de um moderno programa de controle da corrosão em uma unidade petroquímica. A segunda parte mostra uma versão simplificada do sistema de mapeamento da matriz CBS® relativo aos principais pontos vulneráveis à corrosão interna em plantas petroquímicas produtoras de insumos básicos (eteno, propeno, butadieno, isopreno, Extração de BTX, Hidrogenação de Gasolina, etc); plantas produtoras de MVC/PVC, Estireno e Acrilonitrila.

Parte 1 – Programa de Gerenciamento da Corrosão

O modelo de programa de gerenciamento de corrosão aqui proposto reconhece que há várias maneiras para organizar e operar estruturas de gerenciamento da corrosão. Via de regra tais programas levam em consideração aspectos ligados a projeto, ciclo de vida dos equipamentos, condições de processo e histórico operacional. Reafirmamos ainda que não é a intenção deste trabalho prover um arcabouço definitivo para o gerenciamento da corrosão interna para a indústria petroquímica mas delinear conceitos, princípios, métodos e técnicas que demonstraram efetividade na identificação e gerenciamento dos riscos associados a corrosão interna neste tipo de indústria como o resultado de mais de quinze anos dos autores na área afim.

O primeiro conceito aqui proposto é que a gestão da corrosão deve ser parte de um sistema de gerenciamento geral da organização assim como é gestão de pessoas, gestão financeira, gestão da qualidade, etc. E dentro deste sistema de gerenciamento da corrosão como um todo está a corrosão interna que deve ser tratada de uma forma diferenciada porque os mecanismos e causas são multivariáveis e complexos.

O modelo de gerenciamento da corrosão na indústria petroquímica brasileira coloca o trato do fenômeno aos cuidados dos departamentos de inspeção. Desta forma a corrosão é tratada dentro da ótica, ou melhor, do modelo mental que governa os departamentos de inspeção. Em se tratando ainda da corrosão interna, o trato se torna mais restrito ainda. O problema da corrosão na indústria, especialmente na indústria petroquímica é sistêmico e envolve distintas áreas quando se trata da análise de causa-efeito e criação de soluções para mitigar o problema.

Milhões de dólares têm sido despendidos na indústria petroquímica brasileira nos últimos anos na recuperação de equipamentos e às vezes, de unidades inteiras, devido à corrosão interna. Com o aumento exacerbado do preço do petróleo nos últimos dez anos, a procura por petróleos mais baratos tornou-se estratégico e vital para muitas refinarias no mundo inteiro, incluindo as refinarias brasileiras. Junto com este petróleo mais barato está associada uma gama de contaminantes naturais e sintéticos potencializadores da corrosão e fouling que não estão nas folhas de especificação de naftas, gasóleos e condensados entregues pelas refinarias e processados pela indústria petroquímica, principalmente as de primeira geração. Associado a este decaimento na qualidade das cargas, estas mesmas petroquímicas promoveram revamps para aumento de produção via aumento da capacidade de processamento e de severidade de craqueamento. Em todos estes estudos de ampliação, o tema corrosão e fouling invariavelmente não são incluídos, pelo menos no nível de profundidade requerido, nos estudos das licenciadoras de tecnologias que entregam aos seus clientes apenas dados afins aos balanços materiais e energéticos e dimensões dos equipamentos. Quando muito, fazem referencia a tratamentos químicos padrão e muitas vezes obsoletos.

O segundo conceito é que, diante da perspectiva da piora da qualidade das matérias-primas e também da qualidade e disponibilidade de água, novos projetos de ampliação devem contemplar uma profunda análise do impacto da corrosão interna e fouling nos mesmos de forma que soluções de engenharia e tratamento químico já possam ser contempladas desde a sua fase inicial. Em muitos projetos de revamp há soluções de engenharia que claramente são contra as boas práticas para controle da corrosão e fouling. Isto certamente será traduzido num alto custo financeiro para os acionistas e um alto custo psicológico (de stress) para quem opera.

Falamos até aqui de conceitos mais amplos no que se refere ao novo olhar sobre o gerenciamento da corrosão. Vamos tratar agora de alguns princípios. O primeiro princípio é que, mitigar a corrosão é uma atribuição que deve ter o seu limite expandido para além da engenharia de inspeção de equipamentos. Numa planta petroquímica ou qualquer outra, as engenharias de desenvolvimento de tecnologia, otimização de processos e de operação devem dominar o tema e trabalhar em estreita parceria com a engenharia de inspeção de equipamentos, criando assim uma nova engenharia: a “engenharia de integridade de equipamentos”. Em algumas situações a falta de comunicação e de objetivos comuns entre estes times têm levado à perpetuação de problemas graves de corrosão interna em diversas plantas tanto no Brasil como no exterior.

Um segundo princípio é que as lideranças da organização devem ter um olhar sobre a corrosão tanto quanto têm sobre as questões de segurança e meio-ambiente, qualidade, etc. Por quê? Há um reconhecimento mundial de que a falta da correta gestão sobre a corrosão gera graves impactos sobre os índices de saúde, segurança e meio-ambiente; redução da disponibilidade da planta ou mesmo da ocorrência de lucro cessante; aumento de custos de manutenção planejada ou não e em algumas situações, abalo na imagem organizacional junto aos principais stakeholders.

Um terceiro princípio é que corrosão é um assunto que deve constar nas agendas das reuniões dos conselhos de administração das empresas ou pelo menos nas da alta direção simplesmente porque é uma questão de sustentabilidade no tempo futuro.

Um bom programa de gerenciamento da corrosão interna deve prover um progressivo arcabouço compatível com os requisitos ligados a aspectos econômicos e de saúde, segurança e meio-ambiente. No topo, está o conceito de integridade dos equipamentos de processo, que envolve o estabelecimento de planos efetivos para controle, monitoramento e revisão preventiva e de medidas de proteção que asseguram a saúde e segurança dos colaboradores e por fim da lucratividade da própria organização. Na ponta deste programa estão elementos

valiosos que podem ser usados para a construção de uma boa imagem da organização junto aos principais stakeholders (acionistas, clientes, colaboradores, governo e sociedade).

É com base neste cenário que apresentamos a seguir, a ferramenta CBS – Corrosion Balanced Scorecard©.

Matriz CBS - CORROSION BALANCED SCORECARD®

Como dito anteriormente, o gerenciamento da corrosão deve ser um sistema gerencial independente que pode operar em vários níveis dentro da organização. O grau de complexidade irá depender do tamanho da organização, da intensidade e impacto gerado pela corrosão nas unidades industriais.

A estrutura apresentada a seguir é um modelo técnico-gerencial que permite um gerenciamento sistêmico da corrosão (interna/externa). Tal estrutura pode ser adaptada e implementada em etapas de acordo com as necessidades da organização e grau de complexidade exigido.

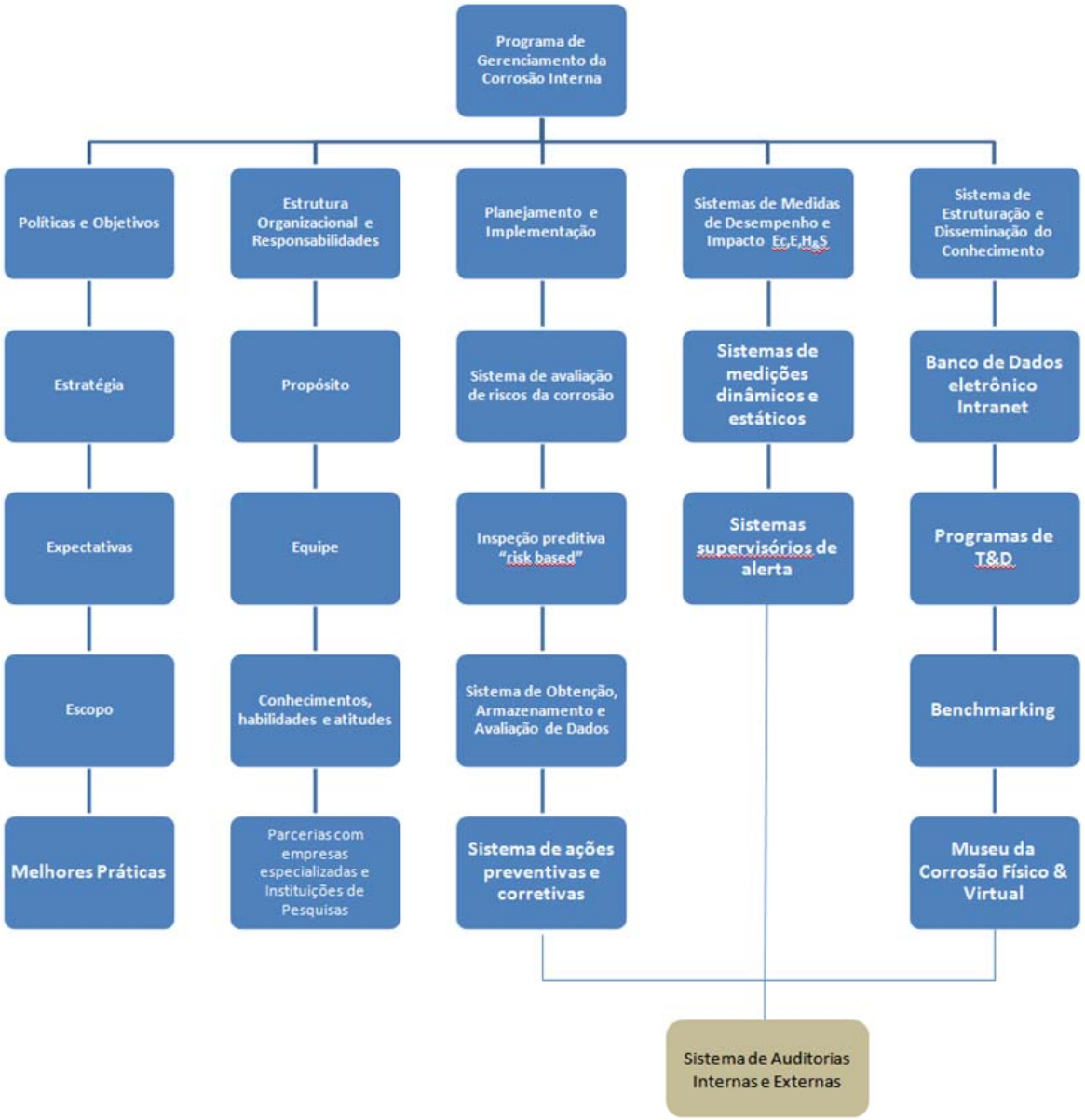

Figura 1 – Modelo Técnico-Gerencial "**CBS - CORROSION BALANCED SCORECARD**"

O diagrama apresentado é um recorte simplificado da matriz **CBS**© onde expomos no presente trabalho os principais macro-elementos. Na seção 2 faremos um recorte simplificado de alguns aspectos técnicos vinculados à corrosão em si apenas para ilustrar algumas utilidades da presente ferramenta.

Políticas e Objetivos

Como em qualquer programa de gestão a definição de políticas e objetivos é algo essencial. Do ponto de vista da corrosão não é diferente. Uma "política" é um princípio permanente que é adotado pela organização. Ela é diretiva e especifica como assuntos operacionais deverão ser lidados no longo prazo. Forma ainda a base para subseqüentes detalhamentos em termos de estratégias, estruturas organizacionais, padrões de desempenho, procedimentos e outras estruturas gerenciais. Ao alinhar estratégias, expectativas, escopo associado a preocupações com aspectos de saúde, segurança e meio-ambiente e "melhores práticas" de controle da corrosão forma-se uma sólida base para disseminação por toda a organização e fora dela em como ela trata este importante aspecto ligado à preservação da integridade dos seus bens e pessoas.

Estrutura Organizacional e Responsabilidades

Conforme mencionado a estrutura organizacional voltada para a gestão da corrosão é definida em função do tamanho da empresa, da complexidade de ocorrência dos problemas e do quanto este tema impacta na sustentabilidade futura da organização.

Tal estrutura deve definir o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que deverão possuir as pessoas que estarão à frente de tal responsabilidade. Além de conhecimento e habilidades afins ao controle da corrosão, neste novo escopo é muito importante a presença de pessoas possuidoras de atitudes que ajudam a alavancar e a aperfeiçoar o modelo baseado num ciclo de aprendizagem contínua.

Para o completo sucesso do programa, é fundamental o estabelecimento de parcerias de longo prazo com empresas especializadas no controle da corrosão, sejam elas fornecedoras de aditivos químicos - principalmente aquelas que já possuam estruturas de engenharia de aplicação de especialidades químicas e centros de pesquisa e desenvolvimento; fornecedoras de equipamentos e instituições de pesquisas que possuam pessoal capacitado e laboratórios devidamente equipados no que diz respeito à avaliação da corrosão.

Esta estrutura só funcionará se houver um comprometimento sincero e responsável por parte das lideranças da organização. Este mesmo comprometimento deve ser visto nas demais esferas da organização incluindo os parceiros afins.

Planejamento e Implementação

A área de Planejamento e Implementação delineia os métodos e os principais elementos do programa geral de controle da corrosão. Esta área deve garantir que o escopo total de atividades relacionadas ao controle da corrosão siga os princípios e políticas deliberativas da organização e que possuam uma ordem lógica e mensurável de forma que possam ser auditadas.

Tem como principais funções, (a) identificar e avaliar riscos potenciais e já instalados; (b) desenvolver soluções otimizadas; (c) definir metas; (d) estabelecer padrões de medições e cálculos de impacto econômico e de saúde, segurança e meio-ambiente; (e) desenvolver sistemas de ações preventivas e corretivas, dentre outras. Vale ressaltar que as linhas de ação

delineadas pela área de planejamento e implementação irão também depender, é claro, das estratégias e objetivos de longo prazo definidas pela organização. Um exemplo é o objetivo quanto à expectativa de vida dos equipamentos.

Sistemas de Medidas de Desempenho e Impacto sobre aspectos Econômicos e de Saúde, Segurança e Meio-Ambiente

Esta área poderia ser uma simples extensão da área de Planejamento e Implementação. Os sistemas de medidas podem ser classificados como dinâmicos e estáticos. Um simples exemplo é a diferença entre uma taxa de corrosão instantânea lida por um corrosômetro e a obtida por um cupom após 30 ou 60 dias de exposição. São informações diferentes embora convergentes, mas que geram ações corretivas diferenciadas. Desta forma, a coexistência de ambos métodos de medições são fundamentais para a obtenção de resultados diferenciados relativos ao controle da corrosão. O sistema aqui proposto muda um pouco a forma como é expresso um número registrado por uma sonda corrosimétrica instalada, por exemplo, num condensador de superfície usuário de água de resfriamento em uma planta de amônia e uréia. O sistema pode simplesmente indicar, 0.35 mm/ano, com sistema supervisório padrão alertando que está acima da faixa recomendada de 0.125 mm/ano. No novo modelo, a informação dada pelo sistema supervisório é ampliada para: taxa de corrosão do condensador de superfície indica valor acima do máximo recomendado com potencial de perda econômica na ordem de US$/dia 1 MI por redução da produção e de US$/dia 2 MI em caso de ocorrência de lucro cessante.

No caso de um duto de nafta, o sistema supervisório indicaria: taxa de corrosão registra valor acima do máximo recomendado com potencial de perda econômica de US$/dia de 1.5 MI por redução da produção; US$/dia 3.8 MI para a recuperação de solo atingido por vazamento de nafta e US$ 1.2 MI referente a multa por dano ambiental devido a contaminação de lençol freático. Poderia ainda ser acrescido o valor relativo a perdas de valor das ações em bolsa de valores assim que a notícia fosse divulgada pela imprensa.

O principal elemento desta estrutura é o desenvolvimento de sistemas supervisórios de alertas gerando informações operacionais e gerenciais. Tais sistemas supervisórios podem operar em dois níveis. O primeiro apenas gera a informação e envia para uma pessoa responsável que faz uma análise seguida de tomada de decisão e implementação da ação corretiva. O segundo gera a informação e automaticamente efetua o ajuste para o enquadramento da variável, gerando relatórios periódicos.

Sistema de Estruturação e Disseminação do Conhecimento

Utilizando o conceito de “learning organization” nenhuma empresa pode garantir sustentabilidade futura se não construir estruturas voltadas para a disseminação do conhecimento. No caso do controle da corrosão este é um dos principais fatores críticos de sucesso. A estrutura a ser concebida deve levar em consideração dois tipos de conhecimento. O “formal”, resultante da literatura, dos registros de ocorrências e inspeções, etc, e o “tácito”. O conhecimento tácito é aquele que não está registrado em sistemas formais (banco de dados, relatórios, etc), mas na mente das pessoas, aquele resultante das experiências passadas e que tem a capacidade de correlacionar os problemas de forma multivariável. Este é um conhecimento valioso e que deve passar a ser documentado.

Esta estrutura não deve conter apenas sistemas de coleta e registro de dados e relatórios de inspeções. É necessário tratá-los, correlacioná-los, interpretá-los e transformá-los em

informação útil para que possa ser apresentado em programas formais de treinamento e desenvolvimento.

Um elemento importante desta estrutura é o uso do benchmarking. Esta é uma ferramenta poderosa para a elaboração das "melhores práticas" para o controle da corrosão. Não se trata aqui de simples cópias de práticas bem sucedidas de outras empresas, mas da análise das mesmas, principalmente dos conceitos, princípios e experiências que geraram o bom resultado. Uma vez feito isto, adéqua-se à realidade da empresa em questão.

Por fim, o museu físico e o museu virtual. Temos visto em várias organizações na entrada dos departamentos de inspeção, armários com amostras de peças que sofreram falhas por corrosão. Esta é uma boa iniciativa, mas deve ir além. De simples armários, devem virar museus da corrosão tanto de forma física quanto virtual. Tais museus serão ferramentas essenciais na construção e disseminação do conhecimento. A estrutura virtual do museu é necessária não somente porque contém o registro das falhas com as respectivas fotografias, mas porque contém diversos links a artigos e livros eletrônicos afins, a seminários, congressos, calendários de cursos e etc. Enfim, o museu funcionaria como uma biblioteca viva e como promotor do conhecimento.

Parte 2 – Matrizes de Mapeamento dos Principais Pontos Vulneráveis à Corrosão

Uma vez que haja um modelo gerencial estabelecido, um dos principais trabalhos é o mapeamento dos pontos vulneráveis à corrosão de uma unidade petroquímica. Nesta seção, iremos focar no mapeamento da "corrosão interna" em plantas petroquímicas produtoras de Insumos Básicos, de MVC/PVC, de Estireno e Acrilonitrila.

Mapa de Ocorrência de Corrosão Interna (ICMap©)

O "Mapa de Ocorrência de Corrosão Interna - ICMap©" é uma ferramenta útil para a identificação rápida dos pontos potenciais de ocorrência de corrosão interna em unidades produtoras de insumos petroquímicos básicos e em plantas petroquímicas da 2ª geração. A ferramenta **ICMap©** fornece as seguintes informações básicas: (a) tipo da corrosão e onde ocorre; (b) o potencial de ocorrência; (c) se há impacto em termos financeiros, de confiabilidade e de aspectos de saúde, segurança e meio ambiente da unidade analisada; e (d) aplicabilidade de tratamento químico para o controle da corrosão interna.

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS						
Unidade Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**TQ**
			US$	**Liability**	**E,H &S**	
Duto de Nafta	Corrosão eletroquímica devido a presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S, etc.) na geratriz inferior do tubo principalmente em regiões de estagnação de água.	↑	●	●	●	☑
Parque de Tanques de Nafta	Corrosão eletroquímica sob depósito devido a presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S, etc.) no fundo tanque e regiões inferiores do costado em contato com a borra e a água acumulada.	↔	○	○	○	☐
Fracionamento de Nafta	Corrosão eletroquímica nos sistemas de topo das fracionadoras de nafta devido à presença de contaminantes ácidos nos condensadores de topo (HCl, H_2S, etc.).	↑	○	●	●	☑
Reforma	Corrosão eletroquímica na torre estabilizadora de reformado devido a presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S, etc.) nos condensadores de topo.	↑	○	●	●	☑
Hidrogenação de Gasolina	Corrosão eletroquímica no sistema devido a presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S,etc.) nos condensadores de topo da depentanizadora e estabilizadora da corrente C_6-C_9.	↑	○	○	○	☑

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS (continuação...)						
Unidade Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**TQ**
Extração BTX	Corrosão eletroquímica no loop do solvente circulante devido à presença de ácidos orgânicos resultantes da decomposição do sulfolane.	⊂	○	○	○	☐
Extração de Butadieno	Corrosão eletroquímica no loop do solvente circulante devido à presença de ácidos orgânicos resultantes da decomposição do DMF e furfural.	⊃	○	○	●	☐
Extração de Isopreno	Corrosão eletroquímica no loop do solvente circulante devido a presença de ácidos orgânicos (ROOH, HCN), água, álcool alílico e sais de amônia (carbamatos e ditiocarbamatos) resultantes da reação entre a amônia, CO_2 e CS_2 em elevadas concentrações.	⊂	●	●	●	☑
Fornos	Corrosão por trincas nos tubos dos fornos devido à presença de sódio.	⊂	●	●	●	☐
Torre de Óleo de Quench	Corrosão por erosão nas bandejas e ácida na linha de topo devido à presença de contaminantes ácidos orgânicos e inorgânicos.	⊃	○	○	○	☐
Sistema de Água de Quench e DS	Corrosão eletroquímica no sistema devido a presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S, ácidos acético, propiônico, valérico, carbônico, etc.) no loop de água de quench, stripper de água de processo e gerador de vapor de diluição.	⊂	●	●	●	☑
Sistema de Compressão	Corrosão eletroquímica nos trocadores e vasos inter-estágios devido à presença de contaminantes ácidos (HCl, H_2S, ácidos acético, propiônico, valérico, carbônico, etc.).	⊂	●	●	●	☐
Sistema de AGR	Corrosão eletroquímica e sob depósito nos trocadores de calor usuários de água de resfriamento devido à presença de cloretos, sulfatos, oxigênio e incrustações diversas, incluindo biofouling.	⊂	●	●	●	☑
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	Corrosão nos TLE´s, caldeiras e sistemas de retorno de condensados devido a presença de oxigênio e contaminantes ácidos (H_2CO_3 e ácidos orgânicos, etc.).	⊂	●	●	●	☑
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	Corrosão em tubos devido à condensação do ácido sulfúrico em caldeiras que queimam óleo combustível.	⊂	●	●	●	☐

Legenda: ⊂ potencial elevado ⊂ potencial moderado com tendência para baixo ⊃ potencial moderado com tendência de alta ⊃ potencial baixo ● impacto elevado – obrigatório ações preventivas ○ impacto moderado - recomendado ações preventivas ☑ tratamento químico obrigatório ☐ tratamento químico recomendado

Figura 2: **ICMap©** para unidades produtos de Insumos Petroquímicos Básicos

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE MVC/PVC						
Unidade Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**TQ**
			US$	**Liability**	**E,H &S**	
Unidade de Purificação de EDC	Corrosão eletroquímica nos sistemas de topo da torres de destilação devido a presença de HCl.	⊂	○	○	○	☑
Sistema de AGR	Corrosão eletroquímica e sob depósito nos trocadores de calor e camisas de reatores usuários de água de resfriamento devido à presença de cloretos, sulfatos, oxigênio e incrustações diversas, incluindo biofouling.	⊂	●	●	●	☑
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	Corrosão nas caldeiras e sistemas de retorno de condensados devido a presença de oxigênio e contaminantes ácidos (H_2CO_3 , etc.).	⊂	●	●	●	☑

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE MVC/PVC (continuação...)						
Unidade Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**T Q**
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	Corrosão em tubos devido a condensação do ácido sulfúrico em caldeiras que queimam óleo combustível.	⊂	●	●	●	☐

Legenda: ⇧ potencial elevado ⊂ potencial moderado com tendência para baixo ⊃ potencial moderado com tendência de alta ⇩ potencial baixo ● impacto elevado – obrigatório ações preventivas ○ impacto moderado - recomendado ações preventivas ☑ tratamento químico obrigatório ☐ tratamento químico recomendado

Figura 3: **ICMap©** para unidades petroquímicas produtoras de MVC/PVC

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ESTIRENO						
Unidade Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**T Q**
			US$	**Liability**	**E,H &S**	
Unidade de Produção de Etil Benzeno Processo Friedel-Krafts	Corrosão eletroquímica nos sistemas de topo da torres de destilação devido a presença de HCl.	⇧	○	○	●	☑
Seções de Reação e Purificação do Estireno	Corrosão na Torre Separadora Benzeno/Tolueno e sistema de condensadores da Seção de Desidrogenação devido à presença de ácido carbônico e O_2.	⇧	○	○	○	☑
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	Corrosão nas caldeiras e sistemas de retorno de condensados devido a presença de oxigênio e contaminantes ácidos (H_2CO_3 , etc.).	⇧	●	●	●	☑
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	Corrosão em tubos devido a condensação do ácido sulfúrico em caldeiras que queimam óleo combustível.	⊂	●	●	●	☐

Legenda: ⇧ potencial elevado ⊂ potencial moderado com tendência para baixo ⊃ potencial moderado com tendência de alta ⇩ potencial baixo ● impacto elevado – obrigatório ações preventivas ○ impacto moderado - recomendado ações preventivas ☑ tratamento químico obrigatório ☐ tratamento químico recomendado

Figura 4: **ICMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Estireno

ICMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ACRILONITRILA						
Sistema	**Tipo de Corrosão**	**Potencial**	**Impacto**			**T Q**
			US$	**Liability**	**E,H &S**	
Seção de Água Pós-Reação	Corrosão nas seções de fundo das torres de água de quench e seção de retificação da stripper devido à presença de contaminantes tais como O_2, HCN e Ácido Acético	⊃	○	○	●	☐
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	Corrosão nas caldeiras e sistemas de retorno de condensados devido à presença de oxigênio e contaminantes ácidos (H_2CO_3, etc.).	⇧	●	●	●	☑
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	Corrosão em tubos devido a condensação do ácido sulfúrico em caldeiras que queimam óleo combustível.	⊂	●	●	●	☐

Legenda: ⇧ potencial elevado ⊂ potencial moderado com tendência para baixo ⊃ potencial moderado com tendência de alta ⇩ potencial baixo ● impacto elevado – obrigatório ações preventivas ○ impacto moderado - recomendado ações preventivas ☑ tratamento químico obrigatório ☐ tratamento químico recomendado.

Figura 5: **ICMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Acrilonitrila

Mapa de Ocorrência e Controle da Corrosão Interna - MCCMap©

Uma das fases mais importantes no estabelecimento de um programa de gerenciamento da corrosão interna numa unidade petroquímica trata da definição das estratégias de controle que serão utilizadas. São várias as opções. Uso de metalurgia mais nobre que o aço-carbono, proteção catódica/anódica, uso de revestimentos especiais e tratamento químico. Em geral, são as combinações de vários destes métodos de controle que se obtêm os melhores resultados no longo prazo. Dentre os vários métodos, o controle químico da corrosão é o mais difundido e utilizado em plantas petroquímicas porque nestas unidades, a metalurgia dominante é a do aço-carbono.

Os tratamentos químicos sempre são definidos após um rigoroso estudo dos principais mecanismos de corrosão prevalecentes na unidade em questão. O melhor tratamento químico é aquele resultante de estudos que contemplam análises metalográficas das amostras de metais dos equipamentos afetados, por exemplo, análises de difração de raio-x e análises qualitativas e quantitativas de depósitos encontrados nos sistemas. Ainda, é comum ratificar o tratamento proposto realizando-se um benchmarking para confirmar a efetividade do mesmo. Por fim e tão importante quanto o tratamento proposto é o programa de monitoramento que deve obrigatoriamente conter variáveis associadas à determinação de taxas de corrosão e rotina analítica de compostos químicos potencializadores da corrosão e dos íons afins ao tratamento.

O "**Mapa de Ocorrência e Controle da Corrosão Interna – MCCMap©**" é uma ferramenta que fornece informações básicas sobre a composição de tratamentos químicos e de monitoramento para unidades petroquímicas. Tanto o programa de tratamento químico quanto o de monitoramento podem ser ampliados em função da criticidade do sistema. A seguir alguns exemplos simplificados de telas do **MCCMap©**.

MCCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS

Unidade Sistema	Aditivo Químico Recomendado							Monitoramento		
	SO	IFO	IFI	AN	AI	Bcd	MC	CP	Sd	Rotina Analítica Básica
Duto de Nafta	-	x	-	-	-	x	-	x	x	NACE TM-0172; cloretos, enxofre, água, ferro na nafta
Parque de Tanques de Nafta	-	x	-	-	-	-	-	x	x	pH, ferro água drenada
Fracionamento de Nafta	-	x	-	x	-	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, sulfetos água bota
Reforma	-	x	-	-	-	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Sulfetos água bota
Hidrogenação de Gasolina	-	x	-	x	-	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Sulfetos água bota
Extração BTX	x	-	-	x	-	-	-	x	x	Acidez total, pH
Extração de Butadieno	x	-	x	-	x	-	-	x	-	pH solvente circulante
Extração de Isopreno	x	-	x	x	x	-	-	x	x	Teor de sódio no vapor de diluição
Fornos	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
Sistema de Óleo de Quench	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-
Sistema de Água de Quench e DS	x	x	-	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl-, sulfetos no vaso gerador de vapor de diluição e sódio no vapor, seq.O_2
Sistema de Compressão	-	x	-	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl-, sulfetos nos vasos de knock-out inter-estágios
Sistema de AGR	-	-	x	-	x	x	-	x	x	pH, Fe, Alcalinidade, Cl-, SO_4, Dureza, STD, Contagem Microbiológica. PO_4, Zn ou Mo
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	x	x	x	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Acalinidade, Dureza, Condutividade, STD, Seq.O_2

MCCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS (continuação...)										
Unidade Sistema		**Aditivo Químico Recomendado**						**Monitoramento**		
	SO	**IFO**	**IFI**	**AN**	**AI**	**Bcd**	**MC**	**CP**	**Sd**	**Rotina Analítica Básica**
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	-	-	-	-	-	-	x	x	-	V, Ni, K, Na, S do óleo combustível
Legenda: (SO) seqüestrante de oxigênio **(IFO)** inibidor fílmico orgânico **(IFI)** inibidor fílmico inorgânico **(AN)** amina neutralizante **(AI)** anti-incrustante **(Bcd)** biocida **(MC)** modificador de cinzas **(CP)** Cupom de Prova **(Sd)** sonda corrosimétrica.										

Figura 6: **MCCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Insumos Básicos

MCCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE MVC/PVC										
Unidade Sistema		**Aditivo Químico Recomendado**						**Monitoramento**		
	SO	**IFO**	**IFI**	**AN**	**AI**	**Bcd**	**MC**	**CP**	**Sd**	**Rotina Analítica**
Unidade de Purificação de EDC	-	x	-	x	-	-	-	x	x	pH, Cl, Fe na água da bota
Sistema de AGR	-	-	x	-	x	x	-	x	x	pH, Fe, Alcalinidade, Cl-, SO_4, Dureza, STD, Contagem Microbiológica
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	x	x	x	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Acalinidade, Dureza, Condutividade, STD
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	-	-	-	-	-	-	x	x	-	V, Ni, K, Na, S do óleo combustível
Legenda: (SO) seqüestrante de oxigênio **(IFO)** inibidor fílmico orgânico **(IFI)** inibidor fílmico inorgânico **(AN)** amina neutralizante **(AI)** anti-incrustante **(Bcd)** biocida **(MC)** modificador de cinzas **(CP)** Cupom de Prova **(Sd)** sonda corrosimétrica.										

Figura 7: **MCCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de MVC/PVC

MCCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ESTIRENO										
Unidade Sistema		Aditivo Químico Recomendado						Monitoramento		
	SO	**IFO**	**IFI**	**AN**	**AI**	**Bcd**	**MC**	**CP**	**Sd**	**Rotina Analítica**
Unidade de Produção de Etil Benzeno Processo Friedel-Krafts	-	x	-	x	-	-	-	x	x	pH, Cl, Fe na água da bota
Seções de Reação e Purificação do Estireno	-	-	x	-	x	x	-	x	x	pH, Fe, Alcalinidade, Cl-, SO_4, Dureza, STD, Contagem Microbiológica
Sistema de AGR	-	-	x	-	x	x	-	x	x	pH, Fe, Alcalinidade, Cl-, SO_4, Dureza, STD, Contagem Microbiológica
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	x	x	x	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Acalinidade, Dureza, Condutividade, STD
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	-	-	-	-	-	-	x	x	-	V, Ni, K, Na, S do óleo combustível
Legenda: (SO) seqüestrante de oxigênio **(IFO)** inibidor fílmico orgânico **(IFI)** inibidor fílmico inorgânico **(AN)** amina neutralizante **(AI)** anti-incrustante **(Bcd)** biocida **(MC)** modificador de cinzas **(CP)** Cupom de Prova **(Sd)** sonda corrosimétrica.										

Figura 8: **MCCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Estireno

MCCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ACRILONITRILA										
Unidade Sistema	**Aditivo Químico Recomendado**							**Monitoramento**		
	SO	**IFO**	**IFI**	**AN**	**AI**	**Bcd**	**MC**	**CP**	**Sd**	**Rotina Analítica**
Seção de Água Pós-Reação	-	x	-	-	-	-	-	x	x	pH, Fe na água de quench
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	-	-	x	-	x	x	-	x	x	pH, Fe, Alcalinidade, Cl-, SO_4, Dureza, STD, Contagem Microbiológica
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	x	x	x	x	x	-	-	x	x	pH, Fe, Cl, Acalinidade, Dureza, Condutividade, STD
Seção de Água Pós-Reação	-	-	-	-	-	-	x	x	-	V, Ni, K, Na, S do óleo combustível
Legenda: (SO) seqüestrante de oxigênio **(IFO)** inibidor fílmico orgânico **(IFI)** inibidor fílmico inorgânico **(AN)** amina neutralizante **(AI)** anti-incrustante **(Bcd)** biocida **(MC)** modificador de cinzas **(CP)** Cupom de Prova **(Sd)** sonda corrosimétrica (LPR ou ERP).										

Figura 9: **MCCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Acrilonitrila

Mapa Balanceado para o Controle da Corrosão - MBCMap©

O **MBCMap©** é uma ferramenta de informação que diz qual é o equilíbrio relativo entre "modus operandi" x tratamento químico que deve ter quando se trata da resolução de problemas de corrosão interna. É comum, pensar-se que, ao se aplicar um determinado tratamento químico em um sistema afetado pela corrosão, o problema será definitivamente sanado. Nenhum tratamento químico é auto-suficiente para garantir resultados, independente da condição operacional da planta. Quando paradigmas desta natureza dominam as mentes das lideranças, é certa a ocorrências de prejuízos.

Já houve caso de uma unidade petroquímica brasileira perder valor de ação em bolsa de valores em determinado ano devido a uma crise de tratamento de água de resfriamento, onde o foco inicial ficou sobre o tratamento químico. No primeiro momento da crise não foram reconhecidas as sérias limitações que o sistema impunha, colocando 100% da culpa sobre o tratamento químico. Somente quando houve o reconhecimento de determinadas limitações operacionais é que o problema foi definitivamente sanado. Embora o tratamento químico tenha sido mudado, o que realmente gerou o resultado foi o fato de ter-se realizado manutenções necessárias na estação de tratamento de água de make-up e mudança no perfil comportamental e gerencial em como tratar problemas dessa natureza.

A seguir, apresentamos **MBCMaps©** que fazem um balanço percentual das influências exercidas em relação aos fatores "tratamento químico" x "limitações de projeto" e "limitações operacionais". Ao tornarem-se cientes ou conscientes das influências de cada um destes fatores, os técnicos que irão desenhar um programa de controle da corrosão para as unidades afins terão bases suficientes para definir a melhor estratégia de controle.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Duto de Nafta	60%	30%	10%	O tratamento químico deve ser o que apresentar o melhor resultado em testes NACE TM-0172. Projeto: Dutos com traçado tubulações em vales de alta amplitude são mais propensos à ocorrência de zonas mortas que levam ao acúmulo de água. Operacional: procedimentos de lavagem dos tanques de navios e armazenamento com água do mar tornam a corrosão mais agressiva. Falta de disciplina na drenagem dos tanques também potencializam a corrosão. A passagem de pig periodicamente constitui uma boa prática.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS (continuação...)				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Parque de Tanques de Nafta	10%	10%	80%	Sistemas de tancagem com mau gerenciamento da rotina de drenagem de água são mais propensos à ocorrência de corrosão interna.
Fracionamento de Nafta Reforma Hidrogenação de Gasolina	60%	-	40%	O tratamento químico deve contemplar pelo menos o uso de um inibidor de corrosão fílmico de alto WSIM. O desempenho é superior quando associado ao uso de neutralizantes amínicos. A limitação operacional está relacionada à qualidade da nafta adquirida em termos do teor de cloretos e sulfetos e disciplina de drenagem da água no parque de tanques.
Extração BTX	40%	-	60%	O tratamento químico deve empregar o uso de agentes antioxidantes e neutralizantes amínicos. Melhores resultados são obtidos através de minimização de entrada de oxigênio no sistema via um programa de melhorias em sistemas de selagem de equipamentos
Extração de Butadieno (Nippon Zeon)	10%	-	90%	Em caso de necessidade de tratamento químico anticorrosivo é comum a utilização de agentes redutores tais como $NaNO_2$ e DEHA. A melhor estratégia é manter o solvente circulante com o menor teor possível de água e não permitir sobredosagens de furfural.
Extração de Isopreno	40%	-	60%	Em caso de necessidade de tratamento químico anticorrosivo é comum a utilização de agentes redutores tais como DEHA e $NaNO_2$. A melhor estratégia é minimizar a entrada de CS_2 na seção de extração e manter os níveis de água, acetona e álcool alílico dentro dos limites recomendados.
Fornos	30%	30%	40%	A adoção do procedimento de realizar a pré-sulfetação dos fornos antes do alinhamento da nafta aumenta a vida útil dos tubos. O melhor aditivo químico de menor impacto em termos de E,H&S é o TBPS. O design e metalurgia também exercem influência na estratégia de controle da corrosão. Do ponto de vista operacional a contaminação com sódio no sistema de vapor diluição pode ser reduzida ou eliminada via substituição da soda para neutralizar o pH da água de processo por uma amina pesada ou adotando novos valores para operação do nível do vaso gerador de DS, minimização da contaminação de hidrocarbonetos, e rigor operacional quanto aos limites pré-estabelecidos de pH.
Sistema de Óleo de Quench	-	-	100%	Não haverá corrosão no sistema de topo da torre de óleo de quench se o sistema operar com temperaturas de topo dentro das faixas recomendadas e sem a presença de água na gasolina de refluxo via controle otimização da separação água-óleo na torre de água de quench.
Sistema de Água de Quench e DS	40%	30%	30%	Deve-se aplicar um tratamento químico que vise o controle da emulsão na torre de água de quench, adição de inibidor de polimerização e seqüestrante de oxigênio. O controle do pH pode ser feito com NaOH desde que a confiabilidade do sistema de medição do pH e de dosagem seja elevada. Caso contrário deve-se optar pelo uso de aminas neutralizantes pesadas. Em alguns casos o uso de aminas voláteis é necessário devido a corrosão nas linhas pós vaso gerador de DS. Projeto: torres de água de quench com baixo tempo de residência tornam o sistema mais crítico em termos de potencial corrosivo. Do ponto de vista operacional falhas no controle do pH dentro da faixa recomendada irá gerar problemas de corrosão, mesmo com aplicação de tratamento químico.
Sistema de Compressão	70%	-	30%	Em sistemas de compressão o tratamento químico básico requer o uso de blends de aminas neutralizantes. Quando associado ao uso de inibidores de corrosão fílmicos de alto WSIM o resultado é otimizado visto que tais inibidores podem ainda atuar como agentes dispersantes de fouling. A limitação operacional está relacionada à qualidade da nafta adquirida em termos do teor de cloretos e sulfetos.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA DE INSUMOS BÁSICOS (continuação...)				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Sistema de AGR	40%	40%	20%	Plantas com sistemas de distribuição de AGR mau concebidos, como por exemplo excesso de trocadores com tubos em U com AGR lado do casco e baixas velocidades constituem um sério problema na definição de estratégias para o controle da corrosão. Do ponto de vista operacional falhas no controle de purga, sub-dosagem dos produtos químicos e problemas na ETA constituem as maiores falhas. Tratamentos químicos devem contemplar o uso de inibidores de corrosão, dispersantes resistentes à oxidação e biocidas.
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	70%	10%	20%	Do ponto de vista de projeto, sistemas que não possuem de geração de vapor que não possuem desaeradores são mais propensos à ocorrência de corrosão. Irá exigir desta forma um tratamento químico mais robusto em termos da adição de seqüestrante de oxigênio. É fundamental o uso de aminas neutralizantes voláteis para promover a proteção de toda a malha de condensado associada ao uso adicional na malha de aditivos de natureza redutora e com capacidade para sequestrar O_2 tais como DEHA e NIPHA. Do ponto de vista operacional problemas nos desaeradores, no sistema de desmineralização da água de alimentação e no controle de purga das caldeiras e sub-dosagem dos produtos químicos constituem as maiores falhas.
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	25%	45%	30%	O tratamento químico geralmente é constituído de agentes modificadores do ponto de fusão das cinzas, à base Mg e em algumas situações à base de Si. Fornalhas mau concebidas com problemas de distribuição de temperaturas podem favorecer à condensação do H_2SO_4 de forma agressiva que irá migrar e se concentrar sobre as cinzas depositadas. Do ponto de vista operacional a minimização desta corrosão está na aquisição de óleos combustíveis com o menor teor possível de enxofre, Ni, V, K e Na.

Figura 9: **MBCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Insumos Básicos

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE MVC/PVC				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Unidade de Purificação de EDC	100%	-	-	No sistema topo das torres de destilação da unidade de purificação de EDC, a corrosão pode ser controlada por tratamentos químicos à base de aminas neutralizantes que formam sais líquidos e aminas fílmicas de alto WSIM. O uso de amônia e morfolina e MEA para o controle do pH tem efeito nocivo para este sistema.
Sistema de AGR	40%	40%	20%	Plantas com sistemas de distribuição de AGR mau concebidos, como por exemplo excesso de trocadores com tubos em U com AGR lado do casco e baixas velocidades constituem um sério problema na definição de estratégias para o controle da corrosão. Do ponto de vista operacional falhas no controle de purga, sub-dosagem dos produtos químicos e problemas na ETA constituem as maiores falhas. Tratamentos químicos devem contemplar o uso de inibidores de corrosão, dispersantes resistentes à oxidação e biocidas.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE MVC/PVC (continuação...)				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	70%	10%	20%	Do ponto de vista de projeto, sistemas de geração de vapor que não possuem desaeradores são mais propensos à ocorrência de corrosão. Irá exigir desta forma um tratamento químico mais robusto em termos da adição de seqüestrante de oxigênio. É fundamental o uso de aminas neutralizantes voláteis para promover a proteção de toda a malha de condensado associada ao uso adicional na malha de aditivos de natureza redutora e com capacidade para sequestrar O_2 tais como DEHA e NIPHA. Do ponto de vista operacional problemas nos desaeradores, no sistema de desmineralização da água de alimentação e no controle de purga das caldeiras e sub-dosagem dos produtos químicos constituem as maiores falhas.
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	25%	45%	30%	O tratamento químico geralmente é constituído de agentes modificadores do ponto de fusão das cinzas, à base Mg e em algumas situações à base de Si. Fornalhas mau concebidas com problemas de distribuição de temperaturas podem favorecer à condensação do H_2SO_4 de forma agressiva que irá migrar e se concentrar sobre as cinzas depositadas. Do ponto de vista operacional a minimização desta corrosão está na aquisição de óleos combustíveis com o menor teor possível de enxofre, Ni, V, K e Na.

Figura 10: **MBCMap**© para unidades petroquímicas produtoras de MVC/PVC

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ESTIRENO				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Unidade de Produção de Etil Benzeno Processo Friedel-Krafts	70%	30%	-	No sistema topo das torres de destilação da unidade de produção do etil-benzeno, a corrosão pode ser controlada por tratamentos químicos à base de aminas neutralizantes que formam sais líquidos e aminas fílmicas de alto WSIM. O uso de amônia e morfolina e MEA para o controle do pH tem efeito nocivo para este sistema.
Seções de Reação e Purificação do Estireno	100%	*	-	No sistema topo das torres de destilação das seções de reação e purificação do estireno, a corrosão pode ser controlada por tratamentos químicos à base de aminas neutralizantes que formam sais líquidos e aminas fílmicas de alto WSIM. *Como o mecanismo preferencial da corrosão é eletroquímico devido à presença de CO_2 a adoção de metalurgia mais nobre poderia eliminar a necessidade de uso de inibidores de corrosão.
Sistema de AGR	40%	40%	20%	Plantas com sistemas de distribuição de AGR mau concebidos, como por exemplo excesso de trocadores com tubos em U com AGR lado do casco e baixas velocidades constituem um sério problema na definição de estratégias para o controle da corrosão. Do ponto de vista operacional falhas no controle de purga, sub-dosagem dos produtos químicos e problemas na ETA constituem as maiores falhas. Tratamentos químicos devem contemplar o uso de inibidores de corrosão, dispersantes resistentes à oxidação e biocidas.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ESTIRENO (continuação...)				
Unidade Sistema	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	70%	10%	20%	Do ponto de vista de projeto, sistemas de geração de vapor que não possuem desaeradores são mais propensos à ocorrência de corrosão. Irá exigir desta forma um tratamento químico mais robusto em termos da adição de seqüestrante de oxigênio. É fundamental o uso de aminas neutralizantes voláteis para promover a proteção de toda a malha de condensado associada ao uso adicional na malha de aditivos de natureza redutora e com capacidade para sequestrar O_2 tais como DEHA e NIPHA. Do ponto de vista operacional problemas nos desaeradores, no sistema de desmineralização da água de alimentação e no controle de purga das caldeiras e sub-dosagem dos produtos químicos constituem as maiores falhas.
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	25%	45%	30%	O tratamento químico geralmente é constituído de agentes modificadores do ponto de fusão das cinzas, à base Mg e em algumas situações à base de Si. Fornalhas mau concebidas com problemas de distribuição de temperaturas podem favorecer à condensação do H_2SO_4 de forma agressiva que irá migrar e se concentrar sobre as cinzas depositadas. Do ponto de vista operacional a minimização desta corrosão está na aquisição de óleos combustíveis com o menor teor possível de enxofre, Ni, V, K e Na.

Figura 11: **MBCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Estireno

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ACRILONITRILA				
Sistema Unidade	**Tratamento Químico**	**Limitações**		**Comentários**
		Projeto	**Operacional**	
Seção de Água Pós-Reação	20%	80%	-	O controle da corrosão na seção de água de uma planta produtora de acrilonitrila é dependente de fatores tais como tempo de residência e metalurgia. Tratamentos químicos só são aplicados quando houver limitações associadas aos fatores acima e geralmente são utilizados sais derivados de ácidos carboxílicos.
Sistema de AGR	40%	40%	20%	Plantas com sistemas de distribuição de AGR mau concebidos, como por exemplo excesso de trocadores com tubos em U com AGR lado do casco e baixas velocidades constituem um sério problema na definição de estratégias para o controle da corrosão. Do ponto de vista operacional falhas no controle de purga, sub-dosagem dos produtos químicos e problemas na ETA constituem as maiores falhas. Tratamentos químicos devem contemplar o uso de inibidores de corrosão, dispersantes resistentes à oxidação e biocidas.
Sistema de Geração de Vapor e Retorno de Condensado	70%	10%	20%	Do ponto de vista de projeto, sistemas de geração de vapor que não possuem desaeradores são mais propensos à ocorrência de corrosão. Irá exigir desta forma um tratamento químico mais robusto em termos da adição de seqüestrante de oxigênio. É fundamental o uso de aminas neutralizantes voláteis para promover a proteção de toda a malha de condensado associada ao uso adicional na malha de aditivos de natureza redutora e com capacidade para sequestrar O_2 tais como DEHA e NIPHA. Do ponto de vista operacional problemas nos desaeradores, no sistema de desmineralização da água de alimentação e no controle de purga das caldeiras e sub-dosagem dos produtos químicos constituem as maiores falhas.

MBCMap© - UNIDADE PETROQUÍMICA PRODUTORA DE ACRILONITRILA (continuação...)				
Sistema Unidade	Tratamento Químico	Limitações		Comentários
		Projeto	Operacional	
Sistema de Geração de Vapor Lado Fogo	25%	45%	30%	O tratamento químico geralmente é constituído de agentes modificadores do ponto de fusão das cinzas, à base Mg e em algumas situações à base de Si. Fornalhas mau concebidas com problemas de distribuição de temperaturas podem favorecer à condensação do H_2SO_4 de forma agressiva que irá migrar e se concentrar sobre as cinzas depositadas. Do ponto de vista operacional a minimização desta corrosão está na aquisição de óleos combustíveis com o menor teor possível de enxofre, Ni, V, K e Na.

Figura 12: **MBCMap©** para unidades petroquímicas produtoras de Acrilonitrila

Conclusões

Através das observações descritas neste trabalho resultantes das experiências relacionadas ao gerenciamento e fornecimento de soluções químicas para o controle da corrosão em plantas petroquímicas podemos concluir:

- Com o aumento do preço do petróleo nos últimos dez anos, a procura por crus mais baratos tornou-se estratégico e vital para refinarias no mundo inteiro, incluindo as refinarias brasileiras. Junto com este petróleo mais barato está associada uma gama de contaminantes naturais e sintéticos potencializadores da corrosão e fouling que não estão nas folhas de especificação de naftas, gasóleos e condensados entregues pelas refinarias e processados pela indústria petroquímica, principalmente as de primeira geração. Em decorrência deste fato, problemas associados à corrosão e fouling nunca antes relatados passaram a ocorrer de forma severa em unidades petroquímicas brasileiras.
- A piora da qualidade e redução da disponibilidade de água também tem sido um fator determinante na procura por soluções adequadas para o controle da corrosão em unidades petroquímicas.
- A severidade com que o problema tem ocorrido exige uma nova maneira em como tratar a corrosão visto que problemas associados a este fenômeno exercem forte influência sobre aspectos de saúde, segurança, meio ambiente e sustentabilidade da organização, incluindo a sua imagem perante os principais stakeholders (acionistas, clientes, governo, fornecedores, sociedade).
- Este novo cenário requer uma mudança na forma em como a corrosão é gerenciada. O gerenciamento da corrosão deve agora ultrapassar as fronteiras dos departamentos de inspeção passando a ser uma área de gestão tal como é a qualidade, meio ambiente, etc. No mínimo deve redefinir o foco de atuação dos departamentos de inspeção de equipamentos, deixando de ter um foco na inspeção e sim na "integridade de equipamentos".
- Qualquer que seja o modelo adotado este deve levar em consideração uma forte atuação no desenvolvimento de estruturas voltadas para a disseminação do conhecimento como fator crítico de sucesso.
- O modelo **CBS - CORROSION BALANCED SCORECARD©** apresenta-se neste cenário como uma ferramenta técnico-gerencial útil ao desenvolvimento de programas efetivos de controle da corrosão em unidades petroquímicas de 1ª e 2ª gerações.

Bibliografia

(1) KAPLAN, Robert S. & NORTON, David P., A Estratégia em Ação: *Balanced Scorecard* –. Rio de Janeiro, Campus, 1997.