

FILTRAGEM INIBIDORA DE CORROSÃO COM A UTILIZAÇÃO DE MONITORAMENTO DE CORROSÃO DE RESPOSTA RÁPIDA

Timothy H. Bieri
BP Exploration (Alaska)
Grupo CIC
900 East Benson Blvd.
Anchorage, AK 99519

David Horsup, Ph.D
Nalco Company – Divisão de Serviços de Energia
7705 Highway 90-A
Sugar Land, TX 77478

Melvyn Reading
Rohrback Cosasco Systems, Inc.
11841 E. Smith Avenue
Santa Fe Springs, CA 90670

Richard C. Woollam
BP America, Inc.
501 Westlake Park Blvd.
WL 18.118
Houston, TX 77079

RESUMO

O processo de melhoria contínua para desenvolvimento de inibidor de corrosão necessita de um programa ativo de teste de novos produtos químicos. O processo original para inibidores de corrosão de prospectiva de teste de campo necessitou de 36 dias para cada produto diferente e utilizou monitoramento de sonda de resistência elétrica padrão para determinar o desempenho do inibidor. O novo processo utiliza monitoramento de resistência elétrica aumentado que permite que o mesmo teste seja feito em quatro dias, ao mesmo tempo em que fornece dados de qualidade superior. Os benefícios líquidos do novo processo incluem tempos de teste reduzidos, número de inibidores avaliados aumentado, volume de inibidores de teste reduzido e um aumento na qualidade e quantidade de dados. Esses benefícios em conjunto aumentaram a probabilidade de identificação de inibidores de corrosão que oferecem significativas melhorias de custo-benefício.

Palavras-chave: inibidor de corrosão, resistência elétrica aumentada, monitoramento de corrosão.

INTRODUÇÃO

Histórico

Controle de corrosão em tubulações de produção de óleo e gás é alcançado freqüentemente pela utilização de ligas resistentes a corrosão. Estas, entretanto, aumentam significativamente os custos, fazendo com que estratégias de prevenção de corrosão alternativas sejam freqüentemente levadas em consideração. Em muitos casos, a opção de melhor custo-benefício é a utilização de aço de baixo teor de carbono (aço macio) com um programa de inibição de corrosão.

O aumento significativo na demanda global de óleo e gás levou a indústria a procurar produção em campos anteriormente inexplorados. Podem estar localizados em águas profundas (3.000 – 6.000') ou até superprofundas (6.000 – 10.000'), e muitas delas estão situadas em regiões de meio ambiente sensível.

Copyright

© 2006 NACE International. Solicitações de permissão para publicação deste manuscrito, em qualquer forma, parcial ou por completo, devem ser feitas por escrito para NACE International, Conferences Division, 1440 South Creek Drive, Houston, Texas, 77084. O material apresentado e os pontos de vista aqui expressos são unicamente do(s) autor(es) e não são necessariamente homologados pela Associação. Impresso originalmente nos EUA.

Associadas a esses ambientes desafiadores existem condições corrosivas agressivas provocadas por altas pressões e temperaturas, condições químicas severas da água e frequentemente condições de alto cisalhamento. É, portanto, fundamental que um programa de inibição de corrosão seja capaz de fornecer controle de corrosão efetivo nas mais agressivas condições.

DESENVOLVIMENTO DE INIBIDOR DE CORROSÃO

Para encaminhar algumas das condições extremamente desafiadoras experimentadas em Prudhoe Bay, no Alasca, foi realizado um esforço intensivo de síntese de inibidor para identificar novos inibidores de corrosão ativos que mostram uma alteração no desempenho em relação aos produtos químicos convencionais. Anualmente, não é incomum haver várias centenas de novas moléculas de inibidor de corrosão potenciais sintetizadas em uma busca por fórmulas de melhor custo-benefício. Para avaliar o desempenho de um número tão grande de inibidores de corrosão potenciais, é necessário um teste de laboratório rápido, reproduzível. Isto é conseguido por meio de um teste de roda^{1,2}. Esta técnica de perda de peso é realizada nas condições-padrão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições-padrão

Variável	Valor
Temperatura	176°F (80°C)
Pressão	14 psi (96 kPa) CO ₂
Óleo	Querosene desodorizado LVT 200
Água	Prudhoe Bay, sintética
Proporção Água : Óleo	90:10
Agitação	26 rpm
Coupon metallurgy (metalurgia de amostra)	Aço-carbono 1018, com acabamento a jato de areia
Dosagem de inibidor	0, 5, 10, 25, 50 ppm
Duração	24 horas

Cada nova molécula é avaliada três vezes em uma faixa de dosagem, e o desempenho é comparado ao desempenho de um inibidor de corrosão de referência. Um exemplo dos perfis de desempenho obtidos para moléculas de inibidor de corrosão diferentes é fornecido na Figura 1.

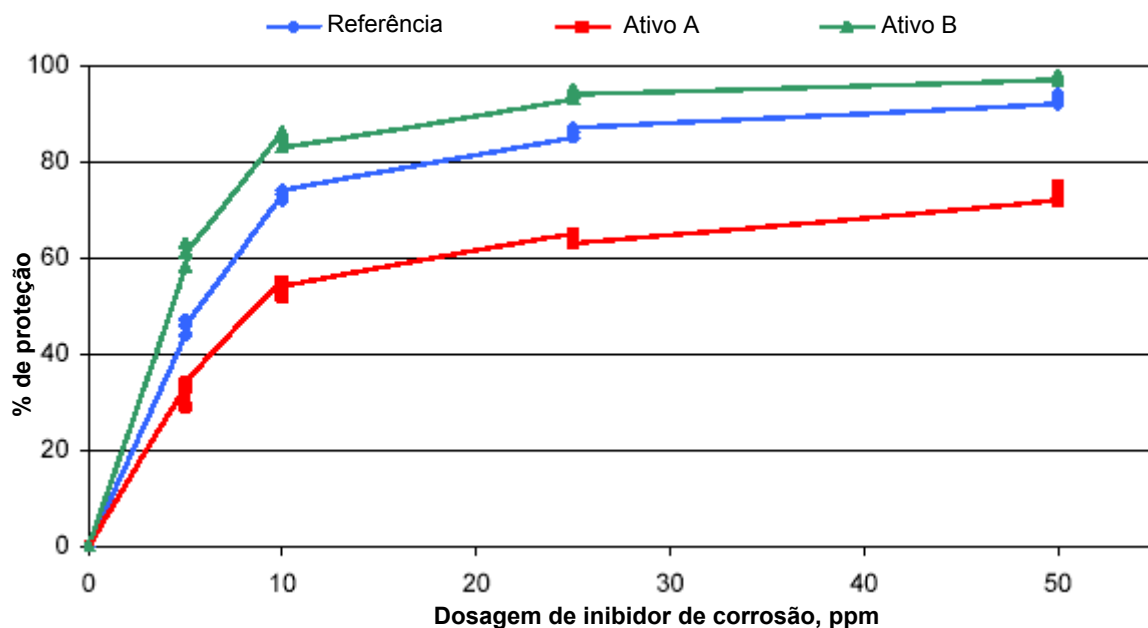


Figura 1 – Perfil de Desempenho de Inibidor de Corrosão

Somente esses novos ativos que exibem um custo-benefício equivalente ou superior ao do material de referência são encaminhados para mais avaliações (por exemplo, Ativo B).

Um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas de serviço químico é serem capazes de realizar testes de laboratório que oferecem a mesma ordem relativa de desempenho de produto que é observada em campo. Normalmente, um inibidor de corrosão tem que tratar efetivamente um sistema de tubulação que pode ser operado em uma variedade de condições, por exemplo, vários regimes de escoamento, proporções de óleo-água, diferenças na natureza da superfície da tubulação, etc. Por estas razões, não é possível desenvolver um único teste que simule condições de campo em laboratório. Para avaliar o desempenho de um inibidor para utilização em campo é necessário executar uma série de testes de laboratório, em que cada um avalia um atributo de desempenho específico para um inibidor. Um exemplo típico do processo é exibido na Figura 2. Isto é descrito como um processo contínuo, já que o conhecimento adquirido em cada etapa no ciclo de desenvolvimento fornece informações de atividade-estrutura molecular que são utilizadas na síntese de ativos de inibidor de corrosão futuros.



Figura 2 – Processo de Desenvolvimento de Inibidor de Corrosão

O desempenho do produto é então avaliado sob condições estáticas no teste de bolha. Isto investiga a eficiência do produto na divisão de uma fase de óleo para água salgada, uma necessidade importante para inibição em baixo escoamento, e locais *dead-leg* (Tê). Fórmulas eficientes são então evoluídas até a nova etapa de testes.

Inibição em condições de alto cisalhamento é uma necessidade crítica para os ativos de Prudhoe Bay. Para avaliar isto, são utilizadas duas técnicas. A primeira, cavitação a jato, pode investigar um desempenho do inibidor nas tensões de cisalhamento de até $1.500 \text{ Pa}^{3,4}$. Esta técnica pode ser operada em uma configuração imediata (direta) para investigar a persistência da película inibidora na superfície de metal. Isto simula a condição em que a injeção do inibidor é interrompida e pode fornecer uma indicação de quanto tempo a película inibidora permanece protetora. A segunda técnica de alto cisalhamento é o circuito fechado de escoamento⁵. Este é um teste de longo prazo que pode avaliar o desempenho do inibidor em várias tensões de cisalhamento dependendo das configurações da sonda e velocidade de fluido.

Como os inibidores de corrosão são agentes ativos de superfície, eles possuem uma tendência a criar emulsificação e espuma⁶. As chamadas “propriedades secundárias” de uma formulação de inibidor são mais bem avaliadas no campo em “testes de garrafa”. Nesta etapa, a compatibilidade da nova fórmula com os materiais encontrados no sistema de injeção e a compatibilidade de desempenho com outros produtos químicos de produção também são investigados.

Teste de Campo

Fórmulas que foram bem-sucedidas em todas estas barreiras de desempenho são subsequente fabricadas na planta-piloto e avaliadas em campo em um teste curto. Esta avaliação de campo necessita de aproximadamente 36 dias (Figura 3) e o desempenho é determinado com a utilização de sondas de resistência elétrica padrão. Os produtos que apresentam um custo-benefício superior à fórmula estabelecida são subsequente comercializados e expandidos para um teste em toda a instalação.

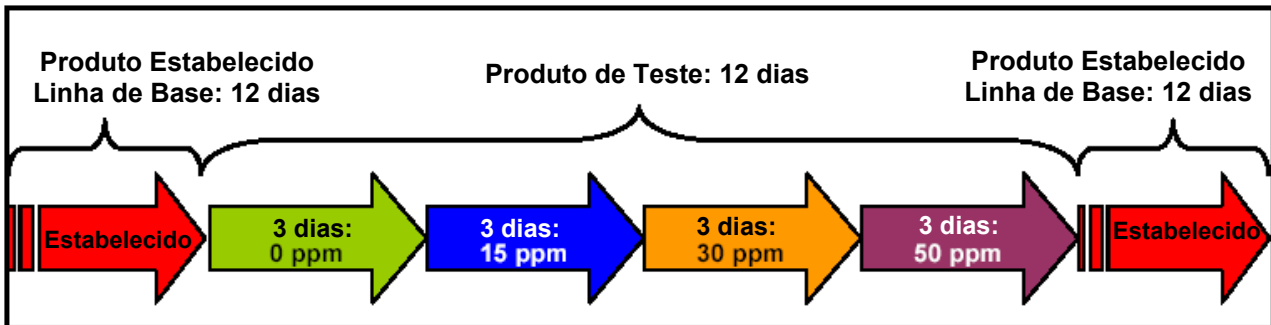


Figura 3 – Duração de Teste-padrão

Este processo detalhado é projetado para qualificar uma fórmula de inibidor para aplicação de campo. Infelizmente, em razão da extensa natureza do processo, leva um tempo significativo para promover um novo inibidor do laboratório para a aplicação em campo aberto. Normalmente, a cada ano apenas 8 – 10 novas fórmulas passam pelo processo de qualificação de laboratório e são avaliadas em campo. Com as centenas de novos ativos de inibidor potenciais que estão sendo desenvolvidos, isto aumenta significativamente o tempo para o mercado para uma fórmula de troca de etapa potencial.

MONITORAMENTO DE CORROSÃO DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA AUMENTADA:

Para reduzir o tempo necessário para teste de campo e aumentar os dados disponíveis para avaliação de desempenho, foi necessário utilizar uma técnica de monitoramento de taxa de corrosão mais sensível. Após revisar as tecnologias disponíveis, foi selecionado o monitoramento de resistência elétrica aumentado.

A técnica de monitoramento de resistência elétrica é adequada ao monitoramento de corrosão on-line na fase misturada e predominantemente em ambientes não-condutores. Um elemento sensor de geometria conhecida e regular, fabricado na liga de construção do tubo ou recipiente de interesse, é inserido no processo. O aumento da resistência elétrica do sensor é medido, conforme sua seção cruzada é reduzida pela corrosão. Isto se traduz em perda de espessura de metal e, por referência ao tempo, em taxa de corrosão. A base da técnica pode ser vista na Figura 4.

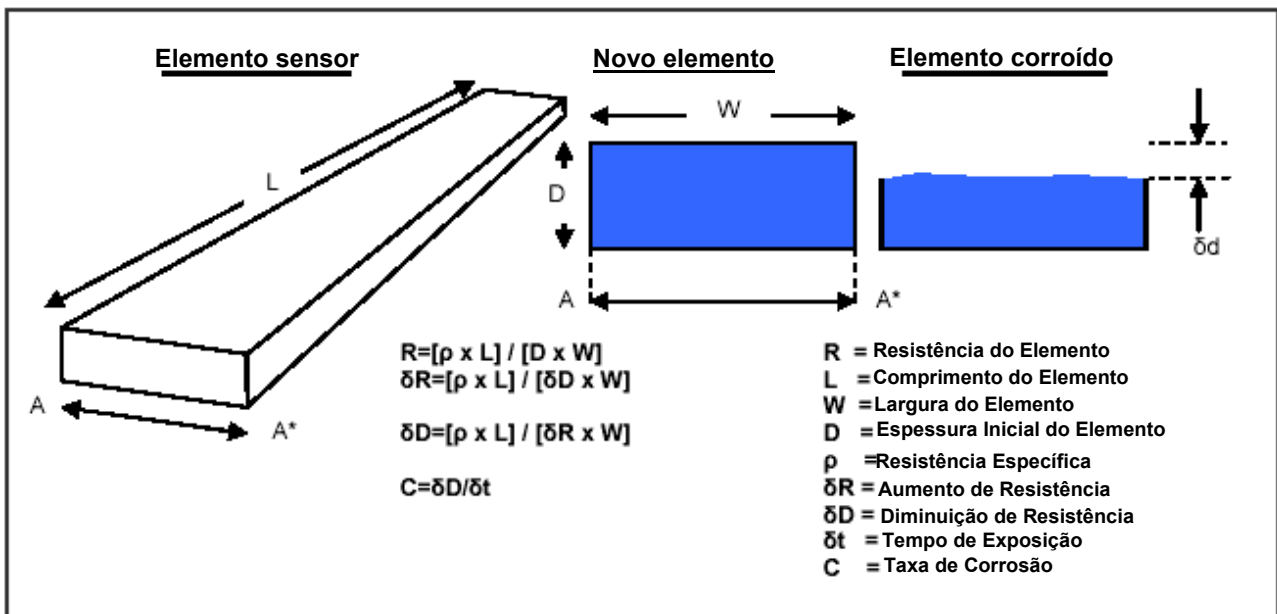


Figura 4 – Princípio Básico do Monitoramento de Resistência Elétrica

Para evitar a interferência do impacto de temperatura em resistência, são feitas medições práticas como uma proporção de resistência entre um elemento de sensor de corrosão livre e um elemento de referência não-corrosivo conforme ilustrado na Figura 5.

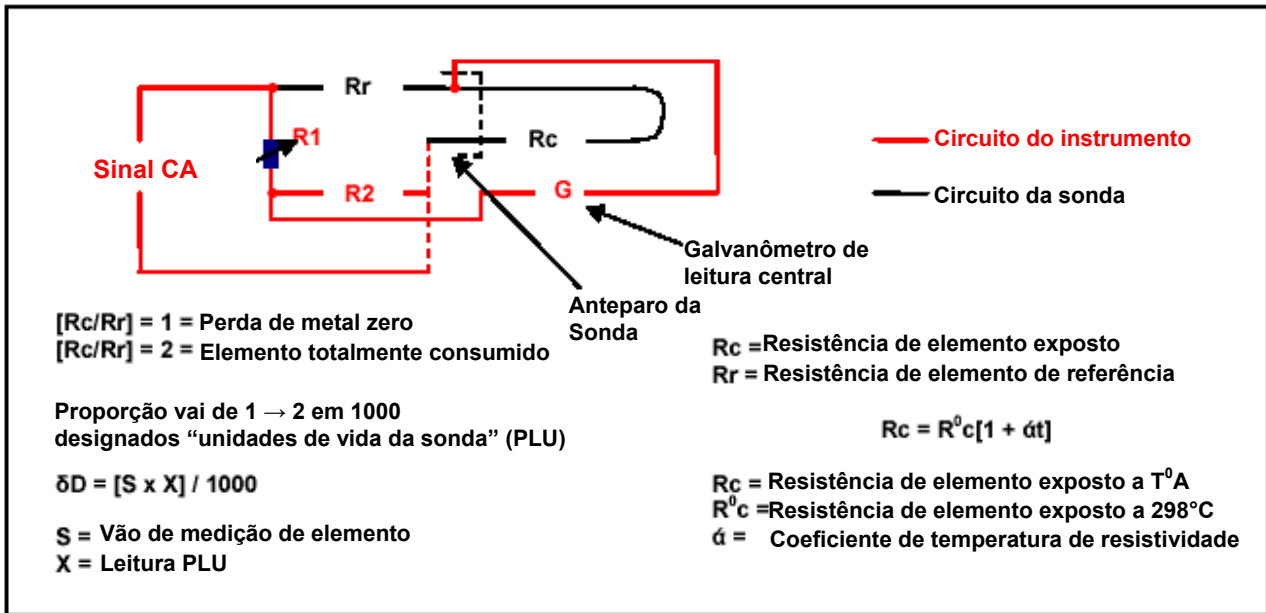


Figura 5 – Princípio de Compensação de Temperatura

A resistência do elemento de referência e do elemento corrosivo são igualmente afetadas pela temperatura. Conseqüentemente, qualquer alteração na proporção de resistência é atribuível à perda de metal do elemento corrosivo.

O tempo necessário para medir uma alteração fornecida na proporção de corrosão é uma função da menor alteração em espessura de metal que pode ser medido pela técnica, e é fornecido por:

$$T = \frac{S \cdot N \cdot 365}{I_r \cdot C} \quad (1)$$

Em que:

- T = Tempo necessário para uma alteração mensurável na espessura de elemento (tempo de resposta), dias
- S = Espessura de medição de elemento (vão de medição), mils (milésimos de polegada)
- N = Fatores de ruído, incerteza no valor de medição
- I_r = Resolução de instrumento
- C = Taxa de corrosão dominante, mpy

Assim, o tempo de resposta pode ser diminuído pela diminuição do vão de medição do elemento. Entretanto, em ambientes práticos, a integridade mecânica dos sensores pode ser assegurada com espessuras de elementos com menos de 5 mils aproximadamente. Elementos desta espessura estão comumente em utilização e, mais melhorias em tempo de resposta pela produção de elementos ainda mais finos são improváveis e impraticáveis.

Em princípio, aumentos na resolução de instrumento podem ser utilizados para melhorar o tempo de resposta. Entretanto, a resolução não pode ser considerada isoladamente. Aumentos em resolução de instrumento não produzirão nenhuma redução em tempo de resposta, a não ser que reduções correspondentes em fatores de ruído sejam atingidas simultaneamente.

Nas circunstâncias atuais, a maior fonte de ruído único resulta de leituras feitas em momentos em que o elemento corrosivo e elementos de referência não estejam na mesma temperatura, como pode acontecer imediatamente após uma alteração na temperatura do processo. A grandeza de tal ruído é difícil de avaliar, já que é uma função de frequência, e tamanho, de trocas de temperatura de sistema, e também é uma função de projeto de sensor específico. Entretanto, uma pequena diferença de temperatura de 1°C com um sensor de aço-carbono ($\alpha \approx 0,004 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), produz uma incerteza de 1:250, na resolução convencional de 1:1000. Não é incomum observar uma faixa de ruído de 1:250 com a utilização de um projeto convencional de instrumento/sensor, sobreposta na resolução de instrumento 1:1000. Conseqüentemente, sem redução de fontes de ruído inerente no projeto de sistema, aumentos na resolução de instrumento pouco melhorariam o tempo de resposta.

Os tempos de resposta para um elemento de 5 mils (13 mm), em diversas taxas de corrosão, são mostrados na Figura 6. Dentro da faixa de corrosão mais comumente experimentada (1 - 30 mpy) os tempos de resposta variarão de 6 - 175 horas, mesmo com um vão de sonda tão pequeno quanto 5 mils (13 mm). Estes números são de alguma maneira otimistas, no sentido de que diversos pontos de dados são necessários para estabelecer uma curva, e conseqüentemente uma taxa, com precisão razoável e, mesmo com a inclusão de uma bonificação de fator de ruído de 1:250, estas estimativas devem ser duplicadas para fornecer tempos de resposta práticos, que variam de 12 - 350 horas.

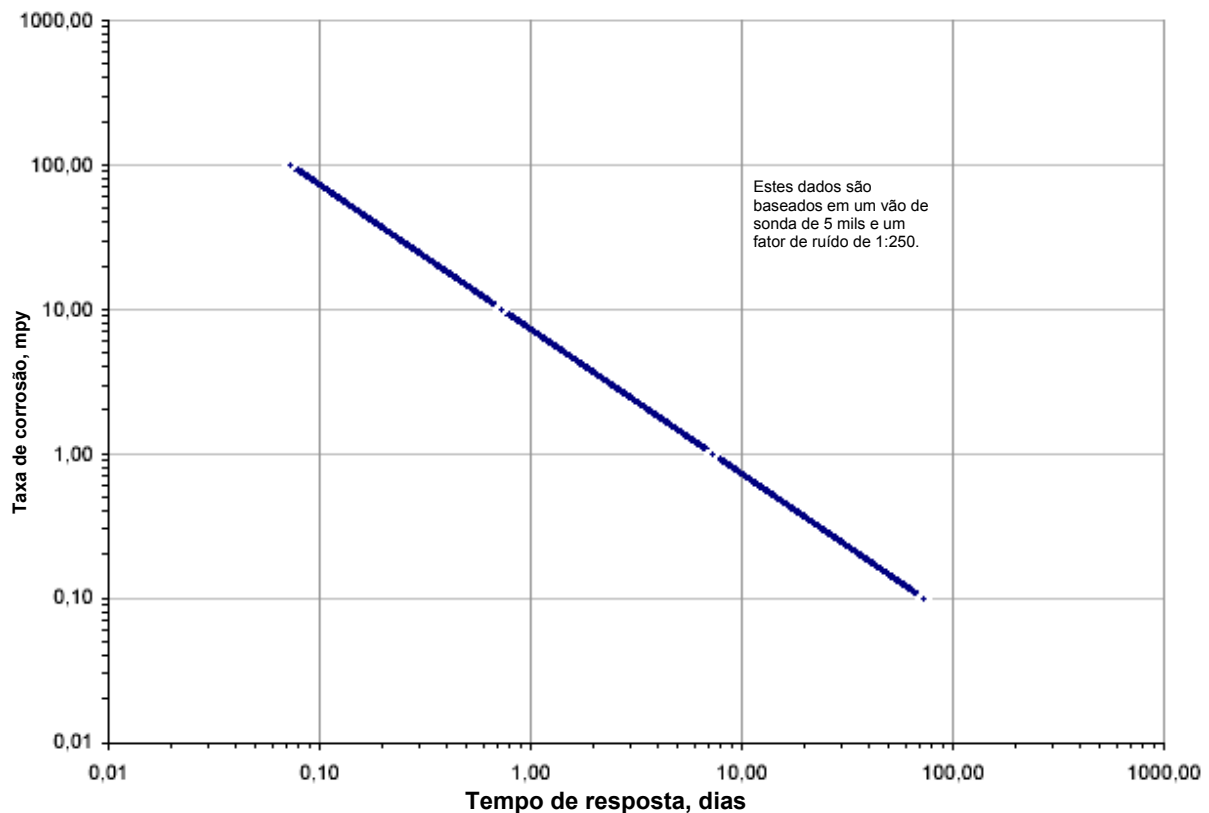


Figura 6 – Tempo de Resposta vs. Taxa de Corrosão

Uma consideração prática na vida da sonda é que, embora seja possível medir 30 mpy em aproximadamente 12 horas, com a utilização de um vão de sonda de 5 mils, a vida da sonda seria de aproximadamente 60 dias antes da sua substituição ser necessária. Isto é considerado uma vida muito curta e, muitos operadores utilizam um vão de elemento mais grosso (c. 10 mil). Desta maneira, a vida da sonda seria aumentada, com o gasto de redução de tempo de resposta para 24 horas.

Como resultado dessas diversas soluções, e o nível imprevisível de ruído, os tempos de resposta para sondas de resistência elétrica na utilização atual variam de ½ - 1 dia na extremidade mais alta das alterações de taxa de corrosão normais, para 5 - 10 dias na extremidade mais baixa das variações de faixa de corrosão típicas.

Estes tempos de resposta são adequados para estabelecimento de tendências no comportamento de corrosão que se alteram lentamente, e para a sintonia fina de medidas de mitigação de corrosão. Entretanto, uma correlação próxima dos eventos operacionais com alteração nas taxas de corrosão é difícil com tempos de resposta desta ordem. Geralmente, no momento em que uma taxa de corrosão aumentada é registrada, diversas alterações operacionais podem ter ocorrido, desde o início do aumento da corrosão, tornando o diagnóstico de comportamento de corrosão uma atividade um pouco menos precisa.

A resposta lenta de sondas de resistência elétrica é também uma insuficiência nas experiências utilizadas para inicialmente estabelecer programas de mitigação de corrosão efetiva. Isto é particularmente verdadeiro ao selecionar um programa de inibição, em que diversas fórmulas diferentes podem precisar ser avaliadas, em uma variedade de diferentes taxas de dosagem. Tais experiências de inibidor podem levar de 30 a 60 dias, ou mais, para utilização completa de tecnologia de monitoramento de resistência elétrica convencional.

Para diminuir os tempos de resposta para tecnologia de resistência elétrica, foram realizadas auditorias para reduzir fontes de ruídos, e levar vantagem dos aumentos na resolução de instrumento. Os aspectos principais do projeto considerados na supressão de ruído de sistema são:

Projeto de Sonda Isotérmica:

Conforme discutido acima, a fonte de ruído mais significativa resulta de leituras tomadas quando a corrosão e elementos de referência estiverem em temperaturas diferentes. Isto contribuirá normalmente com 1:250 peças de ruído, em sistemas termicamente instáveis.

Para minimizar estes efeitos, somente os projetos de sonda, em que o elemento de referência está localizado muito próximo do elemento corrosivo, oferecem a oportunidade de baixos níveis de ruído. Além disso, o espaço residual entre a referência e o elemento de corrosão precisa ser preenchido com material que possua propriedades de isolamento elétrico muito altas, combinadas com um alto grau de condutividade térmica. Tais projetos diminuem a duração e tamanho de quaisquer gradientes térmicos que possam desenvolver durante alterações de temperatura do sistema.

Com base neste critério, somente projetos de elementos cilíndricos e planos podem ser considerados, já que projetos de fios e tubos de laterais finas não podem ser construídos com a proximidade de referência necessária, e elementos de corrosão, conforme ilustrado na Figura 7.

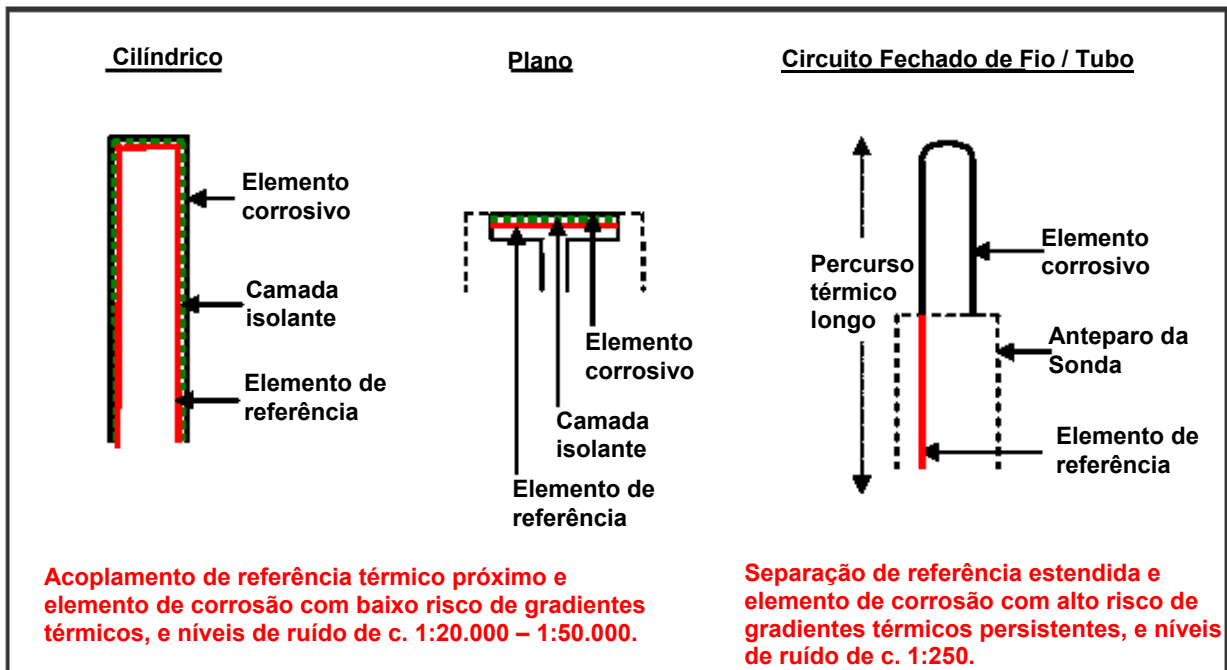


Figura 7 – Projeto de Elemento Sensor

Ao restringir projetos de elementos para geometrias cilíndricas ou planas, a distância de separação entre os elementos de referência e corrosão pode ser altamente reduzida. Além disso, ao selecionar cuidadosamente o material de isolamento entre os elementos de referência e corrosão, a condução de calor pode ser maximizada, enquanto mantém o isolamento elétrico. Projetos de sonda de resistência elétrica de desempenho aumentado estão agora disponíveis de modo a levar vantagem das resoluções de instrumento tão altas quanto 1:262.144.

Dissipação Mínima de Sinal:

Elementos sensores tradicionais possuem uma resistência elétrica absoluta na ordem de 1 - 5 milliohms, e a corrente de excitação utilizada para medir esta resistência é da ordem de 50 mA. Os níveis de corrente são limitados pela necessidade de estar de acordo com as regulações para operações intrinsecamente seguras. Como conseqüência, medições de resistência elétrica convencional tentam medir alterações de tensão na ordem de 0,00025 mV. A situação piora duas ordens de grandeza, ao tentar uma resolução de 1:262.144. Como o sinal é dissipado na proporção direta da distância entre a fonte de excitação e o elemento sensor, é importante que essa distância seja a mais curta possível para medições de resistência elétrica aumentada. Isto envolve acoplamento direto do instrumento de medição até a sonda, e mantém comprimentos de sonda o mais curtos possível, conforme ilustrado na Figura 8.



Figura 8 – Acoplamento Direto do Transmissor e Sensor

O dispositivo de medição é acoplado diretamente à sonda por meio de um adaptador curto, com encaixe positivo na extremidade da sonda e do instrumento. Isto garante máxima retenção de sinal, e limita o tamanho da amplificação necessária e geração de ruídos estranhos. Como uma consequência imediata a este aspecto do projeto, os conectores convencionais que são utilizados em medições de resistência elétrica, enquanto adequados à maioria das finalidades, gerarão ruído suficiente para causar impacto em uma medição aumentada, e são necessárias conexões banhadas a ouro para acoplamento da sonda ao instrumento.

Desvio Mínimo de Temperatura do Instrumento

O desvio de temperatura na leitura do instrumento, diferente do ruído criado por gradientes térmicos na sonda, é normalmente de natureza sistemática, criando uma onda sinusoidal de 24 horas nos dados. Este efeito é ilustrado na Figura 9. Enquanto isto raramente é um problema sério com resistência elétrica convencional, pode ser limitado no caso de medições de resistência elétrica aumentada, em que as determinações de taxa precisam ser estabelecidas em um período muito menor que 24 horas. A causa deste tipo de ruído sistemático é simplesmente a soma líquida do desvio de componente individual, com temperatura.

Em consequência a este fenômeno, a instrumentação para monitoramento de resistência elétrica aumentada necessita de um projeto de imersões de calor e espaçamento de componentes muito mais rigoroso, para diminuir alterações de temperatura no instrumento. Além disso, necessita de algum grau de emparelhamento de componente individual, de modo que as respostas de componente individual para temperatura tenham a tendência de cancelar uma à outra.

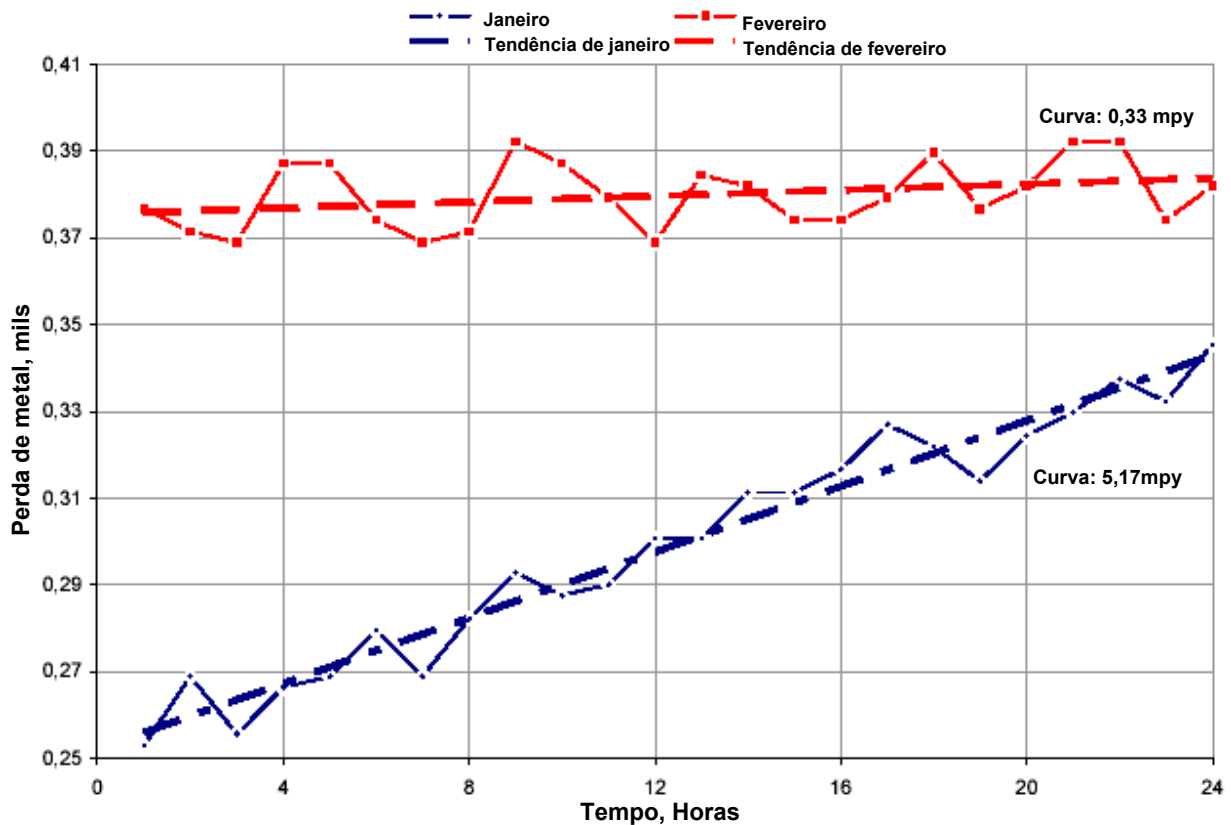


Figura 9 – Desvio de Temperatura de Instrumento (Ciclo Diário)

Ao fazer estas diversas alterações de projeto na construção básica de instrumentos, sensores, e suas disposições em sistemas, é agora possível reduzir o ruído do sistema em medições de resistência elétrica, até o ponto no qual é possível levar vantagem real de resolução de instrumento digital de 18 bits (1:262.144).

Ruído relacionado a alterações de resistência elétrica provocado por tensão de elemento variável (por exemplo, variação de velocidades de escoamento e pressões do sistema), e absorção de hidrogênio, permanece um problema. Entretanto, são de grandeza muito mais baixa que as fontes de ruído presentes nos sistemas de medição de resistência elétrica convencionais. Igualmente, todo o ruído relacionado aos gradientes de temperatura no elemento sensor não foi suprimido. Isto significa que a vantagem total da resolução de 18 bits ainda tem que ser realizada. Entretanto, o nível presente de melhoria cortou tempos de resposta por um fator de 20 - 50, dependendo de características de sistema detalhadas, e isto permite que a técnica de resistência elétrica se aproxime da base de monitoramento de tempo real. A Figura 10 e a Tabela 2 mostram os resultados de uma comparação entre métodos de monitor ER-padrão e ER aumentado.

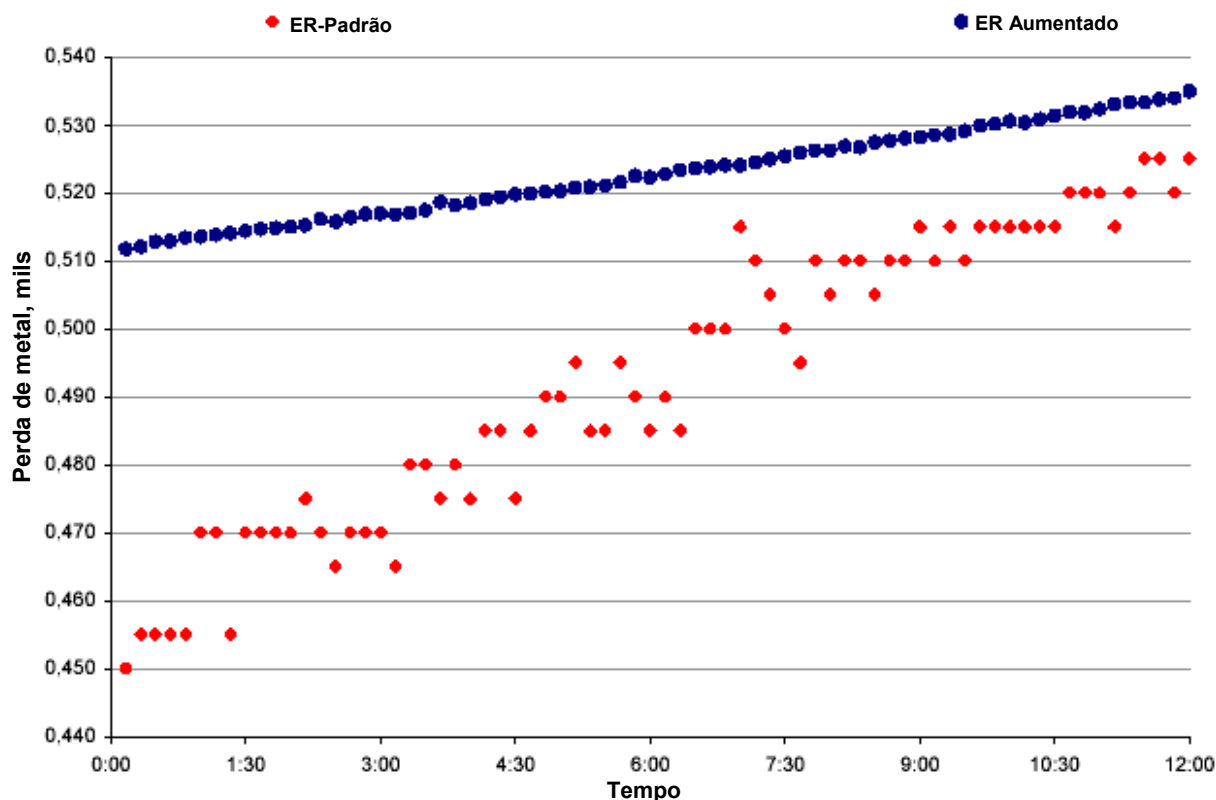


Figura 10 – Dados de Perda de Metal para Monitoramento de ER-Padrão e ER Aumentado

Tabela 2 – Comparação de Dados entre Monitoramento de ER-Padrão e ER Aumentado

	ER-Padrão	ER Aumentado
Duração	12 h	12 h
Tamanho da amostra	73	73
Taxa de corrosão	51,8 mpy	16,7 mpy
95% CI	+/- 3,05 mpy	+/- 0,19 mpy
Erro-padrão	42×10^{-4}	$2,62 \times 10^{-4}$

Os resultados mostram variabilidade sem dobrar ~16 com a utilização do método ER aumentado como comparado até o método ER-padrão. A filtragem rápida de diversos regimes de mitigação de corrosão é agora uma meta real, e as correlações entre casos de corrosão e alterações de processo podem ser feitas dentro dos limites de +/- 1 hora.

TESTE DE INIBIDOR DE CORROSÃO DE LINHA DE POÇO

O protocolo de teste de inibidor de campo que utiliza sondas ER precisou de 12 dias para completar um teste de linha de base do produto estabelecido, 12 dias para completar o teste com a utilização do produto químico candidato, seguido por um outro teste de linha de base de produto estabelecido, para um total de 36 dias. Como este é um teste que utiliza um poço de operações, muitos dos testes sofreram interrupção ou alterações nas características do fluido de operação que influenciariam os resultados e complicariam a análise de dados. Os dados recolhidos das sondas ER-padrão resultaram normalmente em dados limitados nas concentrações mais baixas, que é onde havia o maior interesse.

Para direcionar os desafios do processo de teste-padrão, uma técnica de avaliação de campo foi desenvolvida e utiliza sondas⁷ de resistência elétrica aumentada para filtrar candidatos rapidamente. Esta técnica reduziu o tempo de avaliar novas fórmulas de 36 para 4 dias (Figura 11).

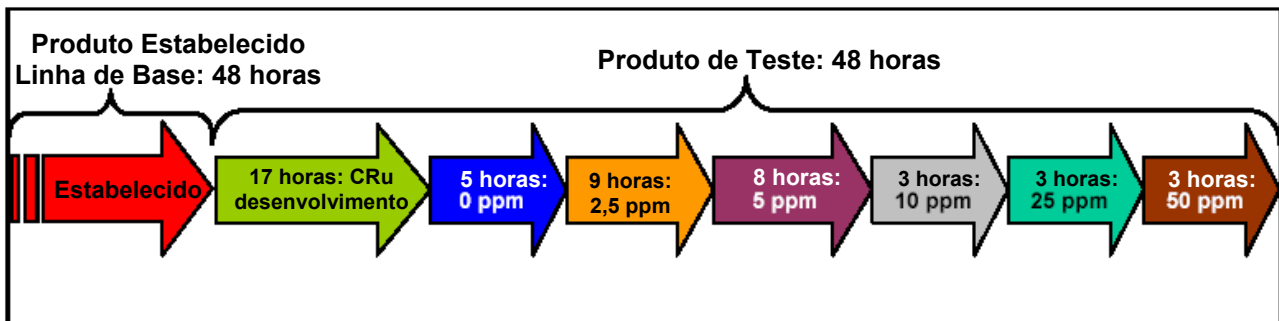


Figura 11 – Duração de Teste de Filtragem Rápida

A duração diminuída resulta em uma porcentagem mais alta de testes completados sem interrupção ou alterações em características de fluido de produção. A duração curta também elimina a necessidade de um teste de linha de base de produto estabelecido na conclusão de uma experiência química de teste único. Como a duração do teste foi diminuída, diversos inibidores candidatos podem ser testados em série durante várias semanas e testes de linha de base periódicos de produto estabelecido estão incluídos antes, durante e depois de uma série de testes.

Dados típicos recolhidos do método-padrão são mostrados na Figura 12. A curva dos dados de perda de metal fornecem a taxa de corrosão. Basicamente, há a porção irrestrita seguida por inibição essencialmente completa na primeira concentração de 15 ppm.

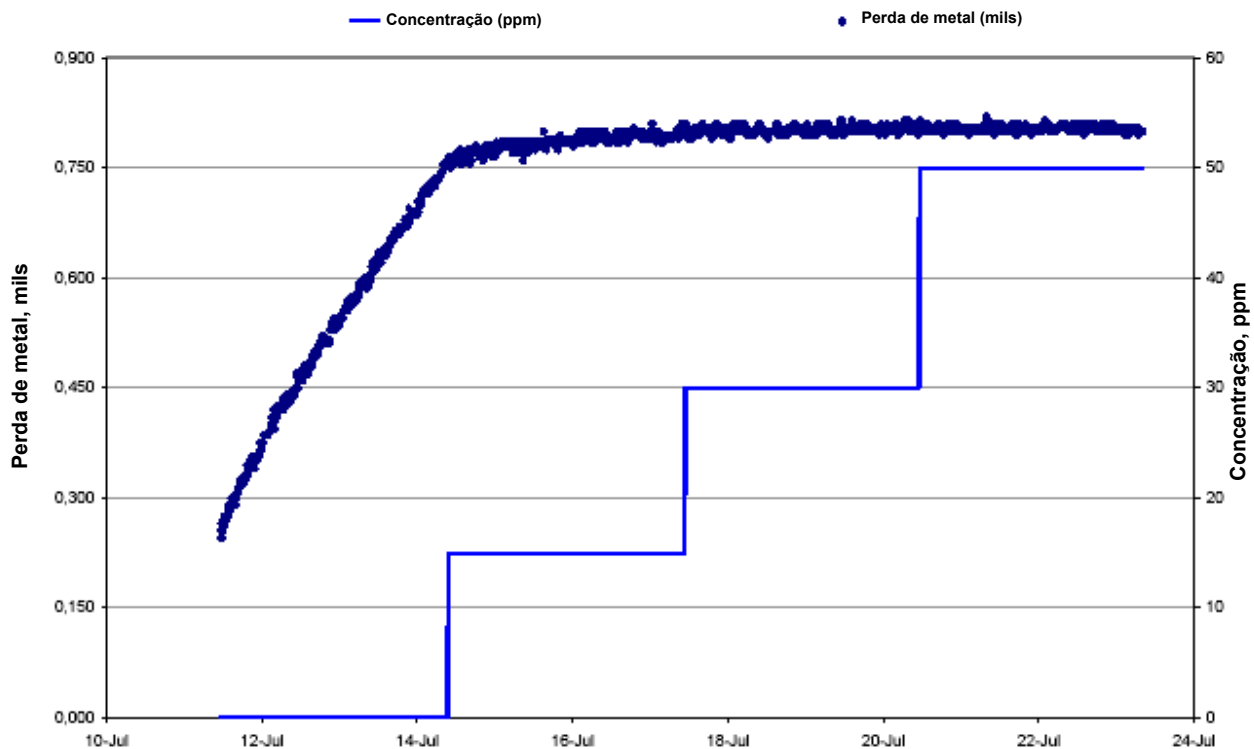


Figura 12 – Dados de Perda de Metal para Método de Teste Padrão com a Utilização de Monitoramento ER-Padrão

Dados típicos recolhidos do método de filtragem rápida são mostrados na Figura 13. Novamente, a curva de dados de perda de metal fornece os dados de taxa de corrosão. Há vários pontos de modulação ou alterações visíveis nos dados de perda de metal. Fornecidos os dados de monitoramento de alta resolução, o número de concentrações de teste foi aumentado de três para cinco. Isto permite uma melhor análise dos dados, especialmente nas concentrações mais baixas, levando a um entendimento melhorado do desempenho do inibidor sobre uma faixa de concentrações.

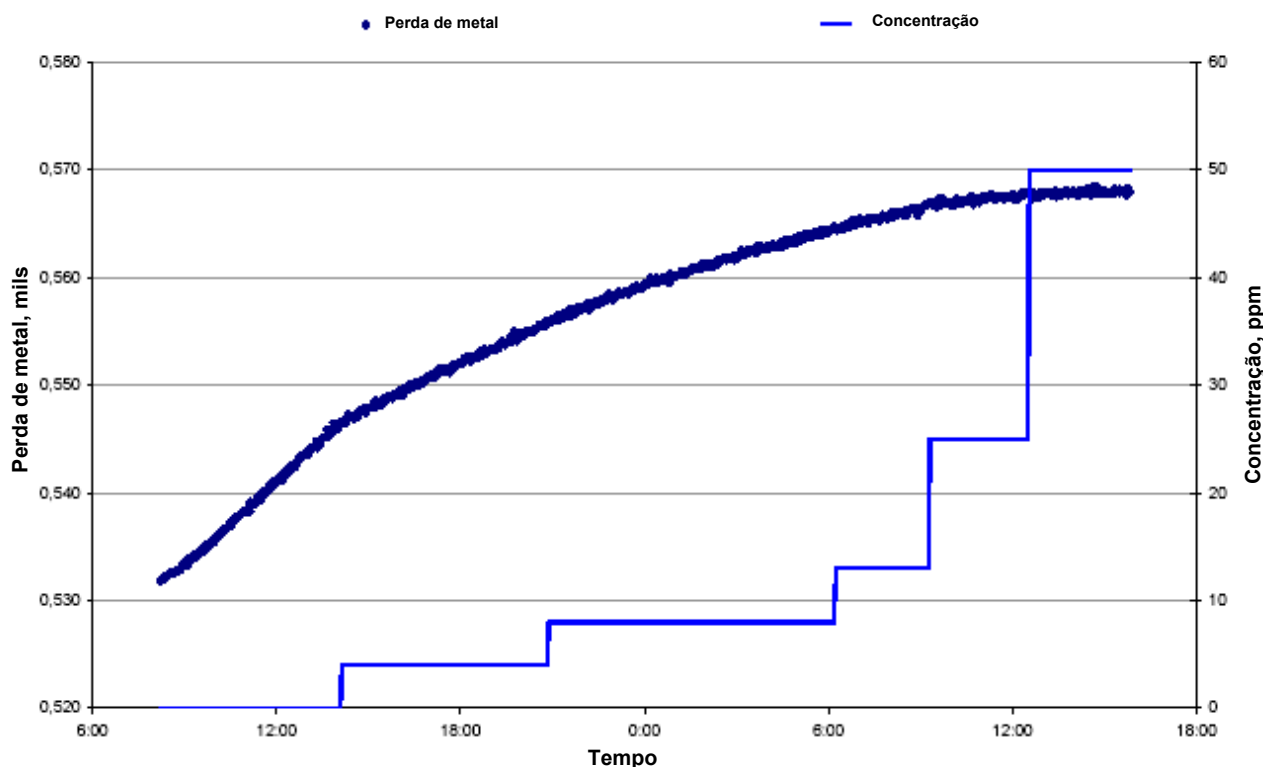


Figura 13 – Dados de Perda de Metal para Método Rápido de Filtragem Utilizando Monitoramento de ER Aumentado

Benefícios

Como um resultado do processo rápido de filtragem, o número de novas fórmulas que pode ser avaliado aumentou significativamente. Como resultado da possibilidade e capacidade de teste de campo aumentado, o processo de desenvolvimento de laboratório foi modificado para reduzir o tempo para teste de campo e assim aumentar o número de produtos de teste para experiência de campo. Depois da identificação das novas moléculas de inibidor de corrosão mais eficientes a partir do teste de roda, os ativos são formulados e o desempenho de divisão do produto avaliado no teste de bolha. O trabalho de formulação de estabilidade de temperatura final baixa, entretanto, não é executado nesta etapa. Neste ponto, as fórmulas mais efetivas são então selecionadas para avaliação de campo.

Como o teste de filtragem rápida é realizado em um período de tempo muito mais curto, apenas 5 galões de produto são necessários para avaliação de campo completa. Isto contrasta com ~100 galões que são necessários com a utilização de protocolo de avaliação padrão. A utilização de quantidades de testes químicos menores possui numerosos benefícios, incluindo:

- O produto pode ser misturado no laboratório melhor do que em campo.
- Redução significativa em custos de desenvolvimento de campo.
- Opções de embarque para produtos químicos.

- Volumes menores de produtos químicos de teste reduzindo problemas de manuseio e gerenciamento de dejetos.
- O poço de teste é irrestrito por menos tempo (17 horas vs. 72 horas), o que iguala para menor risco de corrosão.
- Tempo reduzido conforme teste resulta em um aumento do número de candidatos testados. Durante 2004, foram testados mais de 50 produtos.
- Tempo reduzido por teste aumenta a probabilidade de que um teste seja completado sem interrupção ou alterações nas características de produção de poço, o que pode alterar a taxa de corrosão.

Além disso, já que a maioria da avaliação é executada em campo, isto elimina as discrepâncias freqüentemente encontradas entre resultados de campo e de laboratório. Isto, combinado com o maior número de produtos avaliados a cada ano, aumenta significativamente a probabilidade de desenvolver com sucesso a próxima geração de produtos inibidores de corrosão de alto desempenho.

Esses produtos que exibem um custo-benefício superior àquele do inibidor de corrosão estabelecido são subseqüentemente preparados para o inverno e então o restante do processo de desenvolvimento do laboratório na Figura 2 é concluído. Os produtos então avançam para uma avaliação de campo em maior escala. Ao estabelecer o desempenho de campo de novas fórmulas no início do ciclo de desenvolvimento, pouco tempo é gasto no desenvolvimento de fórmulas que por fim não atinjam as especificações de desempenho de campo.

Tabela 3 – Resumo da Comparação de Processos de Filtragem Padrão e Filtragem Rápida

	Processo-Padrão	Processo de Filtragem Rápida
Duração do teste	36 dias	4 dias
Volume químico do teste	75 galões (284 litros)	5 galões (19 litros)
Monitoramento da taxa de corrosão	3 sondas ER-padrão	1 sonda ER aumentada
Freqüência de dados	Intervalo de 10 minutos, baixa sensibilidade	Intervalo de 2 minutos, alta sensibilidade
Resultados de dados	Análise em proteção quase total	Análise de curva inteira
Número de concentrações	3 concentrações diferentes	5 concentrações diferentes
% de testes concluídos sem interrupção	30%	93%

CONCLUSÕES

O processo existente de melhoria contínua de inibidor de corrosão envolve uma série de etapas de laboratório para identificar candidatos promissores. Depois que o candidato é identificado, é testado em campo durante algumas semanas. Foi desenvolvido um novo protocolo de testes para acelerar o tempo de desenvolvimento com expectativas de encontrar o inibidor de corrosão da próxima geração.

O novo processo identifica candidatos promissores no início do ciclo da pesquisa e envia uma pequena quantidade para o campo para um teste de filtragem rápida. O novo protocolo diminui todo o ciclo de desenvolvimento e aumenta o número de avaliações de candidato por quase um fator de 10. O novo ciclo de desenvolvimento utiliza medições de resistência elétrica aumentada para fornecer melhores dados de qualidade, o que permite que o pesquisador analise a curva de desempenho inteira durante a duração de um teste mais curto. Ao estabelecer o desempenho de campo das novas fórmulas no início do ciclo de desenvolvimento, pouco tempo é gasto no desenvolvimento de fórmulas que possam não atender as especificações de desempenho de campo, e mais esforço de desenvolvimento pode ser focado em produtos com uma melhoria de desempenho de campo demonstrável.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ter sido concluído sem uma equipe inteira devotada ao seu sucesso. Os autores gostariam de reconhecer e agradecer às seguintes pessoas: a equipe da BP Exploration (Alaska), Inc. – Corrosion, Inspection and Chemical, em especial, Derek Lewis e Kevin Coston, Nalco Company Inc. e Nalco's Asset Integrity Research Group. Os autores também gostariam de expressar a sua gratidão à BP Exploration (Alaska), Inc.; Nalco Company, Inc., e Rohrback Cosasco Systems, Inc pela permissão da publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Papavinasam, S, Revie, R.; Attard, M.; Demoz, A.; Michaelian, K. "Comparison of Laboratory Methodologies to Evaluate Corrosion Inhibitors for Oil and Gas Pipelines." NACE International CORROSION 2003, 59
- 2 Papavinasam, S.; Revie, W.; Bartos, M. "Testing Methods and Standards for Oilfield Corrosion Inhibitors." NACE International CORROSION 2004, Paper 04424.
- 3 A. Demoz, T., Dabros, K., Michaelian, Papavinasam, S., Revie, W. "A New Impinging Jet Device for Corrosion Studies." NACE International CORROSION 2003, Paper 03322
- 4 "State of the Art Report on Controlled Flow Laboratory Corrosion Tests." NACE International Technical Committee Report 5A195, December, 1995.
- 5 Fu, B., Strickland, B. "Corrosion Study in Dynamic High Velocity Flow Application Based on New Flow Loop Data." NACE International CORROSION 1993, Paper 93117.
- 6 Moon, T., Horsup, D. "Relating Corrosion Inhibitor Surface Active Properties to Field Performance Requirements." NACE International CORROSION 2002, Paper 02298.
- 7 Denzine, A., Reading, M. "An Improved, Rapid Corrosion Rate Measurement Technique for All Process Environments." Materials Performance. January, 1998: 35.