

Corrosão & Proteção

ABRACO
Associação Brasileira de Corrosão

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão



Ano 11
Nº 51
Mar/Abr 2014

APORTE
EDITORIAL

ENTREVISTA

*Gutemberg de
Souza Pimenta,
ex-presidente da
ABRACO*

INIBIDORES DE CORROSÃO

EFICIÊNCIA E PROTEÇÃO AMBIENTAL

Distribuidor Autorizado:



Excelência em soluções para pintura

Inspeção e Medição



Pull Of Test
PATTI QUANTUM



Medidor
de Rugosidade Testex



Rugosímetro Digital



Dew Check
4 series 2 DPM



Holiday Detector Seco



Kit Teste De Sais Bresle



Medidor de
Camada Seca



Pente de
Medição



Termometro
Infravermelho



Kit Teste De Poeira

Pintura



Xtreme XM Airless
Bicomponente Eletronico



Xtreme XP Airless
Bicomponente Mecanico



Triton
Airpray



Xtreme NXT 70:1
Airless

Preparação de Superfícies



WS Hidro Clean System's



Hidraclean



SSP 11

www.wsequipamentos.com.br

(19) 3469.9889 - ws@wsequipamentos.com.br - Americana - SP

Diretoria Executiva – Biênio 2013/2014

Presidente
Eng. Rosileia Mantovani – Jotun Brasil

Vice-presidente
Dra. Denise Souza de Freitas – INT

Diretores
Aécio Castelo Branco Teixeira – QUÍMICA UNIÃO
Eng. Aldo Cordeiro Dutra
Cesar Carlos de Souza – WEG TINTAS
M.Sc. Gutemberg de Souza Pimenta – CENPES
Isidoro Barbiero – SMARTCOAT
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite
Dra. Simone Louise Delarue Cezar Brasil

Conselho Científico
M.Sc. Djalma Ribeiro da Silva – UFRN
M.Sc. Elaine Dalledone Kenny – LACTEC
M.Sc. Hélio Alves de Souza Júnior
Dra. Idalina Vieira Aoki – USP
Dra. Iêda Nadja S. Montenegro – NUTEC
Eng. João Hipólito de Lima Oliver – PETROBRÁS/TRANSPETRO
Dr. José Antonio da C. P. Gomes – COPPE
Dr. Luís Frederico P. Dick – UFRGS
M.Sc. Neusvaldo Lira de Almeida – IPT
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT
Dr. Pedro de Lima Neto – UFC
Dr. Ricardo Pereira Nogueira – Univ. Grenoble – França
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

Conselho Editorial
Eng. Aldo Cordeiro Dutra – INMETRO
Dra. Célia A. L. dos Santos – IPT
Dra. Denise Souza de Freitas – INT
Dr. Ladimir José de Carvalho – UFRJ
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ
Simone Maciel – ABRACO
Dra. Zehbour Panossian – IPT

Revisão Técnica
Dra. Zehbour Panossian (Supervisão geral) – IPT
Dra. Célia A. L. dos Santos (Coordenadora) – IPT
M.Sc. Anna Ramus Moreira – IPT
M.Sc. Sérgio Eduardo Abud Filho – IPT
M.Sc. Sidney Oswaldo Pagotto Jr. – IPT

Redação e Publicidade
Aporte Editorial Ltda.
Rua Emboacava, 93
São Paulo – SP – 03124-010
Fone/Fax: (11) 2028-0900
aporte.editorial@uol.com.br



Diretores
João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

Editor
Alberto Sarmento Paz – Vogal Comunicações
redacao@vogalcom.com.br

Repórter
Carlos Sbarai

Projeto Gráfico/Edição
Intacta Design – julio@intactadesign.com

Gráfica
Ar Fernandez

Esta edição será distribuída em maio de 2014.

As opiniões dos artigos assinados não refletem a posição da revista. Fica proibida sob a pena da lei a reprodução total ou parcial das matérias e imagens publicadas sem a prévia autorização da editora responsável.



4

Editorial

INTERCORR: tudo pronto para a largada

5

ABRACO Informa

ABRACO amplia seu leque de atuação

6

Entrevista

Um profissional eclético

8

Inibidores de Corrosão

Eficiência e proteção ambiental

33

Notícias do Mercado

34

Opinião

Mudasil

Juós



Artigos Técnicos

16

Perfil de rugosidade de superfícies de aço-carbono x espessura de pintura: um tema importante para ser debatido

Por Celso Gnecco e Fernando L. de Fragata

24

Sensores de monitoramento do risco de corrosão nas estruturas de concreto atmosféricas

Por Adriana de Araújo e Zehbour Panossian

INTERCORR: tudo *pronto* para a largada

ENTRE OS DIAS 19 E 23 DE MAIO, FORTALEZA SERÁ A CAPITAL NACIONAL DA CORROSÃO E PROTEÇÃO. Nesse período, está programado o INTERCORR 2014, o maior evento internacional de corrosão que se realiza no Brasil. Reunindo a comunidade técnica e científica das universidades, institutos de pesquisas, empresas e profissionais da área de corrosão, o INTERCORR tem tradição de proporcionar um grande intercâmbio de conhecimentos e experiências.

O INTERCORR reúne cinco eventos: 34º Congresso Brasileiro de Corrosão, 5th *International Corrosion Meeting*, X *Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección*, 19º Concurso de Fotografia de Corrosão e Degradação de Materiais e a 34ª Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão.

Nesta edição, também será realizada o evento anual da *Asociación Iberoamericana de Corrosión y Protección* – AICOP, consolidando, desta forma, o INTERCORR como referência para o desenvolvimento industrial no Brasil e no exterior, sendo um excelente cenário para empresas de diversos segmentos apresentarem suas tecnologias, divulgarem sua marca e darem visibilidade aos seus negócios, ampliando rela-

cionamento e conhecimento. E é exatamente por isso que a Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão ganha a cada edição mais notoriedade, sendo que em 2014 serão 20 empresas participantes.

Deve-se também abrir parênteses para o trabalho desenvolvido pelo Comitê Executivo, capitaneado por Neusvaldo Lira de Almeida, do IPT; e Comitê Técnico-Científico, tendo à frente a pesquisadora da URFJ Simone Louise D. C. Brasil, que buscam aprimorar continuamente o evento, a partir da experiência acumulada nas edições

anteriores, observações de congressos mundiais e acompanhamento das inovações relacionadas à corrosão.

Uma novidade da edição 2014 será a conferência de abertura. Sob o título “Construindo uma Tropa de Elite”, terá como palestrante Paulo Storani, ex-capitão do BOPE (Batalhão de Operações Policiais Especiais) da PM do Rio de Janeiro e o principal consultor para a construção do personagem principal do filme “Tropa de Elite”. A palestra propõe estabelecer uma relação entre a realidade do BOPE e a das atividades do mundo corporativo, abordando, por exemplo, processos, compromisso com a marca, foco no resultado, trabalho em equipe, superação de limites, autorrealização no cumprimento da tarefa, missão e liderança.

A programação técnica é extensa e aborda praticamente todas as áreas de interesse (veja programação completa no site www.abraco.org.br). São três painéis: Corrosão Externa de Dutos: Normalização, Gestão e Desafios; Galvanização; e Proteção Passiva contra Fogo; cinco conferências e a apresentação de trabalhos na forma oral e pôster.

Destaque também para os minicursos que sempre são acompanhados por um número expressivo de profissionais. O INTERCORR 2014 tem programado os seguintes: Noções de Revestimento Anticorrosivo de Dutos Terrestres (ministrado por André Koebsch, da Petrobras), Ensaios em Tintas Anticorrosivas (Celso Gnecco, da Sherwin-Williams), Corrosão em Estruturas Marítimas *Offshore* (Álvaro Terra, da Petrobras), Uso de Inibidores de Corrosão na Indústria (Isabel Correia Guedes, da USP) e Corrosão em Sistemas de Geração de Vapor – Caldeiras (Hermano Cezar Medaber Jambo, da Petrobras).

Patrocinadores – É necessário sempre reforçar a importância dos patrocinadores para a realização do INTERCORR. Nesta edição, o evento conta com o apoio da Innospec (patrocinador platina); International Paint, Tinôco Anticorrosão, Tintas WEG, Sherwin Williams, Jotun e Blasprint (patrocinadores ouro); e SmartCoat, Air Products, CSP e Tintas Jumbo (patrocinadores prata).

Boa leitura!

Os editores

“ A novidade da edição 2014 ficará por conta da palestra de Paulo Storani, ex-capitão do BOPE e consultor do filme “Tropa de Elite”, que estabelecerá uma relação entre o BOPE e o mundo corporativo ”

ABRACO amplia seu leque de atuação

A ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão promoverá, no final de julho, uma votação para alterar sua denominação, ampliando dessa forma seu escopo. “Queremos ampliar o nome para Associação Brasileira de Corrosão e Deterioração de Materiais – ABRACO. Além disso, pretendemos estender nosso leque de atendimento no sentido de promover a capacitação, qualificação e certificação de pessoas, empresas, produtos e serviços relacionados ao controle de corrosão e deterioração de materiais, com todos os benefícios proporcionados pela associação”, revela o gerente geral da entidade, Marcos Morete.

Morete informou ainda que a votação será eletrônica e que a ABRACO receberá, por intermédio de *e-mail*, os votos. “Estamos à disposição para fornecer todas as explicações e procedimentos, bem como *login* e senha para que a votação seja realizada com sucesso. É importante que o cadastro dos associados estejam atualizados na associação, principalmente os *e-mails*. As inscrições para novos sócios também podem ser feitas através do nosso endereço eletrônico: abraco@abraco.org.br”, alerta Morete. O gerente lembra que a missão da ABRACO é difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando empresas, entidades e especialistas e contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos e proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos deletérios da corrosão e da deterioração de materiais.

Mais informações podem ser obtidas diretamente no site www.abraco.org.br.



PLASTEEL®

Proteção Garantida contra Corrosão, Abrasão e Ataque Químico.



PLASTEEL CERÂMICO PINTÁVEL 3:1 AZUL

- Conheça também:**
- Plasteel Solda a Frio.
 - Plasteel Máxima Proteção Contra Abrasão.
 - Plasteel Máxima Proteção Contra Altas Temperaturas.



Gutemberg de
Souza Pimenta

Um profissional eclético

Passando por todos os segmentos da indústria de petróleo, Gutemberg de Souza Pimenta esteve sempre na linha de frente de diversas pesquisas voltadas para a prevenção e o combate à corrosão e hoje dedica-se ao transporte de petróleo e seus derivados

Um dos mais proeminentes pesquisadores que atuam na área de corrosão, Gutemberg é graduado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RJ, com mestrado em Engenharia Metalúrgica e Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE. Desde 1979, trabalha na área de corrosão, quando ingressou no Centro de Pesquisas da Petrobras – CENPES, onde seguiu carreira até chegar, no ano 2000, ao cargo de Consultor Sênior da Petrobras.

Desde 2006, é responsável pela implantação da Rede Temática de Materiais e Corrosão (rede de pesquisa de desenvolvimento interligada por vários centros avançados de estudos), projeto desenvolvido pela Petrobras e ANP (Agência Nacional de Petróleo) nas universidades e institutos de pesquisas do Brasil.

Gutemberg também é um incentivador da participação dos profissionais em associações técnicas. Ele mesmo atua ativamente na ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, onde foi presidente durante os anos de 2001 e 2002, e hoje integra a diretoria, além de participar de diversas formas – palestrante, congressista ou organizador – de diversos eventos e

ações relevantes para a consolidação da entidade.

Nesta entrevista, Gutemberg conta um pouco de sua história.

Conte um pouco da sua opção pela engenharia e a especialização em corrosão?

Gutemberg Pimenta – Desenvolver e construir sistemas de testes sempre foi um exercício que praticava muito na minha adolescência, razão pela qual optei pela mecânica. Ainda na PUC, participei como monitor de dois laboratórios novos e tinha como tarefa principal estudar e especificar procedimentos de testes para as aulas práticas do departamento. Isto me fez buscar conhecimentos necessários para as atividades através de pesquisas, consultas a normas técnicas, além de conhecer no mercado do Rio de Janeiro empresas que trabalhassem com os sistemas que eu estava montando. Outro fato importante foi o meu trabalho final de curso, no qual tive como responsabilidade o projeto de uma esteira rolante, que me levou a fazer também uma grande pesquisa na literatura existente e conhecer máquinas e acessórios existentes no mercado. Ao término do curso de engenharia passei por outros na Petrobras, o de Engenharia e Inspeção de Equipamentos, e lá tive diversas matérias de corrosão que não existiam na universidade. Em razão do meu

desempenho tive a oportunidade de entrar no Centro de Pesquisas da Petrobras e a vaga era para trabalhar com pesquisas na gerência responsável pela corrosão.

Quais foram seus mestres e como eles lhe influenciaram?

Pimenta – Isto teve um grande peso na minha decisão de trabalhar com corrosão, pois sempre fiquei ligado aos mestres que eram referência em corrosão na Petrobras, no Brasil e no mundo. Aprendi muito com eles os quais também confiaram no meu trabalho, na postura profissional e na vontade de atuar com pesquisas em temas ainda desconhecidos na década de 1980. Devo muito aos meus três grandes mestres: o Dr. Paulo Cesar Loyola, o Dr. Marcio Almeida Ramos e o Dr. Fernando Benedito Mainier.

Quais as principais linhas de pesquisa a que se dedicou?

Pimenta – Sempre procurei trabalhar com pesquisas de alto risco e grande valor agregado para as atividades da empresa. Comecei minha linha de pesquisa em sistemas de produção, plataformas fixas, estudando os efeitos do H₂S na corrosão sob tensão nos materiais de linha de produção. Participei da construção de um sistema “mooring de corrosão” para estudar a performance da prote-

ção catódica e corrosão sob fresta em até mil metros de profundidade. Outro projeto de pesquisa foi a de estudar inibidores de corrosão para poços onshore, onde aumentamos a vida útil das colunas. Coordenei o projeto de pesquisas de corrosão sob tensão em etanóis, mostrando que o mecanismo de falha que estava ocorrendo nos EUA não acontecia em etanol de cana-de-açúcar, parceria realizada com o INT, IPT e UFGRS. Também coordenei o projeto de corrosão e medidas preventivas em dutos e tanques onde foram geradas várias soluções para os nossos sistemas, evitando falhas e melhoria da nossa logística de transporte e armazenamento de petróleo e seus derivados. Esta atividade teve como grande parceiro o IPT. Minhas principais linhas de pesquisa foram o monitoramento e gerenciamento e inibição da corrosão. Passei por todos os segmentos da indústria de petróleo. Hoje eu estou voltado mais ao transporte de petróleo e seus derivados, etanol, biodiesel e produtos ácidos gerados pelas petroquímicas.

O que se discute hoje a respeito da corrosão?

Pimenta – Meio ambiente e qualidade do produto são dois fatos que no Brasil sempre estão em pauta. O valor do ativo, equipamentos e acessórios, fica em segundo plano. A ação corrosiva degenera o produto e o vazamento de fluidos, por exemplo, em dutos pode causar problemas graves ao meio ambiente.

O país está no mesmo patamar do que os países mais desenvolvidos? Como o senhor avalia essa questão?

Pimenta – No que se refere à comparação entre os pesquisadores do Brasil e no exterior estamos no mesmo patamar. O nosso grande problema ainda é o apoio do governo em pesquisa e a infraestrut-

tura. No exterior, além de apresentarem equipamentos de pesquisas de última geração, os pesquisadores ainda têm como característica apresentarem pesquisas com um custo baixo, função esta devido ao apoio muito maior dos órgãos governamentais nos EUA e Europa.

O senhor tem uma destacada atuação associativa. Na sua visão, qual a importância de participar ativamente de associações profissionais?

Pimenta – A associação deve ter sempre como meta principal a divulgação dos temas ligados a suas atividades, como congressos, seminários, cursos e normas técnicas. Tudo isto só é possível se tivermos uma equipe de trabalho muito boa e que consiga sempre enxergar no mercado os temas que estão em pauta. Eu tenho esta característica e gosto de estar sempre em contato com os pesquisadores e manter-me atualizado na atividade. É através da associação que devemos realizar este trabalho. Fui um dos principais articuladores de trazer o LATINCORR para o Brasil, assim como da elaboração do COTEQ, onde participam a ABRACO, ABENDE e IBP, evento bianual que é realizado nos anos ímpares.

De quais associações participou e quais cargos ocupou?

Pimenta – Participei sempre da ABRACO e ocupei todos os cargos nela existentes: diretor, vice-presidente, presidente e ainda coordenei o projeto de recuperar a viabilidade financeira da entidade. Este foi meu grande legado na associação.

Sobre a ABRACO, conte como e porque chegou à entidade, e o que destacaria em sua atuação à frente da associação.

Pimenta – Este foi o meu destino, não vejo muita explicação. Após a entrada no setor de corrosão fiz

todos os cursos existentes de corrosão pela ABRACO e pelas entidades de pesquisas externas: INT e IPT. Meu crescimento na carreira de corrosão também teve como grande input os cursos gerenciais e de relacionamento com empresas e pessoas. A participação nesses cursos associada a outros diversos que fiz na Petrobras (passando pela produção, transporte e refino de petróleo e seus derivados, biocombustível e gás e energia), foi de extrema importância para a evolução da minha carreira e, por isso, considero-me um Engenheiro de Corrosão completo. Parte disso vem desse conhecimento adquirido via ABRACO e, depois de algum tempo, passei a orientar cursos e palestras como uma forma de levar meu conhecimento à comunidade.

Conte sobre sua experiência na Rede Temática de Corrosão.

Pimenta – Antes da criação da Rede Temática de Corrosão eu já havia tido uma grande experiência na construção de dois laboratórios de corrosão: um com a UFRJ e o outro em Natal, RN. A escolha de outras entidades para a construção dos laboratórios foi fácil, pois eu já conhecia, por meio dos Congressos de Corrosão, os pesquisadores das universidades e institutos de pesquisas que trabalhavam com o tema assim como a experiência de cada pesquisador. Ficou apenas como tarefa ver e conhecer as especialidades de cada entidade e o que já tinha de infraestrutura implantada. Participei de todos os projetos. Hoje já temos uma infraestrutura suficiente para atender as demandas de pesquisas em todas as atividades da Petrobras, com a exceção da capacitação nos processos de uma indústria de petróleo. Esta demanda é atendida com a contratação de projetos, onde os pesquisadores são então treinados nestas atividades.

Eficiência e *proteção* ambiental

Os inibidores de corrosão encontram um amplo e muito diversificado campo de atuação, mas certamente o seu maior uso é na indústria química e petroquímica

Por Alberto Paz

Tema de relevância na indústria química e petroquímica, principalmente no transporte e armazenamento de combustíveis, como forma de minimizar a corrosão interna de dutos, os inibidores de corrosão têm ampliado suas aplicações. Para debater um pouco mais sobre sua eficiência, impotência de ensaios laboratoriais antes de sua aplicação, segurança e implicações ambientais envolvidos na operação, a **Revista Corrosão & Proteção** consultou pesquisadores, usuários e fabricantes de inibidores de corrosão para obter um painel atualizado sobre o processo.

Pesquisadores e usuários

Os inibidores voláteis de corrosão (IVC), geralmente são constituídos de sais orgânicos voláteis com características de alta pressão de vapor, permitindo assim que os vapores se espalhem e saturam o ar do interior das embalagens para proteção de peças, conjuntos acabados ou semiacabados, e eletroeletrônicos. “Os inibidores de corrosão podem ser aplicados nos itens em operações de armazenamento e transporte, seja ele aéreo, terrestre ou marítimo. O IVC também tem sua utilização em processos que exigem continuidade, dispensando a necessidade de operações de desengraxe e ou remoção da película protetiva, em chapas e conjuntos lavados e protegidos com embalagem IVC, que após transporte são entregues diretamente no processo de soldagem”, revela Marco Antônio Moraes de Bar-

ros, analista de materiais da Mercedes Benz do Brasil.

Segundo Barros, para utilização dos inibidores voláteis de corrosão, em substituição aos meios protetivos formadores de película (protetivos por imersão ou aspersão), devem ser tomadas algumas precauções. “É importante efetuar, em laboratório, os ensaios iniciais de corrosividade, para avaliar o tipo de IVC mais adequado aos materiais dos componentes a serem protegidos (aço, ferro fundido, chapa zincada, latão, cobre, bronze). Devemos também analisar a compatibilidade dos resíduos remanescentes dos materiais utilizados no processo produtivo (fluido de corte, óleos de estampagem, desengraxante da máquina de lavar). É imprescindível dimensionar a quantidade de IVC por metro cúbico da embalagem, pois esta quantidade varia para cada fornecedor e tipo de IVC disponível no mercado, cabendo assim um teste piloto. É recomendável a realização de um lote experimental para assegurar em condições de processo e reais condições de intempéries climáticas que estarão expostos os itens analisados, com maior criticidade quando submetidos a longos períodos de exportação/importação via marítima. Estão disponíveis no mercado embalagens especiais para proteção anticorrosiva de materiais eletro/eletrônicos. A utilização do IVC para esta aplicação tem apresentado excelentes resultados de custo benefício”.

É muito importante saber quais são os principais atributos na hora de escolher um inibidor de corrosão. “A decisão de utilização do IVC deve ser baseado na qualidade, ou seja, deverá atender a necessidade de proteção das peças e componentes, valorizando a segurança e saúde ocupacional, gerando menor impacto ao meio ambiente, com melhores resultados aos colaboradores/usuários finais. Em relação aos meios protetivos convencionais, também deverá trazer vantagens em segurança se comparado com produtos combustíveis ou inflamáveis (protetivos base solvente). Reduzindo etapas no processo, gerando praticidade com vantagens ao eliminar tanques de protetivos, conseqüentemente a manutenção dos mesmos (algumas vezes combustíveis ou inflamáveis), estas qualidades trazem ganho ao ambiente de trabalho, eliminando o contato dos operadores com óleo mineral e possíveis odores desagradáveis, conseqüentemente diminui riscos e acidentes de trabalho, elimina descarte de material e emissão de VOC”, explica Barros.

“Com base nos comentários anteriores, normalmente os fornecedores oferecem produtos IVC recicláveis, atóxicos e realizam constantes pesquisas para atenderem as legislações, necessidades dos clientes e normas regidas pelos órgãos ambientais conforme determina a legislação brasileira. Em muitos casos de usuários de IVC, é comum a existência de normas de especificação de fornecimentos com “lista negativa de produtos declaráveis” e uso proibido, baseado em normas internacionais como, por exemplo, GADSL/VDA 232-101 que reúne substâncias/classes de substâncias, visando a proteção das pessoas e do meio ambiente, regulamentando os componentes de formulação conti-

TABELA 1 – AVALIAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE AÇO-CARBONO – NACE TM-0172 (2001)

<i>Avaliação</i>	<i>Porcentagem da superfície corroída (%)</i>
A	0
B ⁺⁺	Menos que 0,1 (2 ou 3 manchas de não mais que 1 mm de diâmetro)
B ⁺	Menos que 5
B	5 a 25
C	25 a 50
D	50 a 75
E	75 a 100

das nas formulações utilizadas”, comenta Marco Antônio Moraes de Barros, acrescentando que os produtos IVC atualmente disponíveis para consumo atendem às normas nacionais e internacionais, mesmo assim pesquisas em novos componentes para substituição destes estão sendo feitas, e o impacto da nanotecnologia nesta área de atuação tende a trazer grandes vantagens.

Legislação

De acordo com o engenheiro Marcelo Schultz da Petrobras, o mais importante quanto às normas vigentes são as novas legislações colocadas em vigor, para o setor de óleo e gás, pela Agência Nacional de Petróleo – ANP. Todos os regulamentos em vigor, sejam o SGSO (Sistema de Gestão de Segurança Operacional), o RTSGI (Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento de Integridade), o RTDT (Regulamento Técnico de Dutos Terrestres), quanto outros ainda em elaboração, visam a implantação da gestão de segurança operacional, obrigando os operadores a um processo de adequação à nova legislação. “Neste caso em especial, não terão futuro próspero os inibidores de corrosão que sejam prejudiciais ao homem e ao meio ambiente”, comenta Schultz.

Eficiência

Para Lorena Cristina de Oliveira Tiroel, engenheira de Terminais e Dutos TRANSPETRO/PRES/SE/ENG/STSPPCO/INSP, na aplicação em dutos de transporte, os inibidores de corrosão são utilizados em dutos ou poldutos de transporte de claros (óleo diesel, nafta e gasolina). “Estes produtos, quando isentos de inibidores de corrosão, possuem um alto potencial de corrosividade devido à água residual que pode decantar na geratriz inferior em pontos baixos do duto e ser um meio de transporte de íons dispersos no combustível. Estes íons dispersos em contato com a parede do duto formam uma célula eletrolítica desencadeando um processo corrosivo na parede interna do duto. De todos os derivados claros transportados o mais agressivo para os dutos de transporte é a nafta-petroquímica porque ela é capaz de dissolver grandes quantidades de O₂ e CO₂ da atmosfera e alimentar a fase aquosa com estes gases, de modo a estabelecer condições aeradas, causando a corrosão do ferro tendo a reação de redução do oxigênio como a principal reação catódica. Devido a esta agressividade a nafta petroquímica é o derivado padrão utilizado nos processos de qualificação de inibidor de corrosão. A dosagem de inibidor de corrosão definida para a nafta-petroquímica é adotada para todos os demais derivados claros”, comenta Lorena.

“A eficiência destes produtos é satisfatória no combate ao processo corrosivo interno de dutos de transporte desde que sejam observadas algumas condições tais como: produto correto, ou seja, um produto próprio para dutos de transporte de claros, dosagem correta, aplicação contínua e sem interrupção, tempo de contato suficiente para a formação do filme na parede do duto, ausência de produtos que possam desativar o inibidor de corrosão, ausência de produtos que tenham uma ação inibidora e que possam competir com o inibidor comercial e monitoramento contínuo da eficiência do produto. Quando a aplicação do produto é feita de uma forma adequada a vida útil do duto pode ser ampliada e os prazos de inspeções internos podem ser estendidos, reduzindo o custo de manutenção”, comenta a engenheira.

Lorena Tiroel avalia que a escolha de um inibidor de corrosão deve ser um produto

próprio para utilização em dutos de transporte de claros, ser eficiente em baixas concentrações, fácil aplicação sem a necessidade de pré-diluição, o filme deve ter uma boa permanência na parede do duto, não deve promover alterações na qualidade do produto transportado, insolúvel na fase aquosa, dispersível na fase aquosa e totalmente solúvel no combustível.

A eficiência de um inibidor de corrosão é verificada por meio do ensaio NACE TM-0172 (2001) intitulado *Determining Corrosive Properties of Cargoes in Petroleum Product Pipelines*. O ensaio NACE avalia a corrosividade do derivado em condições não estagnadas e na presença de água aerada, condição esta comum em dutos. “Neste ensaio verifica-se as alterações visuais que ocorrem em corpos de prova de aço-carbono padronizados imersos durante quatro horas, com agitação, no derivado de petróleo em estudo no qual são adicionados 10 % de água (com pH = 4,5)”, explica Lorena.

“Por meio da porcentagem da área corroída (ver Tabela 1), e não da intensidade da coloração dos produtos de corrosão ou da perda de massa, avalia-se a corrosividade do derivado, atribuindo-se a esta porcentagem um grau de corrosividade. Cabe citar, que a água é adicionada, pois a corrosividade dos derivados de petróleo é devida à presença da água de formação proveniente do processo de extração/refino do petróleo e da água incorporada durante o armazenamento em tanques não herméticos. Este ensaio é feito de forma periódica e os pontos de amostragens localizam-se ao longo do duto. Os níveis aceitáveis de corrosividade para um produto com inibidor de corrosão são as classificações (A ou B⁺⁺)”, acrescenta Lorena.

Ainda sobre o processo de

qualificação de um inibidor de corrosão para utilização em dutos de transporte de óleos, gostaria de ressaltar que para estabelecer um inibidor de corrosão para uso em oleodutos de transporte um produto deve possuir as características já comentadas e passar por um processo de qualificação. “Neste processo os fabricantes que possuem inibidor de corrosão para dutos são convidados a participarem deste processo. Os interessados devem ceder amostras de produtos informando a dosagem mínima que atenda os níveis aceitáveis de corrosividade NACE. As amostras são enviadas para um laboratório idôneo e com qualificação técnica na avaliação de inibidores de corrosão onde são dosadas em nafta-petroquímica e posteriormente submetidas ao ensaio de corrosividade ao aço-carbono NACE TM-0172 (2001) intitulado *Determining Corrosive Properties of Cargoes in Petroleum Product Pipelines*. Estes ensaios são realizados em duplicatas e triplicatas e o(s) produto(s) que atingir(em) os padrões de aceitabilidade (A ou B⁺) com a menor dosagem são qualificados para utilização nos dutos”, conclui Lorena.

Aplicações mais relevantes

Para o pesquisador e chefe do Laboratório de Corrosão e Tratamento de Superfície do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Neusvaldo Lira de Almeida, os inibidores de corrosão encontram um amplo e muito diversificado campo de atuação, mas certamente o seu maior uso é na indústria química e petroquímica. “Nesses segmentos os problemas de corrosão são mais numerosos e, portanto, medidas preventivas são mandatórias. Nos sistemas de transportes e armazenamento de petróleo e seus derivados, o uso de inibidores

de corrosão tem sido um grande aliado das empresas no controle dos processos de corrosão, em particular para minimizar problemas de corrosão interna de dutos de transporte. A indústria de tintas anticorrosivas é também um campo de aplicação. Outra aplicação importante dos inibidores, neste caso dos inibidores voláteis de corrosão, é nas embalagens de peças e equipamentos para exportação. Enfim, na maioria dos casos onde a corrosão está presente, os inibidores são considerados como uma alternativa eficaz de controle”.

Para Neusvaldo, um dos principais fatores para se avaliar a eficiência dos inibidores, é saber qual a aplicação específica e a que se destina. Em função da aplicação é que se define a metodologia de avaliação, que são várias. Outro aspecto a ser considerado é a concentração que deve ser utilizada, pois os inibidores têm que ser eficientes em concentrações mais baixas possíveis. Ser eficiente em altas concentrações inviabiliza o uso. “Já sobre o impacto ambiental, acredito que a evolução neste segmento é como em todos os demais setores, onde há uma busca permanente por tecnologias consideradas não agressivas ao meio ambiente. Atualmente já existem várias tecnologias que foram desenvolvidas com esta preocupação. É certo que ainda temos vários deles para os quais não foram desenvolvidos substitutos. Mas é um processo. Ainda nesse sentido, a utilização de nanotecnologia é um assunto um tanto quanto controverso no que diz respeito às questões ambientais. Existem grupos que estão estudando este assunto e certamente deverão surgir respostas a estas questões. Elas são importantes e de certa forma urgentes porque os estudos de aplicações de nanotecnologia seguem em alta velocidade. Com relação ao uso de extratos naturais, hoje no Brasil, em particular na Universidade Federal do Ceará há um grupo envolvido com este tema; inclusive devemos ter alguns trabalhos no INTERCORR, em maio em Fortaleza”, explica o pesquisador.

Sobre as demandas dos usuários finais, assim como as exigências com o cuidado ambiental e eficiência, Neusvaldo avalia que é evidente que a primeira está relacionada com a eficiência, mas a questão ambiental e a eficiência têm que andar juntas. “Não se concebe usar um inibidor de baixo desempenho só porque é ecologicamente correto. Então o caminho é continuar desenvolvendo tecnologias inovadoras, que estejam em sintonia com estas questões. Do lado de normas e legislações, desconheço que existem legislações que regulam a produção de determinadas classes de inibidores no Brasil. No caso da indústria de tintas, este assunto tem evoluído tanto pelo lado dos fabricantes como dos consumidores mais importantes. Agora se compararmos às tecnologias disponíveis no Brasil com países mais industrializados, eu diria que praticamente não há diferenças. Mas eu não sei se isto é importante. Hoje, no mundo em que vivemos, esta questão tem que ser relativizada”.

Segundo informações da pesquisadora do IPT, Anna Ramos Moreira, a corrosão metálica é a transformação de um metal (ou liga metálica) em um íon metálico pela sua interação (através de reações de oxirredução de natureza química ou eletroquímica) com o meio em que se encontra no Metal (ou liga metálica) + Meio, Íons metálicos + Energia, Interação química ou eletroquímica. Sendo assim, as quatro formas de combate à corrosão são modificar o metal: substituir o metal (ou liga) por um outro que não reaja com o meio ou reaja com velocidade de reação desprezível ou modificar o meio: condicionando o meio, por exemplo, com adição de inibidores. Cabe ressaltar que este tipo de procedimento é adequado a sistemas fechados ou interpor barreira entre o metal e o meio: aplicação de revestimentos orgânicos (tin-

tas, óleos, materiais a base de borracha) ou inorgânicos (metálicos e de conversão) e finalmente fornecer energia nos processos de corrosão espontâneos, o sistema metal/meio perde energia, podendo-se interromper esta interação fornecendo energia ao sistema. Como exemplo, cita-se a aplicação de um sistema de proteção catódica. Dessa forma, a utilização de inibidores de corrosão se constitui em uma das maneiras possíveis de se combater a corrosão. Os inibidores de corrosão são substâncias químicas que, sob determinadas condições e num meio que seja corrosivo, eliminam ou pelo menos reduzem significativamente a intensidade do processo corrosivo. Portanto, de grande importância no combate e na prevenção da corrosão”.

Fabricantes de inibidores de corrosão

Avaliação da eficiência

Na visão de Ronnie Singh, da empresa Zerust Prevenção de Corrosão, é importante definir que um inibidor de corrosão é uma substância química que, quando adicionados em pequenas concentrações a um meio ambiente corrosivo que envolve o metal, minimiza ou reduz a taxa de corrosão. “As aplicações dos inibidores de corrosão são muito amplas, e novas áreas de aplicação são descobertas todos os anos. Tradicionalmente, os inibidores de corrosão são utilizados na indústria de óleo e gás, siderúrgica, automobilística, metalmecânica, e mais recentemente novos setores estão sendo explorados como a da construção civil, mineração, etc. As aplicações são as mais amplas, como na preservação

de oleodutos, torres de resfriamento, hibernação de torres de destilação, vasos e caldeiras, proteção de fundos e topos de tanques atmosféricos de armazenamento de petróleo, uniões flangeadas, válvulas e instrumento etc. A indústria automobilística é um setor industrial ousado e começou a utilizar largamente inibidores de corrosão na exportação de componentes metálicos, eliminando um grande passivo que é o óleo protetivo no início da década de 90. Na indústria de O&G, os inibidores de corrosão são utilizados para mitigar principalmente os processos corrosivos relacionados ao sulfeto de hidrogênio (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e ácidos gerados ao longo dos processos de produção e refino”.

Singh avalia que a eficiência dos inibidores pode ser quantita-



Motores | Automação | Energia | Transmissão & Distribuição | **Tintas**

Proteção total para diversas estruturas

A WEG possui uma linha completa de produtos em tintas líquidas e em pó para proteção anticorrosiva de estruturas e perfis metálicos, estruturas offshore, máquinas e equipamentos nas mais diversas aplicações.



Tintas oferecendo proteção total.

www.weg.net

tiva ou qualitativa. “Do ponto de vista quantitativo, podemos classificar os inibidores segundo a quantidade dosada, no caso de inibidores líquidos, para atingir a meta de redução da taxa de corrosão segundo prescrito em norma e manutenção desta taxa abaixo do valor máximo admitido. Entretanto, em casos particulares, pode-se assumir uma taxa mais alta do que é prescrito em norma em função de uma análise técnica-econômica, prevendo-se uma vida útil menor, porém com ganho na redução da quantidade de inibidor dosado. Outra forma de se avaliar a eficiência dos inibidores é pela análise qualitativa e comparativa entre inibidores de diferentes fornecedores, na qual se avalia quais serão mais eficientes na redução da taxa de corrosão, mesmo que não se consiga atingir o patamar desejado e prescrito em norma. Em todas estas análises são utilizados, normalmente, corpos de prova de metalurgia similar ao equipamento/tubulação/duto em questão de modo que se possa medir a taxa de corrosão do corpo de prova em teste, fazendo-se uma inferência a partir deste ponto de que o mesmo possa estar acontecendo no equipamento/tubulação/duto. Novos e mais eficazes inibidores de corrosão têm sido desenvolvidos como resultado de seu desempenho em laboratório, no entanto, muitos não têm conseguido uma performance comparável no campo. A incapacidade de reproduzir e transferir o desempenho dos inibidores do laboratório para o campo continua a ser um desafio hoje”.

Ronnie Singh acredita que um dos grandes desafios de se trabalhar com inibidores de corrosão é que a grande maioria dos inibidores é produzido a partir de soluções químicas, algumas não compatíveis com o homem e o meio ambiente. Por isso, deve-se ter normalmente um cuidado

muito grande na seleção, transporte, armazenamento e uso destas soluções químicas que, apesar do resultado obtido na redução da taxa de corrosão e/ou na manutenção da proteção que proporciona a inibição do processo de corrosão, requerem um cuidado meticuloso.

A denominação “inibidores verdes” ou “*green inhibitors*” foi criada para caracterizar inibidores de corrosão que seguem certos requisitos ambientais. Esses requisitos ambientais ainda estão sendo discutidos e desenvolvidos, mas alguns elementos foram estabelecidos como o BOD (*Biological Oxygen Demand*). A biodegradação ou a demanda de oxigênio biológico (BOD), deve ser de pelo menos 60 %, e os inibidores devem ser não tóxicos. “A BOD é uma medida de quanto tempo o inibidor vai persistir no meio ambiente. A toxicidade é medida como LC50 ou EC50. LC50 é a concentração do inibidor necessária para matar 50 % da população total da espécie em contato com o inibidor. O EC50 é a concentração eficaz de inibidor de capaz de afetar adversamente 50 % da população. Há uma procura crescente de inibidores de corrosão que são menos tóxicos e biodegradáveis em comparação com as formulações tradicionais. Inibidores verdes exibindo substancialmente melhores propriedades de impacto ambiental serão os inibidores mais amplamente utilizados no futuro”, explica Ronnie Singh.

Singh não tem dúvida de que os processos de inibição da corrosão de materiais metálicos e suas ligas não têm que necessariamente agredir o meio ambiente. Segundo ele, a sociedade e a indústria já não admitem mais a utilização de substâncias como DICLAN (diciclohexilamina), nitrosaminas, aminas secundárias, que eram muito utilizadas na passivação de metais ferrosos e suas ligas. Clientes, fornecedores e o meio acadêmico vêm trabalhando nos últimos anos no desenvolvimento de novas formulações que não agridam o ser humano e o meio ambiente. Esse é um dos desafios da indústria de inibidores de corrosão: desenvolver novos produtos de alta performance que não afetem o meio ambiente e principalmente o ser humano. “Acredito ainda que novas fronteiras de pesquisa e desenvolvimento em diferentes áreas de inibidores de corrosão estão explorando novos métodos de aplicação e formulações. Inibidores inorgânicos convencionais continuam sendo um componente importante em muitas combinações de inibidores patenteados”.

“As patentes mais recentes tratam principalmente de novos métodos de aplicação. Poucas patentes estão explorando, por exemplo, a nanotecnologia para melhorar o efeito de inibição de corrosão. Novas tecnologias em embalagens foram patenteadas nos últimos três anos utilizando a tecnologia dos inibidores voláteis de corrosão. O desenvolvimento de novos inibidores como o caso dos extratos naturais ainda é incipiente, porém já é uma realidade. A Escola de Química da UFRJ fez uma pesquisa científica com extrato de repolho roxo e concluiu que a inibição de um determinado processo corrosivo foi atingindo pelo uso deste extrato”, conclui Ronnie Singh.

Antonio Ricardo Pereira de Carvalho, diretor técnico da Kurita do Brasil, acredita que quando se tem em um mesmo sistema água e aço-carbono (ou outros metais como cobre, alumínio, e diversas ligas metálicas), a corrosão é uma preocupação constante. “A utilização de inibidores de corrosão solúveis em água tem aplicação nos mais diversos processos, como sistemas de resfriamento, caldeiras, processos petroquímicos, siderúrgicos, de produção de papel e celulose, galvanoplastia, entre outros. A corrosão é um processo espontâneo e, assim sendo, é praticamente impossível na maior parte dos casos torná-la zero

ou inexistente. Desta forma, nas condições de processo (temperatura, pressão, concentração de sais e contaminantes etc.), a função dos inibidores de corrosão é minimizar o processo corrosivo e prolongar a vida útil dos equipamentos. Dependendo da aplicação, há testes padronizados para avaliação da eficiência dos produtos anticorrosivos utilizados”, comenta Carvalho.

Carvalho acredita que, no caso de produtos químicos para tratamento de água, a preocupação é com o descarte dos efluentes líquidos. “A legislação de descarte de efluentes vem se tornando cada vez mais restritiva, no Brasil e no mundo. Este fato tem reflexo imediato nos inibidores de corrosão, pois o tratamento químico da água do sistema de resfriamento de uma indústria (por exemplo, por se tratar em algumas empresas de uma parcela expressiva do efluente total gerado) não pode ter parâmetros em desacordo com a legislação vigente de descarte de efluentes da região onde a mesma está instalada. E as restrições na legislação têm levado a empresas como a Kurita a desenvolver novos produtos para atendimento a estas legislações”, acrescenta Carvalho.

“Não há dúvida que hoje os inibidores de corrosão obrigatoriamente não podem agredir o meio ambiente. Ainda nesse sentido dentre os principais itens, destaco o desenvolvimento específico de produtos para indústrias alimentícias e bebidas (onde há maiores restrições, pois os inibidores de corrosão podem ter contato direto com alimentos), onde as exigências são cada vez mais elevadas. Também produtos para tratamento de sistemas de resfriamento isentos de fósforo e zinco (non-P/non-Zn), em função de legislação mais restritiva para

descarte de efluentes. Estes dois ativos são muito utilizados para inibir corrosão com elevada eficiência, e são considerados como elementos químicos essenciais à vida. Porém, em altas concentrações em ambientes aquáticos, podem ocasionar problemas como a eutrofização em lagos e envenenamento em peixes”, revela Carvalho.

O diretor da Kurita também confirma que as exigências estão focadas na eficiência e no cuidado ambiental. O atendimento é feito com pesquisa e desenvolvimento de produtos (e tecnologia de aplicação) compatíveis com a demanda (não só dos usuários, como de toda a sociedade) por um maior cuidado e respeito ao meio ambiente. “O desenvolvimento tem maior impacto na utilização final dos nossos produtos por parte dos usuários, com a

INSPEÇÃO DE PINTURA



- *Inspeção e análise de falhas em pintura naval, industrial por meio de Inspetor Certificado.*
- *Perícias sobre corrosão e integridade de estruturas e equipamentos de aço.*
- *Elaboração de especificações para pintura em projetos industriais.*
- *Programas de manutenção de revestimentos anticorrosivos.*



Tel.: (47) 3029 3484
www.narus.com.br

ITALLUX SOLAR 456

LANÇAMENTO



O sistema de proteção catódica alimentado por foto-célula: ITALLUX SOLAR 456, possui as mesmas funções de um retificador de corrente, porém com a vantagem de manter este sistema de proteção totalmente independente da rede elétrica, muitas vezes não disponível no local de implantação dos retificadores, diminuindo os custos envolvidos com este tipo de alimentação. Controla o potencial da tubulação através de um sistema automático por meio de um eletrodo de referência, dispõe ainda entre outros recursos: horímetro para registro de horas em que o potencial encontra-se abaixo do valor mínimo de -0,85; Saída RS232 e possui também condições de proteção por até 20 km de dutos variando em função do diâmetro.

PRODUTO EXCLUSIVO

FABRICAMOS TAMBÉM:
- RETIFICADORES DO TIPO AUTOMÁTICO, MANUAL E DIGITAL
- DRENAGEM



Tel/Fax: (11) 2083-5188
Av. Carlos Liviero, 791 - V. Liviero - Cep 04186-100 - São Paulo - SP
www.itallux.com.br

aplicação que proporcione maior eficiência, menor custo e com tecnologia mais amigável ao meio ambiente. Há países com legislação mais restritiva que o Brasil, sendo o melhor exemplo os países da União Europeia. Porém, também nessa área avanços foram feitos, tanto por parte do governo (via legislações) quanto por parte das empresas (algumas adotam limites mais restritivos que a legislação; filiais brasileiras de multinacionais europeias são exemplos desta postura)”, conclui Carvalho.

Segundo o diretor de vendas da Innospec Fuel Specialties, Adriano Jaconi, existem vários tipos de inibidores de corrosão. “Os aplicados em combustíveis tem o objetivo de proteger os ativos de problemas com corrosão. Por exemplo, *pipelines*, *fittings*, e outros equipamentos que tenham

contato com o combustível. Já sobre a questão da eficiência dos inibidores, eu acredito que efetivamente eles protegem os equipamentos dos efeitos da corrosão. Ao escolher uma das formas de proteção, define-se quais fatores serão críticos para avaliação da eficácia do inibidor de corrosão. Os inibidores de corrosão têm acompanhado a redução no conteúdo de enxofre e uma nova geração de inibidores de corrosão sintéticos tem como objetivo a redução do problema de formação de depósitos em motores, reduzindo as emissões de gases”, esclarece Jaconi.

“Já sobre a questão do meio ambiente acredito que haja uma ligação entre proteção ao meio ambiente e inibição da corrosão. Em nosso caso de proteção de *pipelines*, ao evitar que essas linhas tenham um alto índice de corrosão, reduz-se o risco de vazamentos e a necessidade de substituição das partes etc. Quanto às demandas, elas estão muito focadas em manutenção dos ativos. Realmente, o usuário quer garantir que os equipamentos permanecerão em seu melhor estado de conservação, não questionando problemas ambientais. Todavia quanto às normas e legislações, há redução do conteúdo de enxofre no diesel. Os problemas advindos dessa redução de enxofre tem afetado essa indústria. Os inibidores agora possuem, no máximo, 15 ppm de enxofre e temos partido para produção de inibidores sintéticos para melhorar a performance e principalmente a interação com outros aditivos e outros contaminantes presentes no combustível. Ainda se compararmos o Brasil em relação aos países mais industrializados, temos uma indústria com grande conhecimento sobre inibidores de corrosão. Infelizmente, não existe produção local de inibidores de corrosão para *pipelines* com

SMARTCOAT

Tecnologia em hidrojateamento e preocupação com meio ambiente.

Somos especializados em revestimentos, com técnicas modernas para preparação de superfície por hidrojateamento e aplicação de tintas anticorrosivas, minimizando os resíduos e os danos ambientais. Atuamos na manutenção de plataformas marítimas e navios de petróleo.



SMARTCOAT
Engenharia em Revestimentos Ltda



Taubaté:

Rua Duque de Caxias, nº 331, sala 711
Centro - Taubaté-SP | Cep: 12.020-050
TEL: +55 (12) 3635-1447
smartcoat@smartcoat.com.br

Macaé:

Rodovia Amaral Peixoto, Nº 4885, Km 183,5
Barreto - Macaé-RJ | Cep: 27.965-250
TEL: +55 (22) 2757-9500
macae@smartcoat.com.br

www.smartcoat.com.br

certificação militar, mas o usuário tem um bom conhecimento e a indústria se preocupa com o uso e com a boa manutenção dos seus ativos”, conclui Jaconi.

O gerente da Nalco, Paulo Sergio Soares Santiago, acredita que os inibidores de corrosão têm inúmeras aplicações no mercado industrial, tanto na parte de processos como em tratamento de água. “Especificamente falando de inibidores usados no tratamento de água industrial utilizada em sistemas de resfriamentos, são aplicados para prevenir desgaste por processo corrosivo em diversas metalurgias normalmente usadas em sistemas de resfriamento de aço-carbono, aço galvanizado, cobre e suas ligas, entre outros. O principal objetivo de um inibidor de corrosão é passivar uma superfície metálica. A passivação é uma condição da superfície metálica onde a taxa de corrosão é muito baixa e onde ocorre uma diminuição da reatividade química que poderia levar ao processo corrosivo”, comenta Santiago.

“A natureza da passivação pode ser descrita como a formação de um filme protetor de óxido metálico que reduz as taxas de corrosão (fatores cinéticos). Há metais que são autopassivantes, como o aço inoxidável, mas metais de uso mais comum, como o aço-carbono, não o são. Então existe uma variedade de inibidores de corrosão, tanto oxidantes (nitrito, por exemplo) como não-oxidantes (fosfatos, fosfonatos, zinco) que podem ser aplicados. De forma geral estes inibidores reagem com o Fe^{+2} dissolvido da superfície metálica (produto do processo corrosivo) para formar um filme inibidor insolúvel. E esta passivação é mantida com a aplicação continuada destes inibidores”, explica Santiago.

Normalmente são utilizados cupons-teste da metalurgia que se quer avaliar (aço-carbono, aço inoxidável, cobre e suas ligas, alumínio) e que são adaptados em uma árvore de medição de corrosão por um período de medição que varia de 30 a 90 dias; este cupom é pesado antes e após o período de medição e com isto determina-se a chamada taxa de corrosão média generalizada, que costuma ser medida em unidades de mpy (milésimo de polegada por ano). “Existem outras metodologias mais eficientes onde é utilizada a medição desta taxa de corrosão pela medição da resistência por polarização linear, com eletrodos de metalurgia específica (aço-carbono, cobre); esta medição pode ser feita em linha, de forma contínua, indicando de forma imediata se ocorrem distúrbios no sistema que possam afetar a sua tendência corrosiva, o que permite a adoção de ações corretivas mais imediatas”, acrescenta Santiago.

Quanto à preocupação com o desenvolvimento de produtos que minimizem o impacto ambiental, Santiago comenta que esta preocupação existe e tem se ampliado mundialmente, embora a maioria dos produtos inibidores usados no mercado sejam biodegradáveis. “No

Brasil existe resolução federal que limita o descarte do zinco (< 5,0 ppm); na Europa já se limita o uso de molibdato e se restringe o uso de inibidores à base de fosfato. A redução do impacto ambiental tem levado ao desenvolvimento pela Nalco de novas tecnologias como o PSO (oligômero do ácido fosfínico-succínico) como substituto tanto do zinco como do molibdato. E está em curso o desenvolvimento de tecnologias *phosphate-free* para atender às novas demandas ambientais”, ressalta Santiago.

A sustentabilidade é uma das principais demandas dos usuários finais e hoje existe tecnologia suficiente para atendê-la, sem comprometer a busca da eficiência produtiva e a manutenção ou mesmo melhoria dos índices de avaliação de performance (KPI) do processo onde se aplica o tratamento químico para inibição da corrosão. “O Brasil tem acompanhado as limitações de descartes dos países mais desenvolvidos, sendo que há estados nacionais onde estes limites são ainda mais restritos do que se observa mundialmente. Isto ajuda a desenvolver novas tecnologias de produtos e equipamentos visando a minimizar o descarte de água (conservação) e ao seu reaproveitamento (reuso e reciclo) de forma mais intensa. Certamente, meio ambiente será favorecido”, conclui Santiago.

Elastômero Securit 2®

Tecnologia pioneira e líder. Agregando valor na proteção anticorrosiva de flanges e válvulas.

TINOCO
ANTICORROSÃO



Tel.: +5521 2215-4760 • Fax: +5521 2215-4759 • mtinoco@tinocoanticorrosao.com.br • www.tinocoanticorrosao.com.br



Perfil de *rugosidade* de superfícies de aço-carbono x espessura de pintura: um tema importante para ser debatido

Surface roughness profile of carbon steel x thickness of paint system: an important topic for discussion



Por Celso Gnecco



Fernando de L. Fragata

Resumo

É amplamente conhecido que o perfil de rugosidade dos substratos metálicos, em especial os de aço-carbono, é um fator importante para proporcionar boas condições de aderência às tintas e aos esquemas de pintura. Um critério utilizado, ainda que antigo, para se estabelecer o perfil de rugosidade, é que este esteja compreendido entre 1/4 a 1/3 da espessura do revestimento. Com o desenvolvimento de novas tecnologias de tintas, houve uma mudança substancial nas propriedades físico-químicas das mesmas como, por exemplo, maior teor de sólidos e altas espessuras por demão. Com isso, a espessura dos revestimentos por pintura aumentou de forma expressiva, enquanto a rugosidade do substrato alterou pouco. Diante destes fatos, foi feito um levantamento para se conhecer a espessura de certas tintas e esquemas de pintura e o perfil de rugosidade exigido para a aplicação dos mesmos. Os resultados obtidos mostraram a necessidade da realização de um amplo debate sobre o tema em questão, com a participação de profissionais e empresas envolvidas com a aplicação de tintas e esquemas de pintura, com o objetivo de se estabelecer critérios técnicos bem fundamentados para a especificação do perfil de rugosidade, em função da espessura e das características técnicas dos revestimentos anticorrosivos.

Abstract

It is widely known that the

surface roughness profile of metal substrates, especially carbon steel, is an important factor to provide good adhesion to paints and paint systems. A typical criterion used to establish the roughness profile is that it is comprised 1/4 to 1/3 of the thickness of the coating. However, with the development of new paint technologies, there has been a substantial change in their physico chemical properties such as higher solids content and high coat thicknesses. Thus, the thickness of organic coatings increased dramatically, while the roughness of the substrate changed little. Due to these factors, a survey was done to investigate the thickness of certain paints and paint systems and the surface roughness profile required for the application. The results showed the necessity of conducting a debate on the subject in question, with the participation of professionals and companies involved in the application of paints and paint systems. The aim of this debate is to establish technical criteria for specification roughness profile, depending on the thickness and the technical characteristics of anticorrosive coatings.

Introdução

É amplamente conhecido que a aderência é uma propriedade essencial à durabilidade dos revestimentos por pintura, especialmente aqueles utilizados na proteção anticorrosiva de substratos metálicos, embora se reconheça que ela por si só não é responsável pelo desempenho dos mesmos. Logo, o fato de um revestimento possuir uma exce-

lente aderência inicial não significa que o mesmo irá apresentar um bom desempenho, haja vista que este pode ser afetado, de forma negativa, por outros fatores como, por exemplo, pela presença de contaminantes salinos e de óleos e gorduras na superfície^{1,2}. Porém, um revestimento com fraca aderência inicial pode vir a apresentar falhas prematuras em curto espaço de tempo, principalmente quando exposto a condições de imersão ou a meios com alta umidade relativa. Nestes casos, um dos primeiros “sintomas” é o aparecimento de bolhas (empolamento) no revestimento e, posteriormente, descascamento e/ou corrosão, dependendo da agressividade do meio. Mesmo quando a superfície pintada não estiver em condições de imersão, mas exposta ao tempo com variação de temperatura entre dias e noites que podem ser significativas, a consequente alteração dimensional do substrato nestas condições pode levar a tinta ou o esquema de pintura a apresentar falhas se destacando, se o mesmo não estiver bem ancorado (com perfil de rugosidade adequado).

Um dos fatores mais importantes para se obter uma boa aderência dos revestimentos por meio da pintura dos substratos, sem dúvida alguma, é a preparação da superfície. No caso de chapas e perfis de aço-carbono novos, temos que considerar também a presença de carepa de laminação que deve ser removida por jateamento abrasivo com pressão ou com turbinas cen-

TABELA I – RUGOSIDADE E ESPESSURA INFORMADAS NAS RESPECTIVAS FICHAS TÉCNICAS DAS TINTAS ANALISADAS

Tinta	Função	Espessura média da película (µm)	Faixa de rugosidade (µm)	Proporção aproximada (**)
1. Epóxi 100% sólidos	DF*	175	25 a 50	1/7 a 1/3,5
2. Epóxi surface tolerant	DF*	185	25 a 50	1/7,4 a 1/3,7
3. Epóxi novolac	DF*	325	50 a 100	1/6,5 a 1/3,3
4. Epóxi secagem rápida	DF*	500	50 a 75	1/10 a 1/6,7
5. Epóxi novolac + flocos de vidro	DF*	875	75 a 125	1/11,7 a 1/7
6. IMO PSPC MSC.215 (epóxi)	DF*	300	30 a 75	1/10 a 1/4

DF*(dupla função): Pode ser aplicada diretamente sobre o substrato e atuar como tinta de fundo e acabamento.

(**) A proporção foi obtida dividindo-se a espessura média pelos dois valores da faixa de rugosidade.

trífugas para criar o perfil de rugosidade adequado.

A limpeza de superfície é uma etapa da preparação do substrato para a pintura que visa remover os contaminantes da superfície como, por exemplo, óleos, graxas, sais, produtos de corrosão e pintura envelhecida não aderente e/ou com fissuras, que são extremamente prejudiciais ao desempenho dos revestimentos, principalmente em relação à proteção anticorrosiva e criar condições adequadas para a aderência dos mesmos aos substratos, independentemente do mecanismo de aderência envolvido.

Existem, basicamente, três mecanismos pelos quais os revestimentos por pintura podem aderir aos substratos metálicos, a saber:

Aderência química: ocorre quando a tinta reage quimicamente com o substrato metálico.

Um exemplo típico é a aderência que ocorre quando se aplica um wash-primer (tinta condicionadora de aderência que contém em sua composição, dentre outros constituintes, ácido fosfórico, tetroxicromato de zinco e resina de polivinilbutiral (ver nota) sobre superfícies de aço galvanizado. A reação química do ácido fosfórico com o revestimento de zinco, de forma conjunta com o tetroxicromato de zinco e com a resina de polivinilbutiral, conduz à conversão superficial do metal fazendo com que uma fina camada de tinta fique aderida quimicamente ao substrato.

Nota: por causa do cromo que é um metal pesado, esta tinta não está mais sendo utilizada.

Aderência polar: neste caso, a aderência ocorre devido à atração entre grupos polares das moléculas da resina com grupos polares, de carga oposta, do substrato.

Por isso, a tendência é que quanto maior for o número de grupos polares na resina melhor será a aderência dos revestimentos aos substratos metálicos. Por exemplo, as resinas epóxis possuem excelente aderência aos substratos de aço carbono. Um dos fatores que contribui para isso é a presença de grupos hidroxila (-OH) na estrutura da resina epóxi. É importante destacar que somente a aderência polar pode não ser suficiente, em muitos casos, para garantir uma longa durabilidade aos revestimentos por pintura, pois as forças de *Van der Waals* e *London* envolvidas são fracas e com isso as ligações podem ser destruídas com maior ou menor grau de dificuldade, em função das condições de agressividade do meio no qual os revestimentos ficarão expostos^{3,4}.

Aderência mecânica: este tipo de aderência, motivo da reali-

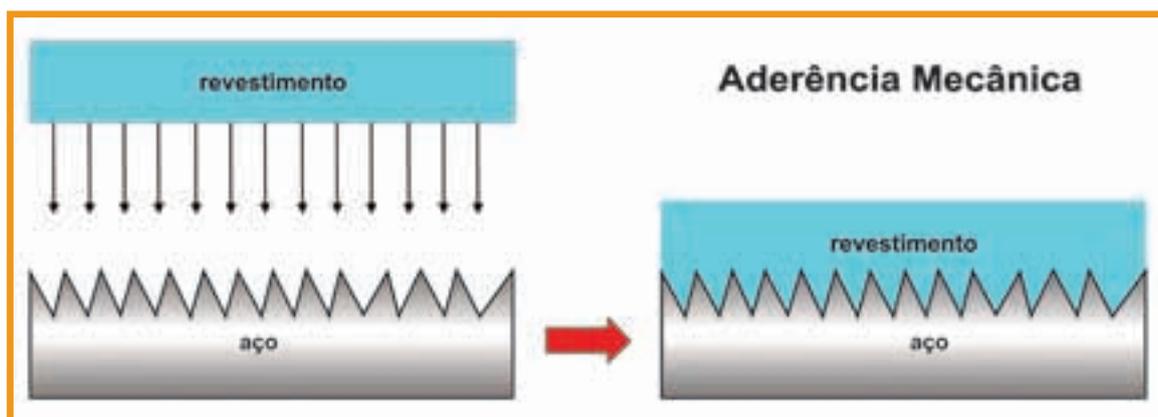


Figura 1 – Representação esquemática da aderência mecânica de um revestimento ao substrato de aço



Figura 2 – Ilustração de aspectos superficiais de substratos de aço

zação do presente trabalho, está baseado na rugosidade superficial do substrato (Figura 1). Neste sentido, a limpeza das superfícies metálicas por meio de jateamento abrasivo é uma das formas mais eficientes para se obter boa aderência mecânica e química dos revestimentos aos substratos, principalmente metálicos. Pode-se dizer que a aderência mecânica se associa aos outros dois mecanismos de aderência. Além de propiciar excelentes condições para a aderência mecânica, a limpeza por meio de jateamento abrasivo contribui para aumentar a área superficial do substrato, o que aumenta o número de locais para o estabelecimento de ligações polares^{3,4}. Logo, a associação destes dois tipos de aderência é extremamente benéfica para a durabilidade dos revestimentos por pintura. Uma superfície de aço polida (ver ilustração B da Figura 2), ainda que totalmente limpa, pode não propiciar boas condições de aderência para determinados esquemas de pintura. A condição ideal é aquela em que a superfície encontra-se isenta de contaminantes e com rugosidade adequada, conforme ilustração C da Figura 2.

Vale ainda ressaltar que, além da preparação da superfície, as propriedades físico-químicas das tintas, especialmente com relação às resinas e aditivos utilizados em sua fabricação, podem melhorar, de forma significativa, a aderência das mesmas aos substratos. Neste sentido, sabe-se que as resinas com maior número de grupos polares tendem a melhorar a aderência das tintas, assim como o uso de aditivos denominados promotores de aderência como, por exemplo, os silanos^{3,4}. Portanto, os químicos das empresas ao desenvolverem novas fórmulas de tintas estão sempre atentos a estes detalhes importantes para que os produtos propiciem a aderência desejada aos diferentes tipos de substrato.

Com base no que foi apresentado, é possível observar que o perfil de rugosidade é um fator importante para a aderência mecânica dos revestimentos. Ocorre que não existe uma regra básica para estabelecer a altura ideal do perfil em função da espessura dos revestimentos. O que existe são informações técnicas, muitas delas antigas, que preconizam determinados valores, independentemente do tipo e natureza química dos revestimentos. Como

descrito anteriormente, a tecnologia de tintas evoluiu muito nos últimos anos, especialmente no que diz respeito ao teor de sólidos e à espessura por demão. Entretanto, os requisitos com relação ao perfil de rugosidade mudou pouco e, mesmo assim, sem um critério bem estabelecido. No presente trabalho, apresenta-se um levantamento sobre as exigências atuais no Brasil com relação ao binômio espessura do revestimento x perfil de rugosidade. Os resultados deste levantamento mostram a necessidade de uma ampla discussão, com a participação de especialistas do setor, sobre este tema tão importante na durabilidade dos revestimentos anticorrosivos.

Rugosidade x Aderência

A altura do perfil de rugosidade tem uma influência substancial na aderência dos revestimentos aos diferentes tipos de substrato metálico, especialmente os de aço-carbono. Neste sentido, um conceito ainda muito utilizado é de que quando se aumenta a espessura do revestimento há que se aumentar o perfil de rugosidade, tal como ilustrado na Figura 3.

De certa forma, há quem associe o perfil de rugosidade ao alicerce de uma construção e, neste aspecto, a pergunta que se faz é a seguinte: você construiria um edifício de 15 andares sobre o alicerce de um sobrado? Observando a ilustração da Figura 4, a resposta é não, pois para um edifício alto o alicerce tem que ser mais profundo e melhor calculado para resistir ao peso maior e à carga de ventos, principalmente laterais.

Os fatos apresentados mostram como é importante o controle do perfil de rugosidade das superfícies metálicas. Conforme ilustrações da Figura 5, a rugosidade muito elevada pode resultar na presença de picos com espes-

TABELA II – RUGOSIDADE E ESPESSURA INFORMADAS NAS NORMAS N 2680⁶ E N 2912 III⁷, PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO DAS RESPECTIVAS TINTAS EM LABORATÓRIO

<i>Tinta</i>	<i>Função</i>	<i>Espessura média da película (µm)</i>	<i>Faixa de rugosidade (µm)</i>	<i>Proporção aproximada (**)</i>
N 2680	DF*	450	50 a 70	1/9 a 1/6,4
N 2912 III	DF*	800	50 a 100	1/16 a 1/8

DF*(dupla função): Pode ser aplicada diretamente sobre o substrato e atuar como tinta de fundo e acabamento.

(**) A proporção foi obtida dividindo-se a espessura média pelos dois valores da faixa de rugosidade.

sura de tinta muito baixa, ou até mesmo descobertos, o que se constitui num ponto vulnerável para o aparecimento prematuro de pontos de corrosão. Já uma rugosidade muito baixa pode prejudicar a aderência dos revestimentos aos substratos. Logo, a rugosidade ideal é aquela que propicia boas condições de aderência e boa cobertura aos picos do perfil de rugosidade.

Na norma ABNT NBR 7348:07⁵, versão corrigida em 2010, no item 6.2.2.1, há uma informação de que o valor médio do perfil de rugosidade deve estar compreendido entre 1/4 e 1/3 da espessura total do esquema de pintura. Assim, se um esquema de pintura possuir espessura total de 120 µm (duas demãos com 60 µm por demão), o perfil de rugosidade deverá estar compreendido entre 30 µm e 40 µm, conforme ilustrado na Figura 6.

Nessa norma há também duas notas que dizem:

- em caso de longo intervalo de tempo entre a primeira e a segunda demãos, em ambiente corrosivo, pode-se adotar um perfil de rugosidade de aproximadamente 2/3 da espessura da primeira demão;
- para esquemas de pintura de alta espessura (> 300 µm), o perfil de rugosidade deve ser estabelecido através de acordo entre as partes envolvidas no processo de pintura.

No item a seguir, serão mostrados os resultados de um levantamento feito a respeito do tema

em questão, tendo como base as informações contidas nos boletins técnicos de alguns produtos comerciais e em esquemas de pintura normalizados pela Petrobras.

Espessura versus Perfil

Observando-se as informações de fichas técnicas de produtos e itens de normas, constatou-se que a espessura das tintas e dos esquemas de pintura tem aumentado sistematicamente. Há cerca de 50 anos atrás a espessura máxima das tintas eram da ordem de 50 micrometros, depois vieram as tintas HB – *High Build*, cujas espessuras eram de 75 µm a 120 µm por demão. Em seguida, surgiram as tintas com, aproximadamente, 400 µm por demão e atualmente tem-se as tintas com 800 µm até 1250 µm por demão. Quanto ao perfil de rugosidade, o aumento foi feito mais na base do "sentimento" do que com base em algum critério técnico bem estabelecido, conforme poderá ser constatado nos exemplos a seguir.

Tintas comerciais e perfis de rugosidade exigidos

Na Tabela I, mostram-se os perfis de rugosidade exigidos por alguns fabricantes e/ou normas técnicas para a aplicação de diversos tipos de tinta epóxi.

Pelos resultados apresentados na Tabela I, observa-se que o critério de 1/4 a 1/3 da espessura do revestimento para se estabelecer a rugosidade do substrato não se enquadraram nos casos das

tintas epóxis mencionadas. Além disso, a diferença entre este critério e os valores de rugosidade indicados nas fichas técnicas dos produtos tende a ser maior com o aumento da espessura. Logo, é um ponto importante para ser discutido entre os profissionais da área de pintura anticorrosiva. Isto fica bem evidenciado no caso da tinta 5 (epóxi Novolac com flocos de vidro). Se o critério de 1/4 a 1/3 fosse utilizado, para a espessura de 875 µm, a rugosidade teria que estar compreendida entre 219 µm e 292 µm, que é totalmente diferente do valor especificado, 75 µm a 125 µm. Logo, isto reforça a necessidade de se debater o tema em questão.

Outro fato que chama a atenção diz respeito às faixas de rugosidade das tintas 3 (epóxi Novolac) e 4 (epóxi de secagem rápida). No primeiro caso, para a espessura de 325 µm, é exigida uma faixa de rugosidade de 50 µm a 100 µm. No segundo, para uma espessura de 500 µm, a rugosidade exigida é de 50 µm a 75 µm. De imediato, observa-se que há uma inversão nos valores de rugosidade em relação à espessura. Embora sejam tintas com características diferentes, as mesmas são de mesma natureza química. Logo, verifica-se que não há um critério bem estabelecido para definir a rugosidade da superfície em função da espessura do revestimento. Isto fica bem evidenciado pelas próprias faixas de rugosidade. No caso da tinta

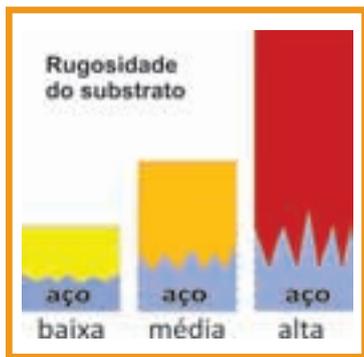


Figura 3 – Ilustração de um conceito utilizado com relação à espessura do revestimento x altura do perfil de rugosidade

3, a faixa é de 50 μm a 100 μm e no da tinta 4, de 50 μm a 75 μm . Em termos técnicos, pode-se dizer que a diferença entre as duas faixas de rugosidade é quase nenhuma, uma vez que o perfil de rugosidade exigido para a tinta 3 atende ao da tinta 4. Portanto, é outro ponto que merece ser debatido, ou seja, estabelecer de forma fundamentada os limites de rugosidade.

Tintas normalizadas pela Petrobras

A norma N 2680 ⁶ corresponde à tinta epóxi sem solventes tolerante a superfícies úmidas e a N 2912 III ⁷ à tinta epóxi Novolac com flocos de vidro. Para a realização dos ensaios de desem-

penho das tintas em laboratório, as chapas de aço-carbono, para confecção dos corpos-de-prova, têm que ser submetidas ao jateamento abrasivo. A faixa de rugosidade exigida e a espessura das tintas estão mostradas na Tabela II.

Tal como no caso anterior, observa-se que, o critério de se utilizar 1/4 a 1/3 da espessura do revestimento para definir a faixa ou perfil de rugosidade do substrato necessita ser discutido, principalmente para revestimentos de alta espessura. Na realidade, observa-se que as tintas, em função do avanço tecnológico, permitem a obtenção de altas espessuras por demão e, como consequência, os esquemas de pintura também se tornaram mais espessos e eficientes no combate à corrosão. Ocorre que o aumento de rugosidade foi pequeno em relação ao aumento de espessura dos revestimentos. Então, é preciso discutir este tema de forma profunda para que se possa elaborar as especificações de tintas e de esquemas de pintura com respaldo técnico bem fundamentado, mesmo que se chegue a conclusão de que os valores atuais são os mais corretos.

Tal como mencionado anteriormente em “Tintas comerciais e perfis de rugosidade exigidos”, a faixa de rugosidade é um tema

que precisa ser discutido. A norma N 2680 ⁶, para uma espessura média de 450 μm , exige uma faixa de rugosidade entre 50 μm e 70 μm , enquanto que a N 2912 III ⁷, para uma espessura média de 800 μm , uma faixa de rugosidade entre 50 μm a 100 μm . Numa análise bem simples dos valores mencionados, observa-se que a faixa mais ampla de rugosidade é da tinta de maior espessura, o que não está errado. Ocorre que, do ponto de vista técnico, a diferença entre as duas faixas é quase nenhuma. Tal como no caso anterior, todos os valores da faixa de rugosidade da tinta N 2680 atendem aos da norma N 2912 III ⁷. A única diferença é que a N 2912 III ⁷ possui o limite máximo de rugosidade ligeiramente maior que o da N 2680. Como se pode constatar, o perfil de rugosidade de um revestimento com 450 μm atende ao de um revestimento com 800 μm . Isto é um ponto importante para ser debatido no sentido de se estabelecer as faixas de rugosidade ideais em função da espessura e das características físico-químicas dos revestimentos.

Condições de esquemas de pintura e rugosidade

Na Tabela III, mostram-se diversas condições de esquemas de pintura especificados na norma Petrobras N 2913 ⁸, a cerca de revestimentos anticorrosivos para tanque, esfera e cilindro de armazenamento, bem como os perfis de rugosidade exigidos.

Como pode ser observado, também aqui o conceito de 1/4 a 1/3 da espessura do esquema de pintura, para se estabelecer o perfil de rugosidade, não se enquadrava, especialmente no caso dos esquemas de alta espessura como, por exemplo, os das condições 1 a 6. Portanto, isto reforça a necessidade de um amplo debate sobre o assunto, apesar da norma ABNT NBR 7348 ⁵ reco-



Figura 4 – Ilustração comparativa de um alicerce de sobrado para um edifício de 15 andares

TABELA III – ESPESSURA DE ESQUEMAS DE PINTURA E RUGOSIDADE DO SUBSTRATO PREVISTAS NA NORMA PETROBRAS N 2913 ⁸

<i>Finalidade</i>	<i>Condição</i>	<i>Espessura total do esquema (µm)</i>	<i>Perfil de rugosidade (µm)</i>	<i>Proporção aproximada</i>	<i>Proporção 1/4 a 1/3 (µm)</i>
Revestimento interno de tanques	1	450	70 a 100	1/6 a 1/4	112 a 150
	2	450	70 a 100	1/6 a 1/4	112 a 150
	3	500	70 a 100	1/7 a 1/5	125 a 166
	4	450	70 a 100	1/6 a 1/4	112 a 150
	5	500	70 a 100	1/7 a 1/5	125 a 166
	6	800	70 a 100	1/11 a 1/8	200 a 266
Revestimento externo de tanques	7	190	70 a 100	1/3 a 1/2	47 a 63
	8	120	70 a 100	1/2 a 1/1,2	30 a 40
	9	150	70 a 100	1/2 a 1/1,5	37 a 50
	10	Costado: 175 Teto: 350 Teto c/ isol.: 300	70 a 100	1/2,5 a 1/1,7 1/5 a 1/3,5 1/4,3 a 1/3	44 a 58 88 a 117 75 a 100
Revestimento interno de esferas e cilindros	11	400	70 a 100	1/6 a 1/4	100 a 133
	12	400	70 a 100	1/6 a 1/4	100 a 133
Revestimento externo (equip. sem isolamento térmico)	13	170	70 a 100	1/2 a 1/1,7	42 a 57
	14	155	70 a 100	1/2,2 a 1/1,5	39 a 52
Revestimento externo (equip. com isolamento térmico)	15	200	70 a 100	1/3 a 1/2	50 a 67
	16	150	70 a 100	1/2 a 1/1,5	37 a 50
	17	200	70 a 100	1/3 a 1/2	50 a 67
	18	30	70 a 100	(*)	(*)
	19	200	70 a 100	1/3 a 1/2	50 a 67

(*) Por se tratar de uma condição que difere totalmente das demais, pois o revestimento é decorrente da aplicação de duas demãos de tinta indicadora de temperatura, que possui características muito específicas, as informações não serão analisadas.

mendar que, acima de 300 µm de espessura, o perfil de rugosidade seja acordado previamente entre as partes envolvidas na aplicação dos esquemas de pintura.

Outro aspecto que chama a atenção para um debate, tal como mencionado em itens anteriores, é a utilização da mesma faixa de rugosidade para esquemas de pintura com espessuras muito dife-

rentes como, por exemplo, no caso das condições 6 (espessura de 800 µm), 7 (espessura de 190 µm) e 13 (espessura de 170 µm). Do ponto de vista técnico, os esquemas das duas últimas condições não são afetados em termos de proteção anticorrosiva, uma vez que os medidores de espessura que atuam pelo princípio de indução magnética, me-

dem a espessura do revestimento acima dos picos. Com isso, teoricamente, não há risco dos picos mais altos ficarem com menor espessura de revestimento.

Porém, há que se ter em mente que um perfil muito elevado pode ocasionar um consumo adicional de tinta de fundo e com isso aumentar o custo da pintura. Utilizando-se metodologia de cál-



Figura 5 – Comparação entre perfis de rugosidade

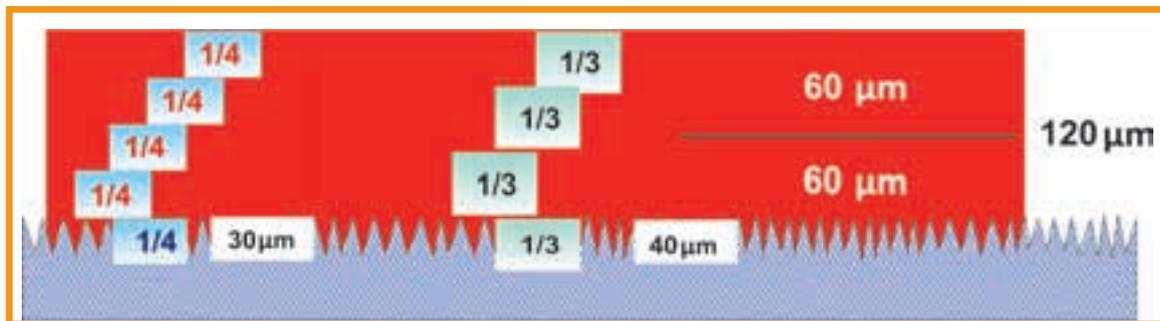


Figura 6 – Perfis de rugosidade para atender ao requisito de 1/4 a 1/3 da espessura total do esquema de pintura (120 µm), previsto na ABNT NBR 7348⁵

culo de rendimento prático de tintas publicado pelo GCOI (Eletrobras)⁹, um perfil de rugosidade médio de 85 µm pode ocasionar um consumo adicional de tinta de fundo da ordem de 12 %, em relação a um perfil médio de 45 µm. Portanto, é uma diferença que não pode ser desprezada.

Considerações finais

Com a apresentação deste trabalho não se pretende de forma alguma fazer quaisquer críticas às recomendações dos fabricantes de revestimentos e nem às especificações das empresas. O objetivo é mostrar a necessidade de se debater um tema importante que é o binômio espessura do revestimento x perfil de rugosidade do substrato. Nos últimos anos, como comentado ao longo deste trabalho, os avanços tecnológicos no setor de tintas anticorrosivas no Brasil foram marcantes, especialmente impulsionados pela Petrobras, através de seu Centro de Pesquisas (CENPES). Neste aspecto, as tintas modernas são mais aderentes, mais coesas, mais impermeáveis, de menor impacto ambiental e permitem a obtenção de altas espessuras por demão. Por isso, pode-se especificar e aplicar esquemas de pintura com altas espessuras (até 1250 µm) e com menor número de demãos.

Diante do que foi apresentado, observa-se que as espessuras dos revestimentos aumentaram enquanto a rugosidade, pratica-

mente, se manteve em valores próximos dos convencionais de alguns anos atrás. As faixas de rugosidade sofreram poucas alterações. Na época em que a areia podia ser utilizada como abrasivo, o perfil de rugosidade exigido por algumas empresas era de 30 µm a 70 µm e, no caso da granalha de aço, 30 µm a 85 µm. Posteriormente, em função do surgimento de novas tecnologias de tintas, o perfil passou a ser de 40 µm a 85 µm, depois de 50 µm a 100 µm e atualmente, em certos esquemas de pintura, de 70 µm a 100 µm. É importante destacar que estes dados são específicos da Petrobras em função dos esquemas utilizados pela empresa e, portanto, não podem ser utilizados de forma indiscriminada.

Além dos fatos mencionados, há certos valores de rugosidade que geram algumas dúvidas, como, por exemplo, o esquema de pintura da condição 6 da Tabela 3, cuja espessura do revestimento é de 800 µm e o perfil de rugosidade exigido é de 50 µm a 100 µm. O esquema de pintura 7, cuja espessura é de 190 µm, o perfil exigido é o mesmo, ou seja, 50 µm a 100 µm. Será que para 190 µm de espessura necessita-se de um perfil alto, igual ao do revestimento com 800 µm? Como se sabe, o perfil alto gera um maior consumo de tinta e isto significa gasto de dinheiro. Ou então, será que o perfil estabelecido é suficiente para um revestimento de 800 µm? Estas e outras

questões necessitam ser debatidas, como, por exemplo:

- Quais são os fatores que devem nortear a seleção do perfil de rugosidade?
- Qual a influência das propriedades físico-químicas da tinta de fundo na seleção do perfil de rugosidade?
- Como estabelecer o perfil de rugosidade baseado numa faixa de valores mínimo e máximo, ou, fixando apenas o valor mínimo?

Portanto, um debate neste sentido certamente traria uma contribuição muito importante para todos os órgãos e profissionais envolvidos com a proteção anticorrosiva, por meio de revestimentos orgânicos, no Brasil. Além de gerar critérios técnicos para se estabelecer o perfil de rugosidade, permitiria obter dados para a seleção de abrasivos e da granulometria mais adequada para se atingir os valores desejados de rugosidade.

Conclusões

Baseado nos resultados apresentados, na discussão dos mesmos e considerando a importância da rugosidade do substrato na aderência dos revestimentos anticorrosivos, pode-se concluir que:

- a. Em função das novas tecnologias de tintas que surgiram nos últimos anos, é importante a realização de debates, com a participação de empresas e profissionais envolvidos com a pintura anticorrosiva, no senti-

do de se estabelecer os parâmetros ou critérios que devem nortear a seleção do perfil de rugosidade do substrato em relação à espessura dos revestimentos.

- b. A realização de debates sobre o tema em questão pode trazer uma série de benefícios técnicos e econômicos para as empresas, bem como melhorar a capacitação técnica dos profissionais, pois o assunto faz parte do programa dos cursos de Formação de Inspetores de Pintura da ABRACO.
- c. O critério de se utilizar 1/4 a 1/3 da espessura da espessura do revestimento para se estabelecer o perfil de rugosidade, em função do que foi mostrado neste trabalho, precisa ser amplamente discutido, principalmente para revestimentos com espessuras elevadas.

Referências Bibliográficas

1. SSPC 91-07, *Effect of surface contaminants on coatings life*, SSPC, 134 p. (1991).
2. F. L. Fragata, M. J. Saad, C. C. Amorim, *Desenho de esquemas de pintura aplicados em superfícies ferrosas com mesmo grau de limpeza visual, porém com diferentes concentrações de contaminantes salinos*, LATINCORR 2006, ABRACO/AICOP/NACE, Fortaleza (2006).
3. V. Gentil, *Corrosão*, LTC editora, 5ª edição, Rio de Janeiro (2007).
4. C. Munger, *Corrosion prevention by protective coatings*, NACE, Houston (1984).
5. ABNT NBR 7348:2007, versão corrigida em 2010, *Pintura Industrial - Preparação de superfície com jato abrasivo e hidrojateamento*.
6. Petrobras N 2680, *Tinta epóxi sem solvente, tolerante a superfícies molhadas*, Rio de Janeiro, Abril (2011).
7. Petrobras N 2912, *Tinta epóxi "Novolac"*, Rio de Janeiro, Agosto (2010).

8. Petrobras N 2913 Rev.A, *Revestimentos anticorrosivos para tanque, esfera e cilindro de armazenamento*, Rio de Janeiro, Agosto (2011).
9. SCM-053, *Crerios para a determinação do rendimento de tintas*, Eletrobras – GCOI, Subcomitê de Manutenção, Rio de Janeiro, maio (1987).

Fernando de Loureiro Fragata

Engenheiro químico pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Pesquisador da área de corrosão da Eletrobras-Cepel de 1979 a 2013. Atual instrutor do curso de inspetores de pintura – ABRACO/PETROBRAS

Celso Gnecco

Engenheiro Químico pela Escola Superior de Química Oswaldo Cruz. Gerente de Treinamento Técnico da Sherwin-Williams. Professor da ABRACO, ABRAFATI e ABENDI. Contatos: fragata200@gmail.com e celso@tintassumare.com.br

Referência em Pintura, Montagem e Manutenção Industrial



A **BLASPINT** é uma empresa especializada em serviços de manutenção e pintura em refinarias e terminais de petróleo, com destaque para as unidades pertencentes à Petrobras e suas subsidiárias.

A empresa se destaca na fabricação, montagem e manutenção de tanques, esferas e tubulações, com atividades de hidrojateamento, jateamento, pintura e caldeiraria.

Na busca pela melhoria contínua do desempenho, a **BLASPINT** implantou o Sistema Integrado de Gestão para seguir diretrizes de qualidade, segurança, cuidados ambientais e saúde do trabalhador, recebendo assim o título de empresa certificada.



WWW.BLASPINT.COM.BR

BLASPINT
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampes - SP | CEP 12246-006

Av. Alfredo Ipiranga Nogueira Pinheiro, 255 | s/nº 1713, Ed. Le Clézioque, It. Aquatino
Tel.: (11) 2111-2535 | sjcampes@blaspin.com.br

Caçapava - SP | CEP 12283-810

Rod. João da Romaria Siqueira, 1301
Telefax: (11) 3634-4040 | caçapava@blaspin.com.br

Sensores de *monitoramento* do risco de corrosão nas estruturas de concreto atmosféricas

Sensors for monitoring the risk of corrosion in atmospheric concrete structures



Por Adriana de Araújo

Co-autora:
Zebbour
Panossian

Resumo

Atualmente, os sensores são um instrumento valioso para o monitoramento das estruturas de concreto. Dentre as possíveis finalidades dos sensores, destaca-se o seu embutimento no concreto para a avaliação do risco de corrosão das armaduras. Sabendo-se esse risco, medidas de prevenção ou de controle da corrosão em curso podem ser definidas corretamente e realizados em período programado. Neste artigo, diferentes tipos de sensores de permanente aquisição de dados são apresentados.

Abstract

Currently, sensors are valuable instrument for monitoring of concrete structures. Among the possible purposes of the sensors, the evaluation of the risk of reinforcement corrosion is one of the most important. Knowing this risk, the prevention or the control of a corrosion process in progress can be properly defined and be performed in a scheduled period. In this article, different types of sensors for permanent acquisition data are presented.

Introdução

O monitoramento das estruturas de concreto armado possibilita que o risco de corrosão seja estimado ao longo dos anos de sua utilização. Com o conhecimento desse risco, intervenções de prevenção da corrosão ou de controle da corrosão já estabelecida podem ser programadas e realizadas em períodos adequados. Isso reflete positivamente na

vida útil e nos custos totais da construção, além de acarretar no aumento do período de conservação do seu aspecto estético original¹⁻³.

Na prática, o risco de corrosão é avaliado por meio da verificação periódica do estado da armadura e das alterações nas propriedades do concreto. Isso pode ser feito por meio do embutimento no concreto de cobrimento de sensores de aquisição contínua de dados. Esses sensores têm denominação variável, sendo muitas vezes chamados de acordo com a sua geometria ou com o parâmetro a ser monitorado.

Segundo Goltermann, Jensen e Andersen⁴, os sensores de monitoramento permanente são uma ferramenta valiosa, pois permitem o melhor conhecimento dos mecanismos de deterioração das estruturas de concreto. No caso da corrosão, segundo estudos teóricos de Schiegg e Steiner⁵, esta é detectada pelos sensores quando 5 % da estrutura esta deteriorada, enquanto que, em inspeções tradicionais, essa porcentagem seria de 25 %.

Outras vantagens do uso de sensores são as seguintes^{4,6-7}:

- maior conhecimento do comportamento da estrutura ao longo dos anos, podendo os dados obtidos serem usados em modelos matemáticos bastante seguros para a previsão de vida útil da estrutura;
- otimização e melhor planejamento das intervenções de inspeção e de reparo da estrutura, incluindo interrupções de tráfego e instalações de infraestruturas

de apoio e de retirada de testemunhos em componentes da estrutura. A redução dos custos é estimada entre 10 % e 20 % por Bässler *et al.*⁷ e entre 25 % e 40 % por Goltermann, Jensen e Andersen⁴;

- avaliação de diferentes cenários, por exemplo, mudança do sistema de tratamento superficial, troca de material ou interrupção da proteção catódica.

Os sensores são usados para o monitoramento do risco de corrosão tanto em estruturas novas como em estruturas existentes. Em estruturas novas, os sensores são posicionados sobre as armaduras antes da concretagem. Em estruturas existentes, são introduzidos em furos realizados ao longo da espessura do concreto de cobrimento da armadura. Segundo Raupach, Gulikers e Reichling⁸, os sensores são especialmente adequados para monitorar estruturas existentes em que um estado crítico de deterioração pode ser atingido em tempo relativamente curto. Nessas estruturas, os sensores, além de monitorar o risco de corrosão, podem fornecer a taxa de corrosão e podem permitir a verificação da eficiência/durabilidade de reparos.

O monitoramento do risco de corrosão pode ser feito em estruturas atmosféricas, enterradas ou submersas, sendo mais frequente em estruturas atmosféricas. Nessas estruturas, os sensores são embutidos em diferentes componentes, especialmente naqueles expostos a uma forte agressividade ambiental. Nota-se que,

tanto as características da estrutura como as condições agressivas às quais a mesma está exposta são fatores importantes na seleção do tipo de sensor e na metodologia da análise dos dados obtidos. Como exemplo, cita-se o estudo de Polder, Peelen e Leegwater⁹ que observaram que nem todos os parâmetros usualmente monitorados por sensores embutidos em estruturas atmosféricas são significativos para avaliar o risco de corrosão de armaduras de paredes de túneis.

Nos sensores, os dados podem ser obtidos por meio de leituras feitas manualmente ou por meio de sistema eletrônico. No primeiro caso, as leituras são feitas em campo, diretamente nos sensores cujos terminais são conectados a um painel individual ou a um painel central. No segundo caso, as leituras são feitas automaticamente e armazenadas eletronicamente (*software* e *hardware*), tendo-se um gerenciamento contínuo dos dados. As leituras podem ainda ser disponibilizadas por meio de sistema de transmissão remota de dados, o que permite o monitoramento da estrutura em tempo real.

Nota-se que, atualmente, a implantação de sistemas eletrônicos apresenta custo bem superior ao uso de sensores com leituras manuais. No entanto, os custos de automação devem diminuir decorrente do crescente desenvolvimento de equipamentos eletrônicos⁸. Isso deve também resultar em disponibilidade no mercado internacional de sensores cada vez mais eficientes e duráveis.

Sensores galvânicos

A maioria dos sensores disponíveis no mercado internacional para avaliação do risco da corrosão em estruturas de concreto fundamenta-se no monitoramento da variação da corrente galvânica. A corrente galvânica

aparece quando, em um mesmo meio condutivo, se faz o contato elétrico entre dois metais distintos ou entre dois metais similares, porém em estados distintos (estado ativo ou passivo) decorrente das alterações do meio junto a um dos metais¹⁰. Para essa medição, usa-se um amperímetro de resistência zero, conhecida como técnica ZRA (*Zero-Resistance Ammeter*).

Usualmente, a medição da corrente galvânica em estruturas de concreto é feita pelo contato elétrico entre uma barra de aço-carbono do sensor e/ou da armadura com outra barra de metal mais nobre que apresenta potencial eletroquímico estável em concreto (estado passivo). Na ausência de barra de metal mais nobre, a medição pode ser feita entre o sensor e a armadura (em estado passivo).

Na prática, para a avaliação do risco de corrosão nas estruturas de concreto, os sensores galvânicos constam de um conjunto de barras de aço-carbono, eletricamente isoladas. Com o embutimento do sensor no concreto, essas barras ficam posicionadas em diferentes profundidades, sempre menores do que a da armadura. Esse conjunto de barras do sensor é também denominado de anodo.

Na proximidade do anodo, é embutida a mencionada barra de metal mais nobre, denominada de catodo. Em geral, como catodo utilizam-se aços inoxidáveis altamente resistentes à corrosão aos íons cloreto ou titânio revestido com platina ou com mistura de óxidos de metais nobres (MMO).

A corrente galvânica é medida entre cada barra de aço-carbono do anodo e o catodo. Em concreto íntegro, essa corrente é desprezível, ou seja, muito baixa. Isso porque, as barras de aço-carbono estão em estado passivo, portanto, apresentando uma di-

ferença de potencial desprezível em relação ao catodo também passivo. O mesmo não ocorre quando um processo corrosivo é estabelecido nas barras. Nesse caso, a corrente galvânica apresenta um valor significativo em decorrência da variação do potencial do anodo que assume valores mais negativos em relação ao obtidos inicialmente, em seu estado passivo.

O processo corrosivo nas barras do anodo do sensor ocorre gradativamente, conforme o avanço da frente de agentes agressivos no concreto de cobertura. Sendo assim, a corrente galvânica aumenta no sentido da barra que foi embutida mais próxima à superfície do concreto para a barra embutida em maior profundidade. Esse avanço de agentes é devido, geralmente, ao ingresso do dióxido de carbono que diminui o pH da solução de poros (carbonatação) ou ao ingresso de íons cloretos em teores críticos.

Nota-se que não há uma faixa fixa de valores de corrente galvânica que caracterizam o estado ativo das barras de aço-carbono do anodo. Isso porque, tem-se uma variedade de interferências na corrente circundante, como a área dos eletrodos, a qualidade do concreto e o teor de íons cloreto no concreto¹¹. Assim sendo, não é o valor absoluto da corrente que deve ser considerado, mas sim a variação de seus valores ao longo do tempo. Cabe mencionar que, fabricantes de sensores galvânicos disponibilizam equipamentos para a medição da corrente e que também podem indicar valores limites para o estado ativo ou passivo de corrosão, sendo isso possível devido a estudos realizados em laboratório e em campo.

Usualmente, recomenda-se que a leitura da corrente galvânica seja feita poucos segundos após o estabelecimento do con-

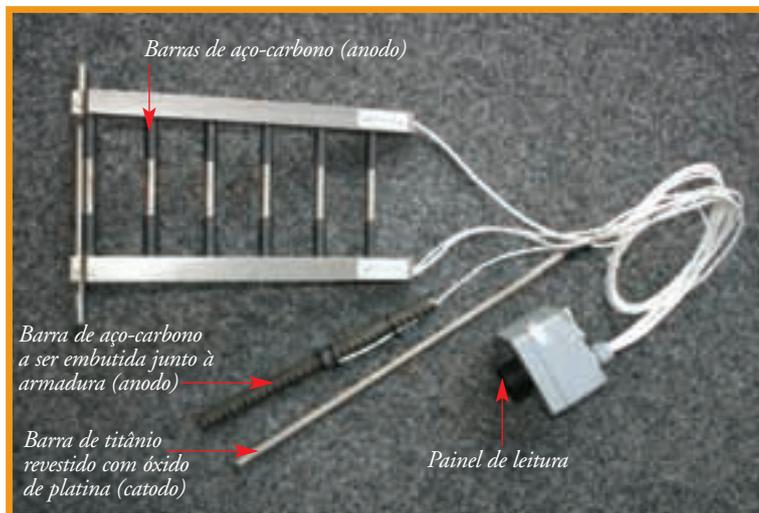


Figura 1 – Sensor escada (Anode Ladder). Fonte: Sensortec

tato elétrico entre o anodo e o catodo. Isso porque, essa corrente não é estável ao longo do tempo de medição⁹.

Outra fator a ser considerado é a distância entre o anodo e o catodo. Normalmente, o catodo é instalado próximo do anodo, em região de concreto aerado, em que há livre acesso do oxigênio. No caso do concreto da região estar sujeito à saturação por longos períodos (como em componentes submersos e expostos à variação de maré), em que já há naturalmente restrição do acesso de oxigênio, a distância entre o anodo e o catodo deve ser maior, visto que há consumo de

parte do oxigênio pelo catodo. No caso de concretos de baixa resistividade elétrica, a distância entre o anodo e o catodo pode chegar a alguns metros¹.

Nota-se que a resistividade elétrica é um parâmetro importante a ser considerado na avaliação do risco de corrosão. A resistividade elétrica é função da umidade do concreto e do conteúdo do eletrólito. Tradicionalmente a resistividade elétrica do concreto é determinada pela técnica de quatro pinos (*Wenner four electrode*)¹². Com pequenas modificações nos sensores galvânicos, pode ser determinada a resistividade elétrica do concreto. Es-

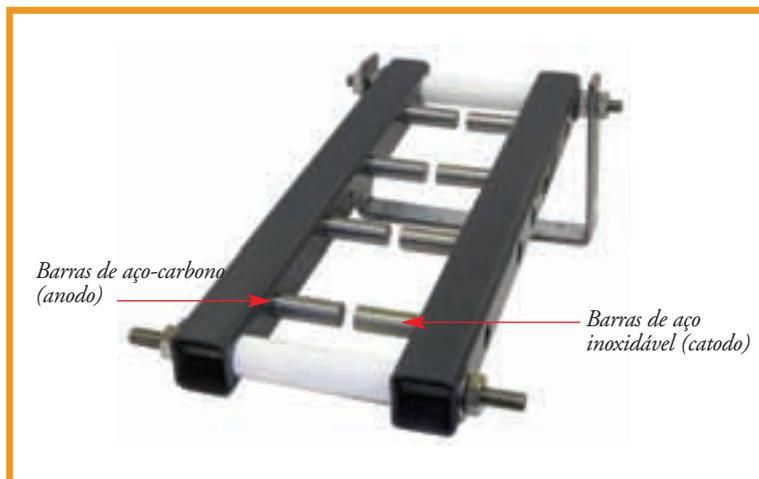


Figura 2 – Sensor 900 (Concrete Multi-depth Sensor, Model 900). Fonte: Aselco (representante no Brasil da Rohrbach Cosasco Systems)

sa determinação é feita entre pares de barras de anodo e com o uso de um ohmímetro alimentado com corrente alternada. A resistividade também pode ser obtida com sensores de umidade, como o descrito mais adiante.

Também com pequenas modificações nos sensores galvânicos, pode-se determinar o potencial de circuito aberto e a taxa instantânea de corrosão das barras do anodo do sensor e da armadura e, ainda, a temperatura do concreto. O potencial de circuito aberto das barras do anodo é medido com o uso de um voltímetro de alta impedância e um eletrodo de referência ou um pseudoeletrodo de referência. A taxa de corrosão instantânea pode ser determinada pela técnica de polarização linear, sendo para tanto necessário o uso de um potenciostato. E finalmente, com o acoplamento no sensor de temperatura, pode-se obter a temperatura do concreto. Cita-se que a determinação da taxa instantânea de corrosão é abordada mais adiante (sensor de taxa instantânea de corrosão).

Usualmente, a avaliação do risco de corrosão é feita com a determinação da corrente galvânica e do potencial de circuito aberto. Segundo Vennesland, Raupach e Andrade¹³, um aumento da corrente galvânica acompanhado por uma diminuição do potencial de circuito aberto indica claramente que um nível crítico de íons cloreto foi atingido ou que a frente de carbonatação alcançou as barras do anodo do sensor.

Para a determinação do potencial de circuito aberto das barras do sensor, os seguintes eletrodos podem ser usados:

- eletrodo de referência: eletrodo que apresenta potencial conhecido em relação ao eletrodo de hidrogênio, sendo o valor reprodutível e estável ao longo do tempo, dentre outras caracte-

terísticas ¹⁴. Também pode ser chamado de eletrodo de referência padrão ou verdadeiro (*true reference electrode*). Há diferentes tipos de eletrodo de referência, citam-se o eletrodo de prata/cloreto de prata – Ag/AgCl e o eletrodo manganês/óxido de manganês – Mn/MnO₂ que são usados embutidos no concreto (eletrodos permanentes) e o eletrodo de cobre sulfato de cobre usado posicionado sobre a superfície do concreto. Geralmente, dá-se preferência aos eletrodos embutidos que ficam posicionados próximos do anodo. Essa proximidade diminui a interferência da resistência do meio (queda ôhmica) na medição;

- pseudoeletrodo de referência: eletrodo que não apresenta as mesmas características do eletrodo de referência ¹⁴. Usualmente, não mantém potencial estável, mas sua variação é previsível em condições conhecidas. Dentre tais condições, esse é mais usado nos meios aerados, em que os potenciais do eletrodo são mais estáveis ao longo do tempo. O catodo do sensor, que é uma barra de aço inoxidável ou de titânio revestido com platina ou revestido com mistura de óxidos metálicos – MMO, é o pseudoeletrodo mais usado. Outra opção é a própria armadura ou uma barra de aço-carbono embutida na proximidade da armadura, desde que no estado passivo.

A avaliação do risco de corrosão da armadura com pseudoeletrodo de referência é feita pelo monitoramento da variação dos valores de potencial de circuito aberto em cada uma das barras do anodo e, também, entre elas. Cita-se que fabricantes dos sensores disponibilizam equipamentos para a medição do potencial e dos outros parâmetros mencionados.

No caso do uso de eletrodo



Figura 3 – Sensor de anéis expansivos (*Expansion Ring Anode*).

Fonte: *Sensortec*

de referência padrão, a avaliação do risco é feita tanto pela análise dos valores absolutos de potencial de circuito aberto como pela análise da sua variação ao longo do tempo. A análise dos valores absolutos é feita em relação a valores normalizados ¹⁵ que indicam a probabilidade de ocorrência de corrosão.

Uma revisão bibliográfica mostrou que há muitas pesquisas para desenvolvimento de sensores, no entanto, comercialmente, o número de fornecedores ainda pode ser considerado limitado. Alguns sensores disponíveis no mercado são os seguintes:

- sensor escada (*Anode Ladder*) e sensor de anéis expansivos (*Expansion Ring Anode*), ambos da empresa *Sensortec*;
- sensor de múltiplos eletrodos (*CorroWatch Multisensor*), da empresa *Force Technology*;
- sensor 900 (*Concrete Multi-depth Sensor, Model 900*), da empresa *Rohrback Cosasco Systems*.

Além da corrente galvânica, o sensor escada e o sensor 900 podem ser usados para determinar todos os demais parâmetros mencionados anteriormente ¹⁶⁻¹⁷. O sensor de anéis expansivos pode ser usado para determinar os três primeiros parâmetros

mencionados ¹⁸. O sensor de múltiplos eletrodos determina o potencial de circuito aberto das barras do anodo com o uso do eletrodo de referência ERE20 (Mn/MnO₂) embutido na sua proximidade, e a temperatura do concreto por meio de eletrodo específico embutido na base do sensor ¹⁹.

No sensor escada e no sensor 900, as barras de aço-carbono constituintes do anodo são retas e estão posicionadas em paralelo. No sensor de anéis expansivos, em vez de barras são usados anéis que estão posicionados uns sobre os outros. No sensor de múltiplos eletrodos, as barras do anodo são retas e estão posicionadas em altura e ângulos diferentes em relação a uma base circular. Esses sensores podem ser visualizados nas Figuras 1 a 3.

No sensor escada e no sensor de anéis expansivos, uma barra de titânio ativado (revestido com MMO) é usada como catodo, sendo esta posicionada na proximidade das barras de anodo quando da instalação do sensor. No sensor 900, o catodo são barras de aço inoxidável, as quais estão posicionadas no mesmo alinhamento das barras do anodo como mostra a Figura 2. No sensor de múltiplos eletrodos, uma tela de titânio ati-



Figura 4 – Sensor escada (Anode Ladder) sobre a armadura, em posição inclinada. Fonte: Sensortec

vado, fixada na base de apoio das barras do anodo, é usada como catodo.

Os sensores escada, de múltiplos eletrodos e o sensor 900 foram desenvolvidos para o monitoramento do risco de corrosão em construções novas, como túneis, pontes, píeres, fundações e outros tipos de construções. O sensor de anéis expansivos foi desenvolvido para uso em construções existentes, o que inclui aquelas em período de recuperação estrutural¹¹.

O sensor escada e o sensor 900 são instalados em posição inclinada sobre a armadura. O grau dessa inclinação é variável, sendo definida conforme a espessura do concreto de cobertura. A Figura 4 ilustra a instalação do sensor escada.

Quanto à instalação do sensor de anéis expansivos, este é embutido no concreto por meio de furo na camada de cobertura da armadura. Na proximidade desse furo, outro é realizado para o embutimento do catodo. Para o perfeito contato da superfície exposta dos anéis de anodo do sensor com a da parede do furo, estes anéis são expandidos com o

uso de um equipamento manual de torção. Essa expansão e a presença de anéis de vedação evitam a penetração de água pela parede do furo. Devido à possibilidade de penetração de água nessa parede, não se recomenda o uso do sensor na condição de imersão ou em situações de acúmulo de água sobre superfícies horizontais (poça de água)¹⁸.

Nota-se que, para evitar a corrosão das barras de aço-carbono do anodo dos sensores apresentados para uso em obras novas, a sua instalação deve ser feita momentos antes do lançamento do concreto. Além disso, as barras do anodo e o catodo dos sensores apresentados devem estar isolados eletricamente da armadura.

No passado, os sensores eram desenvolvidos para que as leituras fossem feitas manualmente, com uso de equipamentos portáteis. No entanto, atualmente esses são providos de sistemas eletrônicos de leituras, como por exemplo, o sensor escada e o sensor de anéis expansivos²⁰. Segundo Nygaard e Klinghoffer²¹, o mesmo foi feito para o sensor de múltiplos eletrodos que dispõe também de ferramentas para a transferência de dados.

Finalmente, cabe mencionar que é esperada degradação prematura do concreto de cobertura no local de embutimento do sensor galvânico. Isso é válido para aqueles em que barras de aço-carbono do anodo são posicionadas em baixa profundidade no concreto de cobertura. Com a evolução da corrosão dessas barras, há perigo de fissuração e deslocamento do concreto. Para evitar que a intensificação da corrosão das barras superficiais resulte na degradação do concreto, sistemas de proteção catódica podem ser usados. Essa proteção é feita com a instalação de bateria ex-

terna conectada às referidas barras²².

Sensor de umidade

O início da corrosão da armadura é influenciado significativamente pela umidade do concreto, pois a umidade pode retardar o ingresso de dióxido de carbono, mas é pré-requisito para a penetração de íons cloreto²³. O avanço da frente de carbonatação é maior em concreto com umidade em torno de 50 % e, a penetração de íons cloreto é maior, basicamente, quanto maior a exposição do concreto à água salina.

A umidade também influencia a taxa de corrosão da armadura, sendo esta insignificante na condição de umidade muito baixa ou muito alta (concreto saturado com água) e, bastante significativa em valores médios de umidade²³. Em períodos longos de monitoramento da umidade, obtêm-se informações importantes dos valores máximos da taxa de corrosão em relação ao tempo decorrido⁸.

A Figura 5 apresenta um sensor de umidade, denominado de sensor de múltiplos anéis (*Multiring Electrode*). Pela figura, pode-se observar que esse sensor é constituído de anéis de aço inoxidável sobrepostos, tendo entre eles, outros anéis de isolamento elétrico e de vedação. Segundo estudos Bässler *et al.* (2003), esse sensor monitora as variações de umidade do concreto, possibilitando a obtenção do perfil de umidade do concreto. Isso pode ser feita até em torno 45 mm de profundidade do concreto de cobertura²⁴.

Com o conhecimento do perfil de umidade, pode-se avaliar a eficiência de sistema de proteção superficial do concreto contra o ingresso da água, além do risco de corrosão. Desse modo, o sensor é usado em construções novas ou existentes, incluindo aquelas em reparo^{2, 14, 20}.

EQUAÇÃO DE STERN GEARY

$$i_{\text{corr}} = \frac{1}{R_p} \frac{b_a \cdot b_c}{2,303(b_a + b_c)} \frac{B}{R_p}$$

i_{corr} = taxa de corrosão ou densidade de corrente de corrosão, em $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

B = constante empírica, obtida a partir da constante anódica (b_a) e

catódica (b_c) de Tafel, em mV.

R_p = coeficiente angular obtido em trecho reto da curva potencial em função da corrente, em $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$

O perfil de umidade é obtido a partir da determinação da resistência ôhmica entre pares de anéis metálicos adjacentes do sensor. Para isto, convertem-se os valores da resistência de cada par em resistividade elétrica usando a constante da célula. Por meio de curvas de calibração, é possível a conversão dos valores de resistividade elétrica em umidade. Conhecendo as profundidades de embutimento dos anéis, obtém-se o perfil de umidade. Como a temperatura do concreto afeta a resistência medida, determina-se também a temperatura para a sua compensação. Para tanto, há um eletrodo de temperatura embutido no corpo do sensor^{8,24}.

Vale ressaltar que, os cálculos descritos para a obtenção da resistividade e da umidade do concreto a partir das medidas de resistência não são precisos. Com isso, os valores de umidade obtidos pelo sensor de múltiplos anéis devem ser analisados somente em função de suas variações ao longo do tempo, as quais refletem as propriedades do concreto¹⁴.

Sensores de taxa de corrosão instantânea

A taxa de corrosão instantânea é um parâmetro importante a ser monitorado nas estruturas de concreto expostas a um ambiente agressivo e que apresentam sua armadura despassivada. Quanto maior é a agressividade do ambiente,

maior deve ser a intensidade da corrosão dessa armadura e, conseqüentemente, mais rapidamente o concreto de seu revestimento se deteriorará, principalmente por fissuração seguida de deslocamento. Nota-se que o tempo estimado para que essa fissuração é bem menor do que o tempo de despassivação da armadura²⁵.

Em geral, a taxa de corrosão instantânea é estimada pela aplicação da técnica de polarização linear. Essa técnica é baseada no fato de que a curva de polarização de sistemas metal/meio apresenta um trecho linear na região do potencial de circuito aberto (baixas sobretensões). Nesse trecho, é determinada a resistência de polarização (R_p) que tem relação com a taxa de corrosão conforme a equação de Stern Geary²⁶ (veja o quadro acima).

Na prática, muitos autores adotam o valor de B de 26 mV para medições em campo. No caso do uso da armadura como eletrodo de trabalho, é feito o isolamento de um trecho próximo ao sensor ou a introdução de uma barra junto à armadura. Em ambos os casos, deve-se conhecer a área exposta do eletrodo de trabalho^{1,27}.

As medições em campo da taxa de corrosão podem ser feitas manual ou automaticamente, com o uso de equipamentos disponibilizados pelo fornecedor do sensor. Opção-



Figura 5 – Sensor de múltiplos anéis (Multiring electrode).

Fonte: Sorsotec

nalmente, as medições podem ser feitas manualmente com o uso de potenciostato portátil conectado a um *notebook*.

Além da avaliação da variação da taxa de corrosão instantânea ao longo do tempo, os valores absolutos obtidos podem ser analisados em relação a critérios estabelecidos por pesquisadores, como Andrade *et al.*²⁶. Recomenda-se que essas avaliações sejam feitas em conjunto com a análise das condições ambientais de exposição da estrutura e das características do concreto. Cita-se que a temperatura e a resistividade elétrica do concreto, a presença de anomalias na sua superfície bem como a incidência de águas pluviais interferem bastante na taxa de corrosão.

Além disso, segundo Raupach, Gulikers e Reichling⁸, a avaliação da taxa de corrosão também deve considerar o agente agressivo causador da corrosão, sendo que, o ingresso do dióxido de carbono (carbonatação) causa corrosão generalizada das armaduras, enquanto



Figura 6 – Sensor 800 (COR-RATER Probe, Model 800) posicionado sobre a armadura.
Fonte: Rohrbach Cosasco Systems

o ingresso de íons cloreto causa corrosão localizada das armaduras (formação de pites). Nesse último caso, a área dos pites (região com corrosão) é desconhecida, sendo este dado necessário para estimar a taxa de corrosão pela técnica de resistência de polarização. Em contraponto, na presença de íons a influência da queda ôhmica é menor decorrente da menor resistividade do concreto.

A técnica de polarização linear pode ser usada com três ou dois eletrodos. No primeiro caso, além do eletrodo de trabalho, é usado um eletrodo de referência e um contraeletrodo. No segundo caso, um dos eletrodos é o de trabalho e, o outro, funciona simultaneamente como contraeletrodo e eletrodo de referência²⁸. Cita-se que, nessa técnica, o uso de eletrodo de referência padrão ou pseudoeletrodo de referência é indiferente, pois a curva de polarização é resultante da sobretensão (diferença entre o potencial aplicado e o potencial de circuito aberto) em função da corrente.

Conforme mencionado anteriormente, alguns sensores galvânicos podem monitorar a

taxa de corrosão instantânea das barras do anodo e/ou da armadura (eletrodos de trabalho). No sensor escada e no sensor 900, podem-se usar três ou dois eletrodos. No caso de três eletrodos, usa-se uma barra do anodo do sensor como eletrodo de trabalho, uma barra adjacente a esta como contraeletrodo e o catodo do sensor como pseudoeletrodo de referência. No caso de dois eletrodos, usa-se um par de barras adjacentes do anodo do sensor, um como eletrodo de trabalho e outro como contraeletrodo e pseudoeletrodo de referência. Nota-se que nesse último caso, não é relevante o estado (passivo ou ativo de corrosão) da barra usada como contraeletrodo/pseudoeletrodo de referência.

Além dos sensores descritos, cita-se o sensor 800 (COR-RATER Probe, Model 800) da empresa Rohrbach Cosasco Systems e o sensor ECI-1 (Embedded Corrosion Instrument, Model ECI-1) da empresa Virginia Technologies.

No sensor 800, a determinação do R_p é feita somente com o uso de dois eletrodos (duas barras de aço-carbono). Esse sensor é fixado junto à armadura, como mostra a Figura 6. O monitoramento da taxa de corrosão pode ser feito com equipamento de medição manual (CORRATER Model AquaMate) ou com um sistema de transmissão remota (COR-RDATA). Ambos podem ser usados para determinar a temperatura e a resistividade elétrica do concreto²⁹.

No sensor ECI-1, a determinação de R_p é feita com o uso de três eletrodos, sendo usada, como contraeletrodo, uma barra de aço inoxidável e, como eletrodo de referência, o eletrodo de referência ERE20, o que permite também o monitoramento do potencial de cir-

cuito aberto do eletrodo de trabalho (barra de aço-carbono) do sensor.

O sensor ECI-1 também é provido de eletrodo seletivo de Ag/AgCl e sensor de temperatura, adequados para a determinação da concentração de íons cloreto no concreto e, ainda, provido de quatro barras de aço inoxidável para a determinação da resistividade elétrica do concreto. A determinação da concentração de íons cloreto é feita pelo monitoramento da temperatura e da variação do potencial de eletrodo Ag/AgCl que é dependente do teor de íons cloreto na água de poro do concreto em relação ao eletrodo de referência de Mn/MnO₂. Quanto à resistividade elétrica, esta é determinada pela técnica de quatro pinos, mencionada anteriormente³⁰⁻³¹.

Esses sensores foram desenvolvidos para o monitoramento do risco de corrosão em construções novas ou existentes durante recuperação estrutural. Cita-se que o sensor ECI-1 também pode ser usado para monitorar a presença de cloretos no concreto fresco e também sua temperatura e umidade (resistividade elétrica)³¹.

Sensores de fibra óptica

Li *et al.*³² citam que tanto o monitoramento do risco da corrosão como a avaliação da estabilidade das estruturas exigem o desenvolvimento de novos sensores que atendam a uma variedade de situações. Segundo os autores, os sensores de fibra óptica são uma ferramenta promissora para atender essa demanda, apresentando vantagens em relação aos sensores convencionais, como os mencionados anteriormente.

Isso porque, a implantação de sistemas de monitoramento com uso de sensores de fibra óptica é considerada mais sim-

ples e versátil, tendo-se grande confiabilidade nos resultados e, ainda versatilidade de configuração do sensor.

Tais vantagens estão relacionadas às características das fibras ópticas, como por exemplo, pequena dimensão, flexibilidade, resistência à corrosão, imunidade a ruídos eletromagnéticos e transporte de feixes luminosos por longas distâncias com perdas desprezíveis³³⁻³⁴.

Devido a tais características, nas últimas décadas tem-se intensificado o estudo de sensores de fibra óptica para avaliação do risco de corrosão nas estruturas de concreto. Esses estudos e aplicações pontuais em campo indicam a eficiência desse tipo de sensor no monitoramento, por exemplo, do pH e da umidade do concreto, da concentração de íons cloreto e da corrosão das armaduras.

No caso específico da corrosão das armaduras, o uso de sensores ópticos complementaria as técnicas eletroquímicas. Essas técnicas, segundo Wheat e Liu³⁵ poderiam inclusive ser substituídas pelo uso dos sensores de fibra óptica, particularmente na avaliação de componentes críticos da estrutura ou em situações em que as medições eletroquímicas são impraticáveis.

Zheng, Sun e Lei³³ desenvolveram um sensor de fibra óptica que monitora a corrosão. Em ensaio com barra de aço-carbono embutida em concreto exposto à solução salina, foi verificada a deformação do sensor em consequência do acúmulo de produtos de corrosão da barra. Isso foi observado pelo monitoramento da reflexão de feixes luminosos emitidos pela extremidade da fibra em contato com a superfície da barra. Com o aumento do acúmulo dos produtos de corrosão na superfície da barra (corrosão severa), a deformação excessiva

da extremidade da fibra resultou na inutilização do sensor.

Três sensores de fibra óptica com a mesma finalidade foram desenvolvidos por Zhao *et al.*³⁶. Esses sensores apresentavam uma fibra óptica enrolada em barra de aço-carbono polido. Os autores correlacionaram o estiramento da fibra, em consequência do aumento do volume da barra (acúmulo de produtos de corrosão), com a intensidade da corrosão.

Fuhr e Huston³⁴ fazem considerações sobre o uso de sensores ópticos no monitoramento da corrosão em estruturas de concreto (pontes e viadutos). Esses autores citam a aplicação de um programa de computador específico para monitorar a evolução da corrosão de armaduras ao longo do tempo. Além disso, é referenciado o acoplamento de um alarme sonoro ao sensor para alertar quando um nível pré-determinado de corrosão é atingido.

Conclusão

No exterior, sensores são amplamente usados em sistemas de monitoração permanente do risco de corrosão em estruturas de concreto. O mesmo não ocorre no Brasil, sendo os sensores pouco conhecidos e utilizados. Esse fato está relacionado com a restrição de tecnologia nacional e de pessoal qualificado. Isso abre um novo campo de investigação muito promissor.

Devido às particularidades de cada estrutura de concreto e dos diferentes ambientes de exposição, a implantação de sistemas de monitoramento com uso de sensores embutidos no concreto de cobertura não é uma tarefa fácil. Isso também é válido para a análise dos dados obtidos pelos sensores, que requer profissionais especializados em corrosão.

Acredita-se que, no futuro próximo, haverá disponível no mercado uma ampla gama de sensores de melhor relação custo/benefício e com eletrônica embarcada, o que facilitará a monitoração permanente das estruturas de concreto. Isso deve refletir positivamente no mercado nacional, incentivando tanto a pesquisa como o uso de sensores em muitas construções, especialmente naquelas expostas à elevada agressividade ambiental, recuperadas ou com restrição da realização de manutenções periódicas.

Referências bibliográficas

1. MCCARTER, W.J.; VENNESLAND, O. *Sensor systems for use in reinforced concrete structures. Construction and Building Materials*, v.18, p.351-358, 2004.
2. SCHIESSL, P.; RAUPACH, M. *Instrumentation of structures with sensors – why and how? In: DHIR, R.K.; JONES, M.R. (Eds.) Concrete repair, rehabilitation and protection*. London: E & FN Spon, p.1-15, 1996.
3. POLDER, R. *et al. Use of advanced corrosion monitoring for risk based management of concrete structures. Heron*, v.52, n.4, p.239-250, 2007.
4. GOLTERMANN, P.; JENSEN, F.; ANDERSEN, M.E. *Smart structures: possibilities, experiences and benefits from permanent monitoring. In: International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management*, 1., 2002. Proceedings... Barcelona: IABMAS, 2002.
5. SCHIEGG, Y.; STEINER, L. *Cost effectiveness and application of online monitoring in reinforced concrete structures. Materials and Corrosion*, v.61, n.6, p.490-493, 2010.
6. HA, T-H. *et al. Role of sensors in corrosion monitoring in concrete structures: the state of the art. Sensors and Materials*, v.16, n.3, p.133-158, 2004.
7. BÄSSLER, R. *et al. Use of embeddable sensors in an integrated monitoring system for reinforced concrete structures. In: NACE Conference, Annual Corrosion*, 9., 2003. Proceedings...

- San Diego: NACE, 2003. (Paper 03436).
8. RAUPACH, M.; GULIKERS, J.; REICHLING, K. *Condition survey with embedded sensors regarding reinforcement corrosion*. *Materials and Corrosion*, v.63, n.2, p.141-146, 2012.
 9. POLDER, R.B.; PEELEN, W.H.A.; LEEGWATER, G. *Corrosion monitoring for underground and submerged concrete structures – examples and interpretation issues*. In: WAÇRAVEN, Joost C.; STOELHORST, Dick. (Eds.) *Tailor made concrete structures*. London: Taylor & Francis, p.187-192, 2008.
 10. INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY. *Techniques for monitoring corrosion and related parameters in field applications*. Houston: NACE, 1999. 41p. (NACE International Publication 3T199-item/n.24204).
 11. RAUPACH, M., SCHIESSL, P. *Macrocell sensor systems for monitoring of the corrosion risk of the reinforcement in concrete structures*. *NDT& International*, v.34, p.435-442, 2001.
 12. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS. *ASTM G57: standard test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method*. Philadelphia, 2009. 6p.
 13. VENNESLAND, Ø.; RAUPACH, M.; ANDRADE, C. *Electrochemical techniques for measuring corrosion in concrete- measurements with embedded probes*. *Materials and Structures*, v.40, p.745-758, 2007. (Recommendation of Rilem TC 154-EMC).
 14. INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY. *Use of reference electrodes for atmospherically exposed reinforced concrete structures*. Houston: NACE, 2000. 11p. (NACE International Publication 11100-item/n.24204).
 15. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS. *ASTM C876: standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete*. Philadelphia, 2009. 6p.
 16. SENSORTEC. *Anode ladder*. 2010. Disponível em: www.sensortec.de/sensoren-sensors/anodenleiter-anode-ladder. Acesso em 24 fev. 2013.
 17. ROHRBACK COSASCO SYSTEMS. *900 Concrete multi-depth sensor*. 2013. Disponível em: www.cosasco.com/multi-depth-corrosion.html. Acesso em 24 fev. 2013.
 18. SENSORTEC. *Expansion ring rmode*. 2010. Disponível em: www.sensortec.de/sensoren-sensors/speizringanode-expansion-ring-anode. Acesso em 24 fev. 2013.
 19. FORCE TECHNOLOGY. *CorroWatch multisensor*. s.d. Disponível em: www.forcetechnology.com/en/Menu/Products/Concrete-monitoring/Concrete-monitoring-probes/corrowatchmultisensor.htm. Acesso em 24 fev. 2013.
 20. MAYER, T.F.; SODEIKAT, CH. *Service life management of infrastructure systems – application of corrosion and moisture monitoring*. In: STRAUSS, A.; FRANGOPOL, D.M.; BERGMEISTER, K. *Life-cycle and sustainability of civil infrastructure systems*. Boca Raton: CRC Press, 2012. Chapter 32, p.257-282. (Proceedings do 3. *International Symposium on life-cycle civil engineering*, 2012, Vienna, Austria)
 21. NYGAARD, P.V.; KLINGHOFER, O. *Corrosion monitoring in reinforced concrete structures*. In: *International Conference on Durability of Concrete Structure*, 2008. *Proceedings...* Hangzhou: ICDCS, p. 279-286, 2008.
 22. SCHIESSL, P.; RAUPACH, M. *Monitoring system for the corrosion risk of steel in concrete structures*. *Concrete International*, v.7, p.52-55, jul., 1992.
 23. NILSSON, L-O. *Assessing moisture conditions in marine concrete structures*. In: *International Conference Repair of Concrete Structures, From Theory to Practice in a Marine Environment*, 1997. *Proceedings...* Oslo: AAge Blankvoll, p. 273-295, 1997.
 24. SENSORTEC. *Multiring electrodes*. 2010. Disponível em: www.sensortec.de/multiring-elektrode-multiring-electrodes. Acesso em 24 fev. 2013.
 25. THOFT-CHRISTENSEN, P. *Stochastic modelling of the crack initiation time for reinforced concrete structures*. In: *Annual American Society of Civil Engineers – Structures Congress 2000. Proceedings...* Philadelphia: ASCE, p. 1279-1286, 2000.
 26. ANDRADE, C *et al*. *Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method*. *Materials and Structures*, v.37, p.623-643, nov., 2004. (Recommendation of Rilem TC 154-EMC).
 27. MARTÍNEZ, I.; ANDRADE, C. *Examples of reinforcement corrosion monitoring by embedded sensors in concrete structures*. *Cement & Concrete Composites*, v.31, p.545-554, 2009.
 28. INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY. *Report on corrosion probes in soil or concrete*. Houston: NACE, 2007. 11p. (NACE International Publication 05107-item/n.24234).
 29. ROHRBACK COSASCO SYSTEMS. *800 LPR corrosion rate monitoring in concrete with CORRATER Probe*. 2013. Disponível em: www.cosasco.com/concrete-corrosion.html. Acesso em 24 fev. 2013.
 30. VIRGINIA TECHNOLOGIES. *Embedded corrosion instrument – ECI*. 2013. Disponível em: <http://www.vatechnologies.com/eciIndex.htm>. Acesso em 24 fev. 2013.
 31. DUNN, R.C; ROSS, R.A., DAVIS, G.D. *Corrosion monitoring of steel reinforced concrete structure using embedded instrumentation*. In: NACE CONFERENCE, ANNUAL CORROSION, 2010, San Antonio, Tx. *Proceedings...* Texas: NACE, 2010. (Paper 10173).
 32. LI, X. M.; CHEN, W. ; ZHU, Y.; HUANG, S.; BENNETT, K.D. *Monitoring the Corrosion of Steel in Reinforced Concrete Using Optical Waveguide Methods*. In: *Sensory*

Phenomena and Measurement Instrumentation for Smart Structures and Materials. 2000. *Proceedings...* Newport Beach: Spie, 2000.

33. Zheng, Z.; Sun, X.; Lei, Y. *Monitoring Corrosion of Reinforcement in Concrete Structures via Fiber Bragg Grating Sensors*. *Mechanical Engineering*, v.64, n.3, p.316-319, 2009.
34. Fuhr, P.L. and Huston, D.R., *Corrosion detection in reinforced concrete roadways and bridges via embedded fibre optic sensors*, *Smart Materials Structures*. 7, p.217-228, 1998.
35. Wheat, H.G.; Liu, G. *The Use of Fiber Optic Sensors in the Detection of Corrosion in Reinforced Concrete*. 2009. Disponível em: <http://ma.ecsdl.org/content/MA200901/14/686.full.pdf>". Acesso em 24 fev. 2011.
36. Zhao, X.; GONG, P.; QIAO, G.; LU, J.; LV, X.; OU, J. Brillouin

Corrosion Expansion Sensors for Steel Reinforced Concrete Structures Using a Fiber Optic Coil Winding Method. *et al. Sensors*, v.11, p.10798-10819, 2011.

Adriana de Araújo

Pesquisadora, Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT
Contato: aaraujo@ipt.br

Zebbour Panossian

Diretora de Inovação do IPT e professora convidada do Departamento de Metalurgia e Materiais da EPUSP

Notícias | do Mercado

Tecnologia em protetivos anticorrosivos

Tendo a indústria petrolífera como um dos setores mais expostos à corrosão os produtos Quimatic Tapmatic oferecem hoje uma linha de protetivos que atendem a todos os segmentos industriais e de acordo com o nível de exposição à corrosão.

O atendimento à norma API 686 do *American Petroleum Institute* faz com que os seus produtos atendam com máximo desempenho.

Hoje em dia muito se fala em desempenho e eficiência para proteção de peças, máquinas e equipamentos em geral. Pensando nisso, a empresa, trabalha constantemente no desenvolvimento de novos protetivos com a preocupação em manter a qualidade dos produtos e atender todas as exigências do mercado.

Mais informações: www.quimatic.com.br

Revestimentos AkzoNobel premiados no SeaTrade Awards

O Intersleek 1100SR da AkzoNobel, que possui tecnologia antiincrustante pioneira, foi premiado na categoria *Clean Shipping* ou Transporte Marítimo Limpo, na sua tradução, durante o *SeaTrade Awards 2014*, concedido à soluções inovadoras que promovem operações mais seguras, eficientes e ecológicas, e que vão ao encontro das metas e objetivos da Organização Marítima Internacional.

Desenvolvido pela unidade de tintas marítimas e de proteção da AkzoNobel, e comercializado sob a marca International, o produto, que é referência no mercado marítimo, é o primeiro a usar tecnologia fluoropolímero sem biocidas para lidar com a importante questão do limo que incrusta cascos de navios.

Mais informações: www.akzonobel.com/international



David Akka

Seis dicas para integração de sistemas

Entenda perfeitamente o que se necessita hoje e o que será necessário amanhã, para poder escolher as ferramentas mais relevantes

Resistência a mudanças, nível de riscos e investimento necessário são apenas algumas das razões pelas quais a maioria dos departamentos de TI adiam os projetos de integração de sistemas. Porém, com a mobilidade corporativa, a colaboração *on-line* e serviços em nuvem, há a necessidade de atualizar os sistemas de forma segura e eficiente.

Aqui estão seis dicas para se obter uma integração de sistemas bem-sucedida.

1. Contrate os líderes

Os gestores precisam serem vistos como parceiros importantes. Evite a cultura da culpa e promova a visão estratégica do projeto, cooperação e resolução de problemas através dos gestores e departamentos, debatendo as complexidades com fornecedores para que obstáculos possam ser evitados.

2. Obtenha uma série de pequenos sucessos

Projetos de integração são tipicamente complexos. O sucesso depende da divisão do projeto em pequenas etapas, onde cada possui um determinado valor.

3. Certifique-se de tratar cada desafio de segurança

As informações agora são acessíveis *on-line* e é vital determinar quem e quando uma informação pode ser acessada. Os riscos de violação são ainda maiores em função dos funcionários

usarem seus próprios aparelhos e de usarem dos serviços de nuvem privados. Isto requer mudança de pensamento para garantir os processos.

No caso de celulares, há uma série de maneiras de se conseguir isto, desde adotar senhas, soluções MDM (Gerenciamento do Aparelho Móvel) e recursos para o aparelho, até acesso seguro aos aplicativos através de controle. E, finalmente, garantindo que o dado que não fique armazenado no aparelho.

4. Ferramentas relevantes de integração

Entenda perfeitamente o que se necessita hoje e o que será necessário amanhã, para poder escolher as mais relevantes. Há dois tipos principais de ferramenta de integração: as de sincronização/atualização de dados; e as de integração baseada em processo. Ferramentas de terceiros têm a vantagem de estarem otimizadas, mas elas também estão otimizadas para integrarem-se entre os conjuntos. Se você está pensando em integrar tecnologia de fornecedores variados – ou quer manter suas opções em aberto para o futuro –, vale a pena dar uma olhada nas ferramentas independentes.

5. Monitoramento e gerenciamento de desempenho são cruciais

Resiliência, elasticidade, recursos de monitoramento e gerenciamento de desempenho são chaves adicionais para soluções de integração. A garantia de entrega de mensagens significa que o monitoramento é vital. Se um sistema falha durante a transmissão, a ferramenta de integração precisa reconhecer quando ela pode reenviar a mensagem. Além disso, os recursos de monitoramento permitem que o sistema armazene as transmissões que não puderam ser feitas e conceda recursos adicionais para lidar com picos de demanda repentinos.

6. Justifique os custos

A integração não deve ser considerada como custo apenas, em função dos benefícios devido à recepção de dados em tempo real a fim de melhorar os processos de negociação. Eu trabalhei com uma grande seguradora de transporte que se beneficiou do uso de dados em tempo real para reduzir sua taxa de roubos e perdas, o que reduziu seus custos. Projetos de integração de sistemas podem ser os mais difíceis de planejar, executar e gerenciar. Porém, quando simples diretrizes são seguidas, os riscos são minimizados e a empresa pode beneficiar-se da tecnologia e dos aplicativos melhores.

David Akka

CEO da Magic Software UK

Contato: davidakka@magicsoftware.com.br

Empresas associadas à ABRACO

A ABRACO espera estreitar ainda mais as parcerias com as empresas, para que os avanços tecnológicos e o estudo da corrosão sejam compartilhados com a comunidade técnico-empresarial do setor. Traga também sua empresa para nosso quadro de associadas.

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.

www.advancetintas.com.br

AIR PRODUCTS BRASIL

www.airproducts.com

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS

www.akzonobel.com/international/

ALCLARE REVEST. E PINTURAS LTDA.

www.alclare.com.br

API SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM DUTOS LTDA.

apidutos@hotmail.com

AXSON COATINGS

www.axson.com

A&Z ANÁLISES QUÍMICAS LTDA.

zilmachado@hotmail.com

BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

www.blaspint.com.br

B BOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.

www.bbosch.com.br

CBSI – COMP. BRAS. DE SERV. DE INFRAESTRUTURA

www.cbsiservicos.com.br

CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA

www.cepel.br

CIA. METROPOLITANO S. PAULO - METRÔ

www.metro.sp.gov.br

CONFAB TUBOS S/A

www.confab.com.br

CONSUPLAN CONS. E PLANEJAMENTO LTDA.

www.consuplan-es.com

DE NORA DO BRASIL LTDA.

www.denora.com

DETEN QUÍMICA S/A

www.deten.com.br

D. F. OYARZABAL

oyarza@hotmail.com

ELETRONUCLEAR S/A

www.eletronuclear.gov.br

ENGECCOR ENGENHARIA LTDA.

www.engecorr.ind.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

www.firstfischer.com.br

FISCHER DO BRASIL – TECNOLOGIAS DE MEDIÇÃO

www.helmut-fischer.com.br

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

www.furnas.com.br

G P NIQUEL DURO LTDA.

www.grupogp.com.br

GCP DO BRASIL PROTEÇÃO CATÓDICA LTDA.

www.gcpdobrasil.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.

www.hita.com.br

IEC INSTALAÇÕES E ENGª DE CORROSÃO LTDA.

www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE

www.mackenzie.com.br

INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

www.int.gov.br

ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN

qualidade@icnavais.com

JATEAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

www.jatear.com

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.

www.jotun.com

MANGELS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

www.mangels.com.br

MARIA A. C. PONCIANO – ME

www.gsimacae.com.br

MAX EVOLUTION LTDA.

www.maxpinturas.com.br

MORKEN BRA. COM. E SERV. DE DUTOS E INST. LTDA.

www.morkenbrasil.com.br

MUSTANG PLURON QUÍMICA LTDA.

www.mustangpluron.com

NOF METAL COATINGS SOUTH AMERICA

www.nofmetalcoatings.com

NOVA COATING TECNOLOGIA, COM. SERV. LTDA.

www.novacoating.com.br

OPEMACS SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA.

www.opemacs.com.br

PETROBRAS S/A - CENPES

www.petrobras.com.br

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO

www.transpetro.com.br

PINTURAS YPIRANGA

www.pinturasypiranga.com.br

POLIFLUOR IND. E COM. DE PLÁSTICOS LTDA.

www.polifluor.com.br

PORTCROM INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.

www.portcrom.com.br

PPG IND. DO BRASIL TINTAS E VERNIZES

www.ppgpmc.com.br

PPL MANUTENÇÃO E SERVIÇOS LTDA.

www.pplmanutencao.com.br

PRESSERV DO BRASIL LTDA.

www.presservbrasil.com.br

PREZIOSO DO BRASIL SERV. IND. LTDA.

www.prezioso.com.br

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

www.promarpintura.com.br

QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.

www.tintasjumbo.com.br

RENNER HERMANN S/A

www.rennercoatings.com

RESINAR MATERIAIS COMPOSTOS

www.resinar.com.br

REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.

bernardi@pinturasbernardi.com.br

RUST ENGENHARIA LTDA.

www.rust.com.br

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A

www.sacor.com.br

SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL - DIV. SUMARÉ

www.sherwinwilliams.com.br

SMARTCOAT – ENG. EM REVESTIMENTOS LTDA.

www.smartcoat.com.br

SOFT METAIS LTDA.

www.softmetais.com.br

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL

www.tbq.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.

www.tsodobrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.

www.tecnofink.com

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.

www.tinocoanticorrosao.com.br

ULTRABLAST SERVIÇOS E PROJETOS LTDA.

www.ultrablast.com.br

UTC ENGENHARIA S.A.

www.utc.com.br

VCI BRASIL IND. E COM. DE EMBALAGENS LTDA.

www.vcibrasil.com.br

WEG TINTAS

www.weg.net

W&S SAURA LTDA.

www.wsequipamentos.com.br

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.

www.zerust.com.br

ZINCOLIGAS IND. E COM. LTDA.

www.zincoligas.com.br

LL-Alugold SCR®

PRÉ-TRATAMENTO PARA PINTURA DO ALUMÍNIO

Processo isento de cromo, visível na cor castanha avermelhada

HOMOLOGADO PELA QUALICOAT

**Tecnologia inovadora SiNo – Fusão dos Conceitos
da Tecnologia dos Silanos e da Nanotecnologia**

Atende às normas nacionais e internacionais: ABNT NBR 14125 / Qualicoat / AMMA

- Resistência à corrosão com 1000 horas de Salt Spray Acético
- 100% de aprovação nos testes de aderência seca e úmida
- Controle operacional e de qualidade pela variação da cor
- Preserva o meio ambiente pela inexistência de cromo



Vídeo do processo em operação em:
www.italtecno.com.br

**Lançamento Mundial
Patente Internacional**



ITALTECNO
DO BRASIL LTDA.

Av. Angélica 672 • 4º andar
01228-000 • São Paulo • SP
Tel.: (11) 3825-7022
escrit@italtecno.com.br
www.italtecno.com.br

Aporte