

Corrosão & Proteção

ABRACO
Associação Brasileira de Corrosão

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão

APORTE
EDITORIAL

Ano 12
Nº 58
Ago/Set 2015

ENTREVISTA

Adilson Menegatte de Mello Campos, tecnólogo do Departamento de Qualificação e Inspeção de Materiais e Equipamentos da Sabesp

REVESTIMENTOS METÁLICOS

NASCIDOS PARA PROTEGER E BRILHAR

SOLUÇÕES INTELIGENTES E EFICIENTES

PARA ATENDER TODAS AS EXIGÊNCIAS COM
O MAIS ALTO PADRÃO DE QUALIDADE



Preparação



Pintura



Inspeção



Equipamentos especializados para cada etapa de seu projeto ou manutenção industrial. **ENTRE EM CONTATO E SOLICITE UM ORÇAMENTO!**



CONHEÇA

Distribuidor Autorizado



FESTOOL

ETQC



19 3469.9889 | www.wsequipamentos.com.br

Av. José Fortunato Santon, 580 | Distr. Ind. Abdo Najar | Americana | SP



Excelência em soluções para pintura

A Revista **Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968. É editada em parceria com a Aporte Editorial com o objetivo de difundir o estudo da corrosão e seus métodos de proteção e de controle e congrega toda a comunidade técnico-empresarial do setor. Tem como foco editorial compartilhar os principais avanços tecnológicos do setor, tendo como fonte entidades acadêmicas, tecnológicas e de classe, doutores mestres e profissionais renomados do Brasil e do exterior.

Av. Venezuela, 27, Cj. 412
Rio de Janeiro – RJ – CEP 20081-311
Fone: (21) 2516-1962/Fax: (21) 2233-2892
www.abraco.org.br

Diretoria Executiva – Biênio 2015/2016

Presidente
Dra. Denise Souza de Freitas – INT

Vice-presidente
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC

Diretores

Aécio Castelo Branco Teixeira – QUÍMICA UNIÃO
Ana Paula Erthal Moreira – A&Z ANÁLISES QUÍMICAS
Fernando Loureiro Fragata – CONSULTOR/INSTRUTOR
M.Sc. Gutemberg de Souza Pimenta – PETROBRAS
Maria Carolina Rodrigues Silva – ELETRONUCLEAR
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite – PETROBRAS
Segehal Matsumoto – CONSULTOR/INSTRUTOR

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
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 e Editores

João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

Projeto Gráfico/Edição

Intacta Design – julio@intactadesign.com

Gráfica

Ar Fernandez

Edição nº 58 de Agosto/Setembro de 2015
ISSN 0100-1485

Circulação nacional – Distribuição gratuita

Esta edição será distribuída em outubro de 2015.

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

A segunda melhor época

6

Entrevista

Nos subterrâneos da corrosão

8

ABRACO Informa

9

Cursos

Calendário 2015 – De Julho a Dezembro

10

Revestimentos Metálicos

Nascidos para proteger e brilhar

17

Notícias do Mercado

34

Opinião

Como voltar ao mercado de trabalho

José Ricardo Noronha



Artigos Técnicos

18

Simulação de sistemas de proteção catódica aplicada à área externa do fundo de tanques de armazenamento atmosférico

Por Juliana L. Cardoso, Neusvaldo L. de Almeida, Gutemberg de S. Pimenta, Fabiano R. dos Santos e Eduardo W. Laurino

30

Análise de falhas na fixação de continodos de proteção catódica no interior de tubulação de petróleo e água produzida

Por João P. K. Gervásio, Marcinei S. Silva, Andre Mariano, Alexandre G. Garmbis, Plínio H R Peçly e João L. S. Nogueira

27

Armazenamento de tintas

Por Celso Gnecco

A segunda *melhor* época

“E RREI MAIS DE 9.000 ARREMESSOS EM MINHA CARREIRA. PERDI QUASE 300 JOGOS. EM 26 OCASIÕES, fui escolhido para fazer o arremesso decisivo do jogo e a bola caiu fora. Falhei inúmeras vezes em minha vida e, por isso, alcancei o sucesso”. Este testemunho contundente é de Michael Jordan, considerado um dos melhores jogadores de basquete de todos os tempos.

Aqueles que sabem capitalizar seus erros são os que têm maior chance de sucesso em suas iniciativas. E, em momentos de crise como o que vivemos atualmente no Brasil, as iniciativas privadas e coletivas podem ser tábuas de salvação. Entretanto, como tudo na vida, é bom estar preparado para seus percalços.

Em geral, ter seu próprio negócio é um sonho acalentado por muitos. O problema surge quando, movidos apenas pela ambição de ganhar muito dinheiro, as pessoas se atiram em determinados nichos de mercado, simplesmente porque conhecem ou ouviram falar de alguém que se deu bem com um empreendimento similar, ou mesmo porque, profissionalmente, elas se sentem seguras de seu potencial.

É óbvio que o sucesso de um empreendimento não é algo que se pode explicar cientificamente. Quem parte para o empreendedorismo vai sempre ter de encarar o imponderável.

“O sucesso de um empreendimento não é algo que se pode explicar cientificamente. Quem parte para o empreendedorismo vai sempre ter de encarar o imponderável”

Em linhas gerais, define-se empreendedorismo como o processo de iniciar um negócio, oferecendo um produto, um processo ou um serviço inovador. A palavra-chave aqui é inovação, criatividade aliada à ousadia de levantar, sacudir a poeira e dar a volta por cima, tantas vezes quantas forem necessárias para alcançar o objetivo colimado. Não se trata de uma perseverança cega, muito pelo contrário, ela baseia-se em um apurado senso de observação e, muitas vezes, de uma árdua aprendizagem, pois, para o verdadeiro empreendedor, os erros devem funcionar sempre como lanternas.

Com essas cartas na manga, chega a hora do ponta-pé inicial e uma pergunta paira no ar: como ter certeza de que a época é oportuna para arriscar e investir?

Quem nos ensina o pulo do gato é Henry Ford, o fundador da Ford. Ele dizia o seguinte: “quando tudo parece estar contra você, lembre-se de que o avião decola contra o vento e não a seu favor”. Diante disso, a maioria de nós diria: falar é fácil. Sim! Poucos têm coragem, poucos se arriscam, poucos não têm medo do fracasso. Poucos são realmente empreendedores...

Para aqueles que querem, mas ainda insistem em colocar um pé atrás em suas decisões, um antigo ditado chinês, que sintetiza bem como o empreendedor vê as oportunidades, pode ajudar: “A melhor época para se plantar uma árvore foi há 20 anos. A segunda melhor é agora.”

Tratamentos Galvânicos – A matéria de capa relata a atual conjuntura do setor.

A seção Entrevista revela as experiências de Adilson Menegatte Mello Campos na prevenção da corrosão no âmbito da Sabesp.

Simulação de sistemas de proteção catódica aplicada à área externa do fundo de tanques de armazenamento atmosférico é apresentada por Juliana L. Cardoso.

Armazenamento de tintas é o tema discorrido por Celso Gnecco.

Análise de falhas na fixação de continodos de proteção catódica no interior de tubulação de petróleo e água produzida é detalhada por João P. K. Gervásio.

Boa leitura!

Os editores

SEMINÁRIO DE PROTEÇÃO CATÓDICA E MITIGAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS ELÉTRICAS

O mundo moderno necessita de energia para se manter e desenvolver. É necessário prover à população eletricidade, combustíveis, água, transporte, através de linhas de transmissão, dutos, trens eletrificados.

Estes sistemas se interagem, principalmente próximos de grandes metrópoles, causando interferências mútuas. É preciso controlar e mitigar estas interferências elétricas. É importante que concessionárias e operadoras mantenham um bom relacionamento.

Este Seminário será uma excelente oportunidade para conhecer alguns resultados práticos desta cooperação em busca do controle e mitigação de interferências elétricas.

12 DE NOVEMBRO DE 2015

www.abraco.org.br

Local

IPT - Av. Prof. Almeida Prado, 532
Butantã, São Paulo - SP, 05508-901

REALIZAÇÃO



APOIO



WORKSHOP DE PINTURA ANTICORROSIVA

17 DE NOVEMBRO DE 2015

O Workshop de Pintura Anticorrosiva tem como objetivo reunir especialistas e demais profissionais do segmento de pintura anticorrosiva para apresentação e discussão de temas de grande relevância técnica para todas as empresas brasileiras que utilizam esta técnica na proteção de equipamentos e estruturas metálicas em geral.

Dentre os temas a serem discutidos estão:

- Revestimentos para proteção passiva contra fogo;
- Tintas poliaspárticas;
- Preparação de superfícies com ferramentas mecânicas (grau de limpeza SSPC - SP 11);
- Revestimentos à base de poliuréia.

Local

INT - Av. Venezuela, 82

Coordenação Técnica

Fernando de Loureiro Fragata
Fabio Krankel

www.abraco.org.br





Adilson Menegatte
de Mello Campos

Nos subterrâneos da corrosão

Como a Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, lida com a constante ameaça da deteriorização de seu complexo de tubulações por meio da corrosão

Adilson Menegatte de Mello Campos é tecnólogo do Departamento de Qualificação e Inspeção de Materiais e Equipamentos (CSQ) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), desde 1974, na área de projeto e instalação de dutos e de sistemas de proteção catódica. Desde 1988, é professor da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, nas disciplinas Construções Soldadas II e Construção de Máquinas I onde aplica os conceitos básicos de prevenção contra corrosão em estruturas e equipamentos metálicos.

Para relatar como a Sabesp lida com a corrosão em seus equipamentos, Menegatte recebeu a *Revista Corrosão & Proteção*.

Qual o papel do CSQ na qualificação e inspeção de equipamentos?

Adilson Menegatte – O CSQ está estruturado para atuar em todos os aspectos relacionados aos materiais e equipamentos da Sabesp. O Departamento possui cinco áreas, sendo que uma delas estabelece as especificações técnicas dos materiais. Outra área é responsável por inspecionar o processo de qualificação de fornecedores, buscando estabelecer padrões mínimos de qualidade a serem obtidos. Há também a área que cuida da inspeção do material em fábrica, antes da entrega. Caso

ocorram problemas de operação, a área de Perícia Técnica é acionada para apontar as responsabilidades de cada parte e verificar a eficácia das ações corretivas adotadas. No final, a área de Atestados Técnicos emite a comprovação de que a empresa cumpriu satisfatoriamente seu contrato com a Sabesp.

Qual o impacto da corrosão em estruturas, equipamentos e componentes da Sabesp?

Menegatte – Na Sabesp, o horizonte de projeto de toda e qualquer obra é de 50 anos, de forma que todos os cuidados devem ser tomados para que o material especificado tenha condições de operar adequadamente pelo maior tempo possível. Todas as estruturas que podem ser prejudicadas pela corrosão recebem atenção especial e redobrada. Assim tubos, válvulas, conexões e demais elementos metálicos recebem revestimentos projetados para resistir aos agentes agressivos (cloro ou gás sulfídrico, por exemplo) além dos cuidados adotados em projeto para minimizar o risco de corrosão.

O que está sendo feito para minimizar a perda de água tratada devido à corrosão?

Menegatte – Em São Paulo temos uma rede de tubulações com diâmetros superiores a 600 mm com quase 90.000 km de extensão. Parte dessas linhas já ultrapassou o horizonte de

projeto e como a cidade vive em constante construção, é óbvio que essas transformações ao interagirem com os tubos assentados os submetem a correntes de fuga e ações de carga de solo para as quais eles não foram projetados.

Quais as principais causas da corrosão verificada pela Sabesp?

Menegatte – Nossos equipamentos e dutos são sujeitos, principalmente ao gás cloro (água) e sulfídrico (esgoto) que são muito agressivos com o aço ou o ferro fundido (materiais comuns nas tubulações de grande porte). As tubulações metálicas enterradas estão sempre sujeitas a corrosão por corrente de fuga das linhas ferroviárias e de outras fontes de corrente nem sempre claramente localizadas. Tipos de solos, transições enterrado/aéreo e diversos outros fatores também interferem na vida útil das tubulações, assim como os processos de tratamento de água ou esgoto, utilizando produtos químicos que reagem com o ferro, exigem que as especificações de todos os materiais e equipamentos (de bombas e motores até painéis elétricos e transformadores) sejam elaboradas com critério para evitar a perda prematura dessas instalações pela corrosão de suas partes.

Quais regiões e/ou tipo de efluente provocam mais problemas de corrosão?

Menegatte – No estado de São

Paulo, algumas localidades possuem solos mais agressivos, e às vezes usamos essa característica para instalação de produtos em teste. Por outro lado, algumas indústrias e lavanderias industriais descartam criminosamente produtos muito agressivos e a altas temperaturas, sem que se tenha uma informação prévia disso. Com essa realidade, temos que buscar produtos que tenham desempenho superior, acarretando altos custos no projeto de sistemas de inibição à corrosão, pois precisamos trabalhar com o menor risco possível à integridade de nossas instalações.

Quais as medidas adotadas na prevenção/controle da corrosão?

Menegatte – Em princípio, todas as nossas linhas e instalações são projetadas com o cuidado de se preservar os elementos sujeitos à corrosão, buscando em fornecedores e universidades novos produtos que sejam menos tóxicos, com menor prazo de cura e com máximo desempenho e preço justo. Os estudos levam sempre em consideração as facilidades de aplicação. Um dos maiores problemas refere-se aos revestimentos, pois eles não podem desencadear reações indesejáveis na presença de íon de cloro (formação de cloramina), nem conter elementos que impeçam seu contato com água potável. Nos dutos enterrados e internos de tanques metálicos, é exigido também um projeto e instalação de sistema de proteção catódica como complemento à proteção por barreira aplicado. Na recuperação interna de dutos em ferro fundido, os cuidados com o material a ser utilizado deve levar em conta também a possível alcalinidade do produto, que pode vir a prejudicar a quantidade de cloro livre prescrito por lei na água de abastecimento.

Em relação à corrosão, quais são as principais normas técnicas para a qualificação de fornecedores, produtos e serviços?

Menegatte – A Sabesp, desde 1980 tem elaborado um rol de normas que orientam projetistas, fabricantes e aplicadores. As normas foram elaboradas conforme as necessidades da Sabesp, assim, as primeiras (NTS 030) versam sobre a recuperação de redes com tubos de ferro fundido usando argamassa acrílica aplicada “in loco”. Depois, vieram as normas para ensaios de revestimentos aplicados em fábrica ou no campo (NTS 039 – medição de espessura a NTS 042 – H.D.) É dessa época também a NTS 036 que é a norma adotada para a qualificação de produtos para revestimento ou identificação cromática, que disciplina até hoje a autorização para uso de qualquer tipo de produtos para revestimento na empresa. Em 2001, a Sabesp estabeleceu um contrato com o laboratório de corrosão do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o qual passou a elaborar um minucioso estudo dos tipos de corrosão existentes na Sabesp e suas causas, gerando ao final um elenco de normas com indicações específicas para uso em cada situação, por exemplo, a NTS 144 – Especificação de pintura para equipamentos em aço ou ferro fundido novos e sujeitos à umidade frequente.

Quais os principais aspectos considerados na construção da adutora São Lourenço?

Menegatte – No projeto do Sistema São Lourenço, em São Paulo, vários aspectos tiveram que ser reestudados para garantir a efetividade da proteção anticorrosiva, ao mesmo tempo que pudessem ser especificados materiais que viabilizassem a fabricação dos tubos e o revestimento das juntas de campo, interna e externamente. Por se tratar de dutos com 84” de diâmetro, o revestimento com tripla camada foi imediatamente descartado. O uso de epóxi de alta espessura só seria possível se o

fabricante dispusesse de estufa para cura acelerada, pois os prazos para movimentação dos tubos em fábrica, assim como o prazo para reaterro da vala (devido às juntas externas de campo) atrasariam o projeto. A proposta mais viável foi o uso de poliuretano conforme AWWA C 222 que permite a movimentação dos tubos e o reaterro da vala com 3 a 4 horas após a aplicação do revestimento (dependendo da temperatura ambiente). Outro ponto positivo é que ele admite uma tolerância maior na ovalização dos tubos (fenômeno muito comum no caso do saneamento onde usamos tubos de grandes diâmetros com espessuras relativamente pequenas). Em revestimentos mais friáveis, o excesso de ovalização no transporte, movimentação ou reaterro da vala poderia comprometer a eficiência da proteção anticorrosiva. Como em todas as obras, está prevista a instalação de sistema de proteção catódica por corrente impressa, foram necessários vários estudos de formulação para atender a exigência de “descolamento catódico” de nossas especificações.

Há investimentos em estudos da corrosão na Sabesp?

Menegatte – O estudo de materiais para revestimento não se esgota nunca, pois a busca por produtos que consigam postergar o inevitável sempre será um sonho e um desafio para os técnicos e cientistas que militam nesse ramo.

Como melhorar a eficiência na prevenção da corrosão?

Menegatte – Na prática tenho visto que a corrosão se inicia primordialmente no projeto das instalações. Geralmente o desenho na prancheta ou no CAD já traz todos os princípios para que a corrosão se inicie de imediato, quer pela seleção errônea de materiais, quer pela displicência dos projetistas. Só um trabalho sério e conjunto entre empresas e universidades pode mudar essa realidade.

Certificação garante a valorização do inspetor de pintura



De 27 de julho a 7 de agosto, realizou-se em São Paulo o curso para formação de inspetores de pintura industrial nível 1 (N1). Foram 88 horas de aula, dedicadas a fornecer conhecimentos teóricos e práticos, concernentes a essa função. O quadro de instrutores das matérias interdisciplinares foi formado por: Anna Ramus Moreira, Celso Gnecco, Fernando Fernandes, Marcelo Nobre, Marcio Bispo, Neusvaldo Lira de Almeida e Roberto Mariano.

O inspetor de pintura N1 é um profissional qualificado e certificado pelo Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Inspetores de Pintura conforme a norma ABNT NBR 15218. Sua função é atuar diretamente na obra ou em fábrica, executando o controle e acompanhamento de todo o processo de pintura e fazendo a medição e controle da qualidade.

O programa do curso, que abrangeu desde informações sobre a composição de uma tinta até a aplicação de esquemas de pintura, ocorreu nas dependências do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

“Antigamente, este curso era ministrado exclusivamente pela Petrobras, mas essa ideia evoluiu e ampliou sua abrangência, permitindo que a ABRACO também participasse ativamente desse processo”, explicou Neusvaldo Lira de Almeida, organizador dos cursos no IPT. Ele destacou também o fato de que muitos dos participantes têm grande interesse não apenas no curso em si, mas na possibilidade de obter uma certificação oficial, que o valorize no mercado, garantindo-lhe também uma vantagem em termos de remuneração.

“Um profissional que está alinhado com normas, procedimento e ética é capaz de desenvolver um trabalho de qualidade superior. E, na minha opinião, este curso é um excelente exemplo de como o aluno pode realizar esse alinhamento em sua carreira”, destacou Gonçalo Siqueira, professor da FATEC que participou do curso com grande entusiasmo.

Já para Luis Guilherme Borzani Manhani, engenheiro da Amsted-Maxion, “o interesse pelo curso nasceu da necessidade de atualização e maior conhecimento técnico na área de corrosão e tratamento de superfície para realizar melhorias dentro da empresa”.



Neusvaldo L. de Almeida, organizador dos cursos



Luis Guilherme Borzani Manhani (esq.) e Gonçalo Siqueira (dir.), alunos do curso

ABRACO participa da Marintec South America 2015

Com o objetivo de difundir as atividades praticadas pela associação, a ABRACO esteve presente na Marintec South America. Os visitantes tiveram a oportunidade de conhecer todos os benefícios dos associados, assim como seus eventos abertos ao segmento do estudo e combate à corrosão.

A Marintec South America tornou-se o único evento do País a servir o setor com discussões e debates sobre o cenário da indústria naval e *offshore*, com o objetivo de gerar soluções para aumento da produtividade, da operacionalidade, da qualificação profissional, do emprego da tecnologia, dos investimentos e da demanda e oferta para toda a cadeia do setor. O evento foi realizado de 11 a 13 de agosto, no Centro de Convenções SulAmérica, no Rio de Janeiro (RJ). Mais de 380 marcas expositoras de 17 países estiveram presentes em sete pavilhões internacionais.

Renan Joel, gerente da feira, explicou que o objetivo maior neste ano foi “encontrar soluções que colaborassem com a retomada naval em frentes consideradas estratégicas para toda a cadeia, como o aumento da produtividade, da operacionalidade, da qualificação profissional, do emprego, da tecnologia, dos investimentos e da demanda e oferta” e que o destaque dessa edição ficou por conta da parceria firmada com a FIRJAN e a SINAVAL para a organização exclusiva do 1º Fórum de Líderes da Construção Naval.



Saiba mais em www.marintecsa.com.br

Cursos

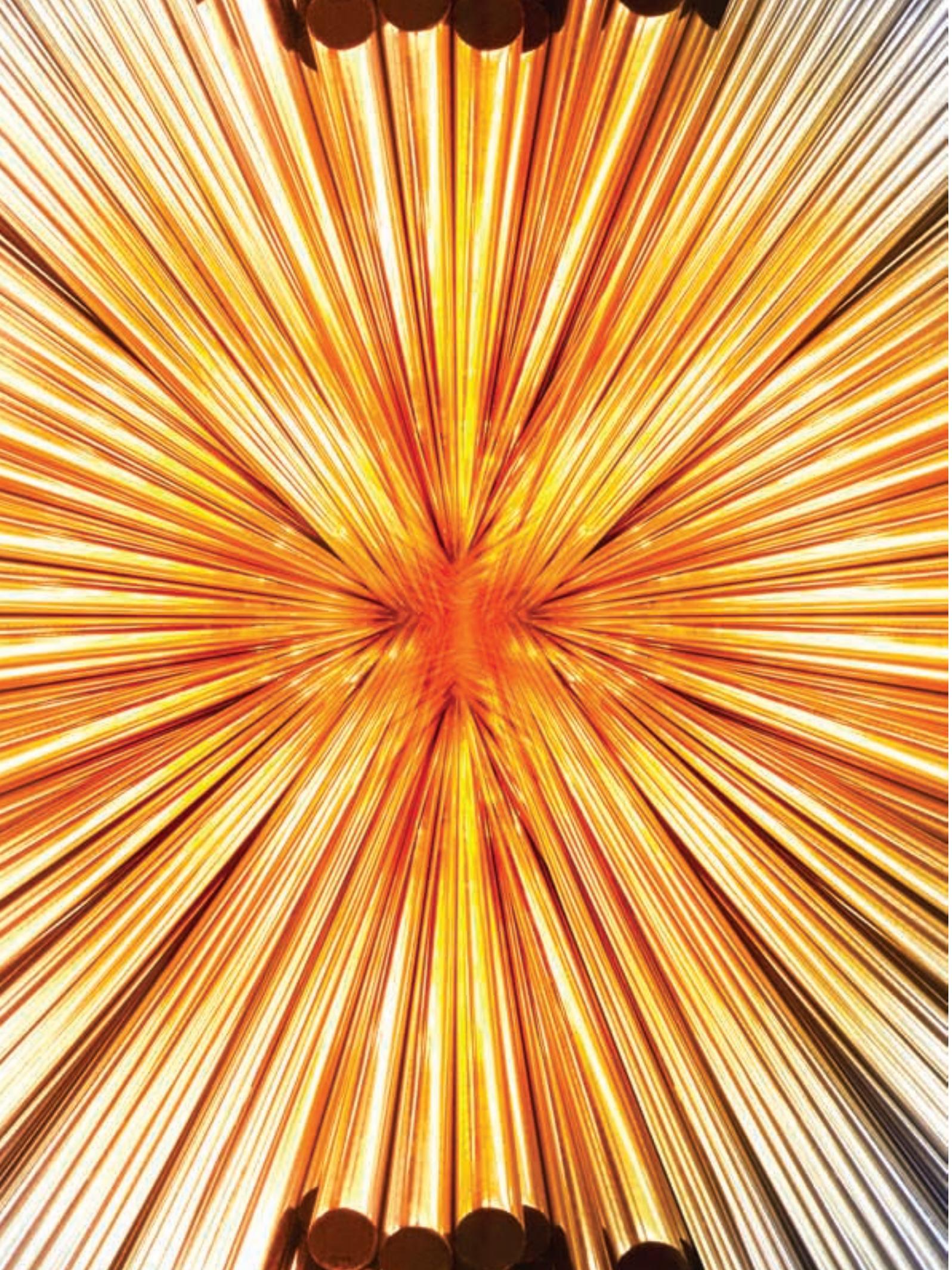
Calendário 2015 – de Julho a Dezembro

CURSOS	HORAS	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
<i>Pintura Industrial</i>							
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ	88				19 a 30		
Inspetor N1 – Macaé / RJ	88			14 a 25		23/11 a 4/12	
Inspetor N1 – São Paulo / SP	88					30/11 a 11/12	
Inspetor N1 – Salvador / BA	88			28/9 a 9/10			
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ ¹	40					9 a 13	
<i>Pintor e Encarregado de Pintura Ind.</i>							
Curso – Rio de Janeiro / RJ	40				19 a 23		
Curso – Macaé / RJ	40						7 a 11
<i>Corrosão</i>							
Biocorrosão – Rio de Janeiro / RJ	24				5 a 7		
Corrosão de materiais na produção de óleo e gás – Rio de Janeiro / RJ	40					3 a 7	
Téc. de monitor. da corrosão interna em dutos e equip. ind. – Rio de Janeiro / RJ	24					16 a 18	

¹ Curso Intensivo (para alunos não aprovados no curso regular ou como revisão para prova de qualificação)

Mais informações: cursos@abraco.org.br – eventos@abraco.org.br

Atenção: Calendário sujeito a alterações



Nascidos para *proteger* e brilhar

As pesquisas científicas que buscam aprimorar os processos de revestimento metálico têm mostrado resultados cada vez mais surpreendentes tanto no campo dos métodos tradicionais como em novas vertentes que utilizam a nanotecnologia

A tecnologia necessária para revestir um metal com outro metal existe há milênios. No Império Romano, peças de cobre eram recobertas por ouro e prata fundidos. Em escavações arqueológicas na Itália, foram encontrados vasos decorados com lâminas de chumbo, estatuetas recobertas por cobre e pontas de lança douradas que evidenciam a utilização de revestimento por metais desde 1.000 a.C.¹.

Com a queda de Roma, esse conhecimento se perdeu e só veio a emergir novamente no século XVIII quando o químico francês Paul Jacque Malouin descreveu um método de revestimento metálico em que se mergulhava o ferro em zinco fundido.

Desde então, os revestimentos metálicos ou tratamentos galvânicos, como são popularmente conhecidos hoje em dia, desenvolveram de forma extraordinária e suas aplicações estão presentes na vida de todo ser humano.

Esta edição da **Revista Proteção & Corrosão** descreve, em linhas gerais, os principais métodos de revestimento metálico, seu impacto ambiental e algumas das pesquisas que estão em desenvolvimento nesse setor.

Conceito

Os revestimentos metálicos são películas metálicas aplicadas sobre uma superfície também metálica ou não, formando uma barreira que tem como objetivos principais: dificultar o contato da superfície com o meio e protegê-la contra a corrosão, embelezá-la, melhorar suas propriedades, tais como resistência, espessura, condutividade etc., e aumentar sua durabilidade. Entre os métodos de aplicação de revestimento metálico comumente empregados pela indústria, destacam-se a deposição por imersão a quente, a eletrodeposição e a deposição por aspersão térmica.

Deposição por imersão a quente

A imersão a quente é um processo em que o substrato é mergulhado em um banho fundido do metal de revestimento. Para isso, a temperatura de fusão desse metal deve ser baixa e o substrato tem de ser capaz de suportá-la sem se deformar. Além disso, é necessário que ocorra uma reação metalúrgica entre o substrato e o metal de revestimento. Por isso, os candidatos a revestimento desse método se resumem ao estanho, zinco e alumínio. O chumbo, apesar de ter um baixo ponto de fusão, não reage com o ferro, porém na presença de estanho é capaz de formar um revestimento de liga.

Quando o substrato é removido do banho, ele sai molhado com uma camada do metal fundido cuja espessura depende da viscosidade do líquido e da rugosidade da superfície da peça tratada.

A história desse processo remonta ao século XVIII, quando o químico francês Melouin descobriu que o recobrimento de zinco pode-

ria proteger o ferro da corrosão. Como o zinco é mais eletronegativo do que o elemento ferro na série galvânica, ele acaba se “sacrificando” e sendo corroído no lugar do ferro.

Entre as vantagens desse método em relação aos outros destacam-se a uniformidade da espessura da camada que se deposita em toda a peça, a rapidez do processo, sua baixa manutenção e, portanto, a redução de custos aliados a essa operação.

“Nas décadas de 1960 e 1970, devido à necessidade de se obter uma superfície mais lisa para que a pintura dos carros saísse perfeita, a indústria automobilística passou a adotar a eletrodeposição para a zincagem de suas chapas. O setor de imersão a quente se viu, então, fora do mercado e teve que reagir para retomar o fornecimento de chapas tratadas. Isso resultou no desenvolvimento de revestimentos de aproximadamente 5 µm de espessura com uma qualidade tal que já não era possível visualmente distinguir se eram processadas por eletrodeposição ou por imersão a quente de tão brilhante que era o acabamento final. Além disso, providenciou-se o aumento da velocidade de deslocamento da chapa, a aplicação de uma raspagem a ar na saída do processo e a alteração da composição do banho, adicionando alumínio ao mesmo” explica a Dra. Zehbour Pannossian, Diretora de Inovação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).



Zebbour Panossian, Diretora de Inovação do IPT

Eletrodeposição

A eletrodeposição de metais fundamenta-se em reações eletroquímicas e consiste em depositar um revestimento metálico sobre um substrato metálico, por meio da aplicação de uma corrente elétrica externa.

O processo em si ocorre dentro de um banho eletrolítico que, em essência, é uma solução contendo sais metálicos. O substrato a ser revestido e o metal que o revestirá são ligados a uma fonte de energia externa de modo que o primeiro funciona como o catodo (polo negativo) e o segundo, como o anodo (polo positivo) desse sistema.

Essa fonte de alimentação faz-se necessária para que se estabeleça um fluxo de corrente entre os dois eletrodos e a eletrólise possa ocorrer. Os átomos do metal, funcionando como anodo, são oxidados e se dissolvem na solução. Os íons metálicos dissolvidos na solução se deslocam em direção ao catodo e são reduzidos na interface entre a solução e o catodo, de forma que eles se depositam na superfície da peça.

Às vezes, o processo de eletrodeposição é mais conhecido pelo nome do elemento usado no revestimento. Assim, temos a douração, a prateação e a cobreação como exemplos típicos.

“Uma das grandes vantagens do revestimento por eletrodeposição é seu acabamento

diferenciado, sendo, por isso, empregada para fins decorativos”, destaca Zebbour.

Ainda segundo Zebbour, “o processo de eletrodeposição apresenta algumas desvantagens como a falta de uniformidade da espessura da camada depositada entre a extremidade e o meio da peça. Junte-se a isso o fato de que sempre ocorre um desperdício de parte da energia elétrica utilizada no processo, pois a eletrodeposição sempre utiliza-se de água que, por sua vez, transforma-se em gás hidrogênio que será descartado. A produção desnecessária desse H₂ pode chegar a consumir até 40 % da energia elétrica”.

Além disso, parte desse hidrogênio é incorporado à peça tratada, comprometendo a qualidade do revestimento e necessitando, muitas vezes, um tratamento de desidrogenação.

Aspersão térmica

A aspersão térmica ou metalização consiste em uma série de processos pelos quais depositam-se sobre um substrato, camadas de materiais metálicos ou não metálicos. “A aspersão térmica pode ser comparada a uma pintura em que, ao invés de um revólver que ejeta tinta, temos um dispositivo que liquefaz um metal e o asperge contra uma superfície”, explica Zebbour.

No processo de metalização por chama a gás ou *flame spray*, um metal em forma de arame ou pó se funde pelo calor da chama gerado pela queima de gases combustíveis como acetileno, GLP ou propano, e o oxigênio. Através de um forte jato de ar, as partículas derretidas são pulverizadas, chocando-se sobre a superfície da peça.

Já no processo de metalização por arco elétrico ou *arc spray*, o arco é formado no bico de uma pistola aonde chegam dois arames do material de deposição. Provoca-se, então, uma diferença de potencial, que abre o arco elétrico e funde os arames. Um sistema mecânico ou elétrico puxa os arames continuamente, ao mesmo tempo em que um forte jato de ar comprimido é dirigido na região, pulverizando o metal fundido contra a superfície da peça a ser revestida, preenchendo e aderindo às suas irregularidades.

O material fundido, depois de aspergido, solidifica-se sobre a superfície da peça, formando uma camada densa que pode servir como proteção anticorrosiva e/ou conferir maior resistência a desgaste à peça.

As peças revestidas por aspersão térmica têm a vantagem de ficarem disponíveis para uso imediatamente após a aplicação, prescindindo de tempo de espera para secagem ou endurecimento. Além disso, os componentes assim tratados tendem a atingir um alto grau de aderência.

Este conceito que acaba de ser descrito desenvolveu-se e deu origem a outros métodos de revestimento como o de Deposição por Vapor Químico (CVD) e o de Deposição Física de Vapor (PVD) que analisaremos a seguir neste artigo.

Deposição Física de Vapor (PVD)

O revestimento por PVD consiste na deposição de filmes finos (metálicos ou cerâmicos) por meio de vaporização em câmaras de alto vácuo a temperaturas que variam de 150 °C a 500 °C.

O material de revestimento sólido de alta pureza (metais como titânio, cromo e alumínio) vaporiza-se por ação de calor ou bombardeamento com íons (deposição catódica).

Ao mesmo tempo, é introduzido um gás reativo (por exemplo,

nitrogênio ou um gás que contenha carbono), formando um composto com o vapor metálico que se deposita na peça em forma de um revestimento fino e altamente aderente.

Os revestimentos por PVD apresentam dureza e resistência à corrosão superiores aos aplicados por eletrodeposição. A maioria tolera bem altas temperaturas e possui boa resistência a impactos e a desgaste.

Além de ser compatível com quase todos os tipos de revestimentos inorgânicos (e alguns orgânicos), a PVD tem demonstrado bons resultados com vários substratos e superfícies, possibilitando um amplo espectro de acabamentos.

Além disso, a PVD revela-se menos agressiva ao meio ambiente do que os processos tradicionais de revestimento por eletrodeposição e pintura.

Deposição por Vapor Químico (CVD)

Ao contrário da PVD que é realizada por um processo físico onde observa-se o mecanismo de adsorção dos átomos e moléculas na superfície, na CVD ocorre a formação de um filme fino sólido pela deposição atômica ou molecular, em uma superfície aquecida, sendo o sólido proveniente de uma reação química onde os precursores estão na fase de vapor.

A técnica de CVD pode ser empregada para o revestimento de superfícies em três dimensões com qualidade e boa taxa de deposição. Os equipamentos utilizados para CVD não requerem alto

vácuo e são bastante versáteis, permitindo que ocorra a mudança de composição durante a deposição e a codeposição de elementos ou compostos.

Um dos principais problemas do processo por CVD é o fato de que o coeficiente de expansão térmica do substrato metálico ter de combinar com o do revestimento⁶. Além disso, são necessárias altas temperaturas para promover o processo de modo eficiente, razão pela qual, em muitos casos, a superfície de deposição acaba sendo destruída, devido à instabilidade térmica dos substratos.

Para minimizar o impacto dos processos em altas temperaturas foram desenvolvidas novas tecnologias de vaporização de precursores e novos tipos de precursores baseados na integração entre CVD e PVD resultando, por exemplo, no desenvolvimento

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



João Carlos Dias, gerente técnico da CentralSuper

dos processos de Plasma-CVD e de Oganometálico-CVD.

Difusão Termorreativa (TRD)

A Difusão Termorreativa é um processo de revestimento para a produção de carbonetos metálicos na superfície de um substrato, contendo carbono. As principais características dos revestimentos, gerados por esse



Espectrômetro de absorção atômica do laboratório de análises da CentralSuper

processo, são alta dureza e resistência à abrasão, baixo coeficiente de fricção, boa resistência à corrosão e oxidação, e uma ligação metalúrgica com o substrato metálico, que o torna o muito eficiente para a obtenção de um produto com excelentes propriedades tribológicas².

Nesse processo, o carbono e o nitrogênio presentes no substrato, em geral aço, são difundidos em uma camada depositada que contém vanádio, nióbio, cromo, molibdênio ou tungstênio. Esses elementos reagem com o carbono e o nitrogênio difundidos e for-



A Sponge-Jet está nomeando distribuidores para todo o território nacional

A Sponge-Jet, empresa americana com sede em Newington, New Hampshire é líder mundial em tecnologia de jateamento abrasivo com baixa emissão de pó.

A tecnologia de abrasivos microencapsulados produzidos pela Sponge-Jet proporcionam redução de até 99,9% na geração de pó e ricochete, evitando interrupções onerosas e condições perigosas no local de trabalho. Os abrasivos são recicláveis, permitindo o seu reuso e tornando o processo de jateamento menos impactante ao meio ambiente.

A Sponge-Jet está sempre dedicada ao desenvolvimento de soluções inovadoras no mercado de preparação de superfícies, visando sempre a segurança do trabalhador e do meio ambiente.



Cel: (71) 9246-6510
E-mail: miguel.roca@spongejet.com.br

INTERCORR 2016

ABRACO

Atlântico Búzios Convention & Resort
Búzios/RJ • 16 a 20 de maio

CRONOGRAMA PARA SUBMETER RESUMOS E TRABALHOS TÉCNICOS

Recebimento de resumos	Até 19 de outubro de 2015
Análise de resumos	Até 23 de novembro de 2015
Recebimento de Trabalhos Técnicos Finais	Até 24 de fevereiro de 2016
Análise dos Trabalhos Técnicos	Até 16 de março de 2016

Para mais informações acesse:
www.abraco.org.br/intercorr2016
Tel: (+55 21) 2516-1962

mam uma camada de carboneto ou de nitreto, densa e metalurgicamente ligada à superfície do substrato.

As camadas produzidas por meio do tratamento por TRD apresentam espessura da ordem de 5 µm a 15 µm e encontram as mesmas aplicações industriais dos revestimentos TiC, TiN e TiCN, obtidos pelos métodos CVD e PVD, com a vantagem de ser um processo mais simples e ter um custo inferior.

Enquanto os processos PVD e CVD utilizam câmaras de vácuo, atmosferas controladas e o manuseio de gases, o tratamento por TRD pode ser realizado em fornos comuns de tratamentos térmicos, utilizando cadinhos ou caixas metálicas em atmosfera ambiente³. Por outro lado, como o depósito de camadas depende da difusão do carbono, o processo requer temperaturas relativamente altas, entre 800 °C e 1250 °C, para manter taxas de revestimento adequadas.

Impacto ambiental

O atual momento histórico aponta, sem dúvida, para a importância da reflexão a respeito das sociedades industriais contemporâneas e seus impactos sobre a saúde e o meio ambiente nos diversos círculos sociais. É necessário abordar, dentro desta temática, a relação entre trabalho, saúde e meio ambiente em sua dupla dimensão: dentro e fora das plantas industriais⁴.

As indústrias galvânicas que se dedicam ao tratamento de superfície de peças metálicas usam soluções químicas, contendo cianetos. O cianeto é altamente tóxico ao ser humano e ao meio ambiente. Mesmo assim,

ele continua sendo muito utilizado nas soluções galvânicas, na forma de cianeto cúprico, cianeto de potássio e cianeto de sódio.

Como o tratamento de efluentes industriais implica elevados custos para uma empresa, dificilmente consegue-se atingir índices ideais de tratamento⁵.

Em geral, os efluentes gerados em operações de galvanoplastia consistem em descartes periódicos dos diversos banhos concentrados (desengraxantes, decapantes, fosfatizantes, cromatizantes, banhos de eletrodeposição etc.) e em águas menos contaminadas, provenientes das etapas de lavagem após as operações nos banhos. Estes efluentes são compostos por água e reativos.

Após o tratamento destes efluentes, obtém-se, como resultado, a geração de resíduos com

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.

SACampes - SP | CEP: 12246-000

Av. Alfredo Ignácio Nogueira Pereira, 255 | sl 3773, Ed. Le Clarisque, R. Assisima
Tel: (12) 3911-2555 | scampes@blaspint.com.br

Cocapaviz - SP | CEP: 12285-810

Rod. João do Anjo, 1501
Tel/fax: (12) 3651-4040 | blaspint@blaspint.com.br

altos teores de metais e outros componentes tóxicos. Uma forma de diminuir o volume destes resíduos é através da redução das perdas de reativos químicos⁶.

A maioria dos processos de revestimento metálico libera também metais pesados como o cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco, muito comuns do processo galvânico. O cádmio e o cromo são os grandes vilões desses processos, pois são contaminantes muito perigosos para a saúde humana. O cádmio, por ser um poluente cumulativo e extremamente tóxico, ao ser inalado, causa sérios danos aos pulmões. Por via oral, pode acumular-se nos rins e nos ossos.

O cromo, em sua forma oxidada trivalente é a mais estável e pode ser encontrada no meio ambiente. Já sua versão hexavalente é, em geral, produzida por processos industriais, principalmente na fabricação de ligas metálicas, sendo muito tóxica para o sistema respiratório.

Resíduos sólidos

Criada em 1995 com uma proposta ambiental para controle de efluentes, a Centralsuper funciona como entreposto entre a empresa geradora do resíduo sólido e seu envio para forno de cimento para eliminação completa de sua toxicidade.

Segundo João Carlos Dias, gerente técnico da Centralsuper, a maior dificuldade com que eles se deparam é o acondicionamento dos resíduos, pois a separação deste material nem sempre é feita na empresa de origem. O resíduo vai para filtro prensa e depois é colocado em tambores.

“Os elementos mais tóxicos verificados são o cromo e o cianeto. O cianeto tem um perigo imediato. Já o cromo é latente, primeiro ele contamina, impregna e depois começa a fazer efeito”, sentença Dias.

O futuro dos revestimentos metálicos

Muitas pesquisas continuam a ser feitas neste setor, tanto para minimizar a toxicidade dos resíduos provenientes desses processos como também para aprimorar as técnicas de proteção contra os efeitos deletérios que a corrosão provoca em todas as obras construídas pelo homem.

As superligas estão chegando...

Parece ficção científica, mas não é. Um novo processo muito barato pode fazer com que metais como o aço, por exemplo, se tornem dez vezes mais resistentes à corrosão. As peças feitas com a nova tecnologia estão sendo testadas em campos de petróleo nas costas da Austrália e da África. Alguns tipos de petróleo contêm compostos químicos altamente corrosivos, tais como o sulfeto de hidrogênio que danifica rapidamente os equipamentos de produção.

Ao implementar um método que “cria” metais de altíssima performance de forma barata e eficiente, a empresa americana Modumetal dá um passo importante para o desenvolvimento das indústrias de construção civil, automotiva e de petróleo, visto que a nova tecnologia promete fazer com que as peças tratadas durem muito mais e, assim, reduzam o custo de prospecção de fontes não convencionais de petróleo. Esta pode ser apenas a primeira de um amplo espectro de aplicações.

O avanço baseia-se no fato de que é possível controlar, em escala nanométrica, a estrutura de metais de modo a impregnar esses materiais com novas propriedades. Embora isso não seja novidade, na prática, tem sido muito difícil realizar esse processo em grandes peças de forma confiável e econômica.

A Modumetal desenvolveu um processo que fornece um controle preciso da estrutura dos metais e permite produzir peças de vários metros de comprimento. A CEO da empresa Christina Lomasney diz que os custos do processo são equivalentes a de tratamentos metálicos convencionais tais como os de eletrodeposição.

A empresa usa um banho que contém vários tipos de íons metálicos e controla a forma como os íons são depositados, mediante a variação da corrente elétrica em momentos precisos. Assim, uma estrutura com várias camadas de composição diferente pode ser criada, fazendo com que cada camada tenha uma espessura de alguns nanômetros. Como a última camada pode ter até um centímetro de espessura, ela pode alterar bastante as propriedades do material original. O revestimento em nanocamadas pode fazer com que um material se torne mais forte, interrompendo o desenvolvimento de fissuras.

Referências bibliográficas

1. Manual de Segurança e Saúde no Trabalho – Indústria Galvânica – SESI.
2. Arai, T., Harper, S. Thermoreactive deposition/diffusion process, ASM Handbook, ASM Intl., Material Park, Ohio, Vol. 4.
3. Avaliação de camadas de carbonetos e de boretos produzidas nos aços AISI H13 e D2 por meio de tratamentos termorrativos – Carlos Kleber Nascimento de Oliveira – Instituto de Química de São Carlos – USP.
4. Franco, T.; Druck, G.. Padrões de Industrialização, Riscos e Meio Ambiente. Ciência & Saúde Coletiva
5. Minimização de impactos ambientais da indústria galvânica através do uso de soluções livres de cianeto – Delci Fátima Meneghetti Casagrande – Centro Universitário Feevale
6. Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia – Prof. Dr. Haroldo de Araújo Ponte – Universidade Federal do Paraná.

Sherwin-Williams na Marintec South America – Navalshore

A Sherwin-Williams participou mais uma vez da Marintec South America – Navalshore apresentando seus produtos inovadores. O evento do setor de construção e manutenção naval da América do Sul foi realizado de 11 e 13 de agosto, no Rio de Janeiro (RJ).

Entre as tintas e revestimentos expostos pela Sherwin-Williams destacou-se a Seavoyage SPC, linha de revestimentos *antifouling* que protege embarcações e outras superfícies expostas aos efeitos nocivos causados pela incrustação de microorganismos no ambiente marítimo.

A Seavoyage SPC proporciona o controle da rugosidade causada pela incrustação, mantendo os cascos mais lisos, melhorando a performance da embarcação e, com isso, gerando redução no consumo de combustível. A linha possui tecnologia Nippon e seus produtos são livres de TBT (Tribu-



til Estanho), fungicida e algicida altamente nocivo para a vida marinha.

Mais informações: www.oespecialistasw.com.br

Reparo no local e a frio de galvanização em grandes estruturas

A galvanização é essencial para proteger da corrosão grandes estruturas metálicas presentes em indústrias dos mais diversos segmentos.

Para este trabalho, a Quimatic Tapmatic desenvolveu o CRZ, um produto de galvanização a frio que protege o metal da corrosão.

Ideal para todas as estruturas de ferro e aço que requerem extrema proteção anticorrosiva por estarem ao ar livre, enterradas ou submersas, o produto adere firmemente ao metal, penetra a porosidade e confere proteção galvânica, impedindo o alastramento da ferrugem por baixo do revestimento.



Mais informações: www.quimatic.com.br/produtos/anticorrosivos/crz

Nova linha de equipamentos PROTEC 2K

Com foco no mercado de anticorrosão, a marca alemã Wagner, em parceria no Brasil com a Embraser, está lançando a nova linha de equipamentos Protec 2K para dosagem, mistura e aplicação de material de dois componentes. Além de herdar a fama de confiabilidade e alto desempenho dos seus antecessores o novo conjunto,

por ser inteiramente mecânico, é tão simples para operar como um equipamento monocomponente. Com o Protec 2K, os pintores em obra, não precisam se preocupar com eletrônica sofisticada e ajustes por display e tecla tátil.

Mais informações: www.embraser.com.br



Simulação de sistemas de proteção catódica aplicada à área externa do fundo de tanques de armazenamento atmosférico

Modeling of cathodic protection systems applied to the external atmospheric storage tank bottoms



Por Juliana L. Cardoso

Resumo

Nos últimos anos, um elevado número de trabalhos publicados explora o uso de ferramentas de simulação numérica visando projetar sistemas de proteção catódica para a região externa do fundo de tanques de armazenamento atmosférico. Entretanto, a qualidade dos resultados obtidos está ligada à quantidade e precisão dos parâmetros de entrada inseridos no simulador. Trabalhos de simulação encontrados na literatura, em geral, trazem poucos detalhes sobre a obtenção desses parâmetros. Por outro lado, esse levantamento implica em domínio tanto da instalação do tanque e do sistema de proteção catódica envolvido, quanto do uso da ferramenta de simulação e da metodologia adequada para a obtenção dos parâmetros suficientes para garantir a precisão dos resultados. Neste trabalho, serão apresentados levantamentos criteriosos dos parâmetros de entrada para simular um sistema de proteção catódica para a região externa de um fundo de tanque, utilizando o programa Beasy e exemplos de simulações de modelos computacionais baseados em um modelo físico em escala reduzida, confrontando os resultados experimentais com as simulações.

Abstract

Polarization curves necessary to the modeling of cathodic protection systems applied to structures or equipment installed in marine environments are available on

reliable publications in literature. However, cathodic protection systems for the external area of atmospheric storage tanks bottom, which includes different types of soil, sand and concrete, are diverse and the polarization curves should be measured, considering specific conditions such as variation of the resistivity of the soil layers, degree of aeration, etc. In this work, it will be presented results of simulations of a cathodic protection system to an external tank bottom using the Beasy program, in comparison with physical scale modeling data.

Introdução

O uso de simulação computacional para o projeto de sistemas de proteção catódica foi bastante aplicado em estruturas e equipamentos marinhos^{1,3}. Encontra-se reportado na literatura⁴ um conjunto de curvas de polarização de materiais navais em meio de água do mar, que servem de referência para a realização de simulações. Porém, um atlas semelhante não é possível para aplicações de simulação de sistemas de proteção catódica para a área externa do fundo de tanques de armazenamento atmosférico, uma vez que o meio é bastante variado e inclui solos, areias e concretos. Além da curva de polarização, medidas de condutividade do material que compõe a base de assentamento e da resistência do cabeamento utilizado na instalação do sistema de proteção catódica também são necessárias para garantir a precisão dos resultados obtidos na

simulação^{5,7}.

Uma vez que o fenômeno de corrosão verificado nas chapas de fundo do tanque é um processo dependente da presença de água, assume-se que as curvas de polarização utilizadas na simulação do sistema de proteção catódica em meio aquoso são representativas do processo que ocorre nas superfícies metálicas envolvidas. Além disso, se o meio de ensaio reproduzir as condições de condutividade da base de assentamento, então a curva de polarização irá corresponder à condição de polarização por resistência que ocorre na interface da chapa ou do anodo com a base de assentamento⁸. Considerou-se, também, que o solo da base de assentamento da chapa de fundo estava naturalmente aerado, o que implica a participação do oxigênio na oxidação da chapa de fundo.

Cabe observar que muitos trabalhos têm sido realizados na área de simulação de sistemas de proteção catódica para fundo de tanque^{7,9,11}. Porém, poucos⁹ fornecem detalhes em relação à obtenção das curvas de polarização da chapa de fundo, incluindo comparações com modelos físicos em escala reduzida na análise dos resultados obtidos.

Neste trabalho, utilizando o programa Beasy, foram realizadas simulações de sistemas de proteção catódica com curvas de polarização levantadas de acordo com as características dos materiais utilizados em um modelo físico em escala reduzida de fundo de tanque. Os dados obtidos

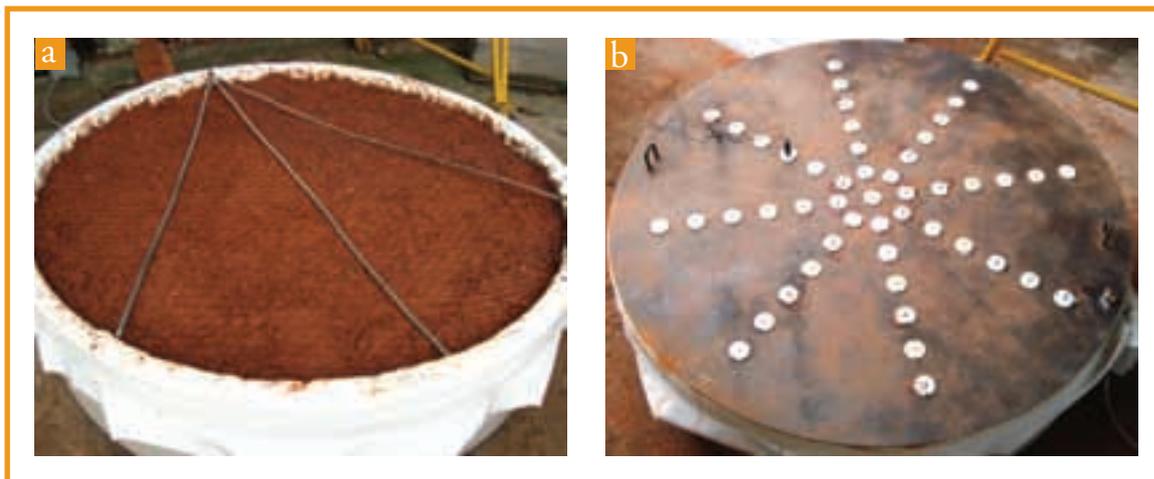


Figura 1 – Montagem do modelo físico de fundo de tanque: (a) posicionamento do anodo sobre o solo compactado e (b) distribuição de pontos para posicionamento de eletrodo de referência de medição de potencial

com as simulações são, então, confrontados com os dados experimentais do modelo físico, seguidos de uma breve discussão.

Modelo físico em escala reduzida de fundo de tanque

Um modelo físico de fundo de tanque (Figura 1) foi montado a partir de um anel de concreto pré-fabricado, com altura de 0,5 m e diâmetro externo de 2,0 m. Na região interna do anel foi instalada uma geomembrana comercial de PVC, com 1 mm de espessura. A instalação da geomembrana em fundo de tanque segue a recomendação da

norma API 650-2012¹².

O anel de concreto foi preenchido com solo argiloso (com condutividade de $141 \mu\text{S cm}^{-1}$ e umidade 14,4 %) e compactado até a altura de 0,45 m, para o posicionamento do anodo. Por fim, completou-se o anel com 50 mm de solo sobre o anodo, alcançando a borda superior do anel de concreto.

O anodo é composto de duas partes de chapa expandida de Ti com revestimento de MMO (*Mixed Metal Oxide*), em formato de grade, com barras distribuidoras de corrente em Ti soldadas às grades.

Uma chapa de aço-carbono ASTM A36 foi posicionada sobre o solo compactado do anel de concreto. Essa chapa possui formato circular com 2 m de diâmetro e 6,35 mm de espessura. Peças de aço-carbono ASTM A36, com 40 mm de diâmetro e 6,35 mm de espessura foram instaladas com o uso de suportes de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), com contato elétrico com a chapa, para permitir instalação de eletrodos de referência de medição de potencial em diversas posições.

O sistema de proteção catódica instalado no modelo físico é

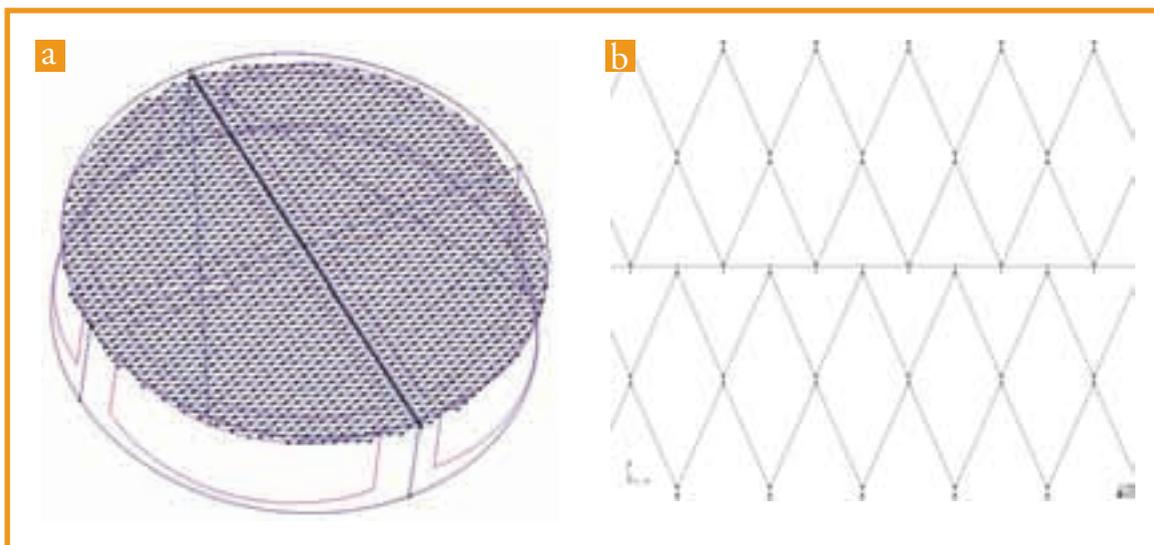


Figura 2 – (a) Descrição geométrica do modelo computacional de fundo de tanque e (b) detalhe da grade de MMO com a barra de condução de Ti

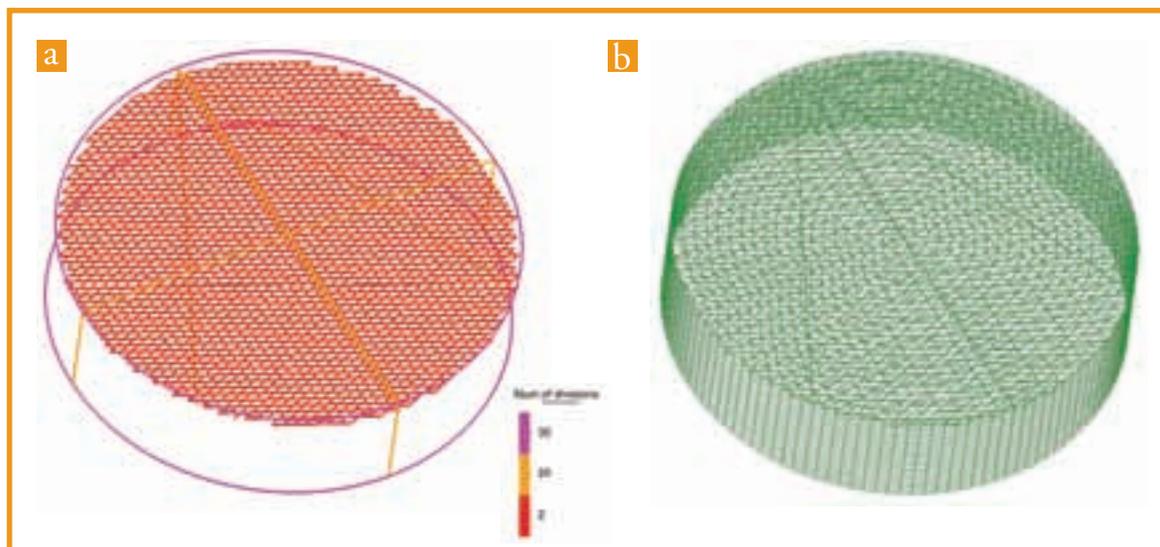


Figura 3 – (a) Número de divisões da malha em cada estrutura do modelo e (b) representação da malha

composto por fonte de corrente contínua estabilizada com características nominais de 32 V e 5 A. As medições de potencial e corrente foram realizadas com multímetro modelo 287 da marca Fluke. O eletrodo de referência utilizado nas medições de potencial foi o eletrodo de Cu/CuSO_4 ($E = 300 \text{ mV}$, ENH – eletrodo normal de hidrogênio). As medições de potencial ON e OFF foram feitas manualmente, usando o padrão de temporização de 12 s ON e 4 s OFF.

Modelo computacional e parâmetros de simulação

Os parâmetros de entrada de um modelo computacional de sistema de proteção catódica são

as propriedades físicas e geométricas do eletrólito, a geometria do anodo e do catodo (tamanho e localização), a característica de polarização dos materiais envolvidos como eletrodos ativos e a ligação elétrica entre cada uma das partes^{6,7}.

A simulação, portanto, envolve a solução de dois problemas interligados: o eletrólito e o circuito externo. O primeiro envolve o eletrólito e todas as estruturas ao seu redor, incluindo os eletrodos ativos (anodos e catodos) e as superfícies isolantes limitando o eletrólito (geomembrana), enquanto que o segundo incorpora a resistência do circuito de componentes discretos como retificadores, cabos e *shunts*, quando houver⁷.

O programa Beasy utiliza equações de Kirchhoff para resolver as equações de circuito elétrico, que fornecem a distribuição da tensão nos anodos. O modelo matemático de queda de potencial no eletrólito, descrito por uma equação de Laplace, é resolvido utilizando Métodos de Elementos de Contorno. Finalmente, a relação entre a densidade de corrente e a diferença de potencial, por ser não linear, é obtida de forma iterativa⁷.

Modelo Computacional de Fundo de Tanque com Anodo em Grade

Na Figura 2a, é apresentada a descrição geométrica do modelo computacional, seguindo as características da montagem

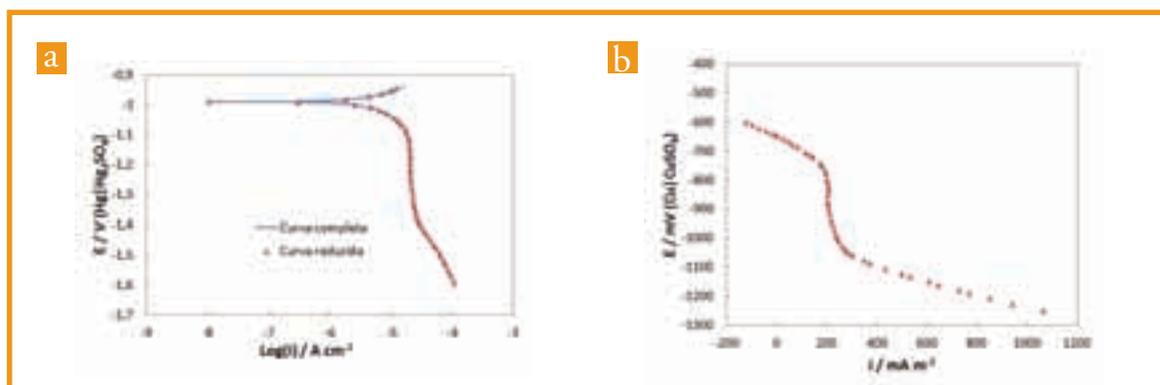


Figura 4 – Curva de polarização da amostra de aço A36 (catodo) (a) em log da corrente e (b) ajustada para o simulador

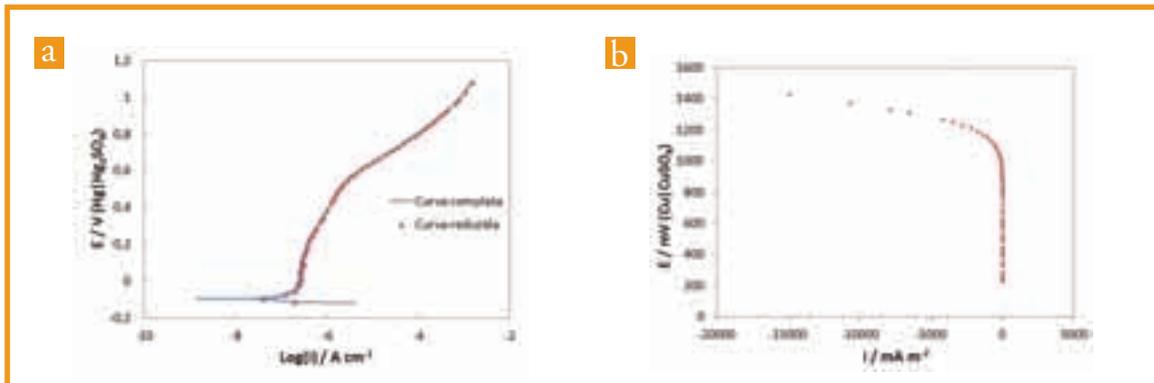


Figura 5 – Curvas de polarização da grade de MMO (a) em log da corrente e (b) ajustada para o simulador

do modelo físico em escala reduzida.

O anodo real é formado por duas chapas expandidas de Ti recobertas por MMO, com área transversal de cada filamento de 1 mm^2 . Essas chapas são unidas pela barra condutora central, soldada unindo as duas partes do anodo. A área da seção transversal das barras condutoras é de $12,7 \text{ mm}^2$.

O programa Beasy possui uma funcionalidade que permite a descrição de uma estrutura cilíndrica por uma linha e pelo raio do cilindro que aquela linha representa. Esse recurso diminui a complexidade do modelo e o seu tempo de resolução pelo simulador. Outra característica do Beasy é considerar que as linhas de desenho inseridas dentro de um mesmo grupo são conectadas, mesmo que no desenho haja um espaçamento entre elas.

Utilizando essa função para o modelamento do anodo, calculou-se o raio equivalente à área da seção transversal do filamento, igualando a área retangular do anodo para a área de um círculo. Com o raio equivalente e o desenho das linhas, foi feita a representação geométrica da grade de MMO, conforme apresentado na Figura 2b. Como o anodo é formado por duas metades separadas de grade, as linhas que representam as duas partes foram colocadas em grupos distintos, chamados de Anodo 1 e Anodo 2.

As três barras de Ti que formam as barras condutoras do anodo também foram representadas por linhas, com raio calculado a partir da área da seção transversal da barra, conforme mostrado na Figura 2b. As linhas que representam as barras de Ti foram colocadas em grupos individuais, chamados de

Ti Bar0, Ti Bar1 e Ti Bar2.

A chapa de fundo de tanque foi representada pela superfície de um círculo com raio de 1 m e a geomembrana foi representada pela superfície lateral de um cilindro de raio igual a 1 m . Essas superfícies foram colocadas nos grupos Tank e Membrane, respectivamente.

A etapa seguinte à representação geométrica para a simulação do fundo de tanque é a definição da malha de cálculo do modelo, que está indicada na Figura 3. Quanto mais densa a malha de cálculo, maior a precisão do resultado e mais tempo é consumido na realização dos cálculos. Procurou-se gerar uma malha com duas divisões para cada linha que compõe o anodo, uma vez que essa estrutura já possui um alto detalhamento geométrico. Para as estruturas com menos detalhes, como as barras de Ti, a chapa de fundo e

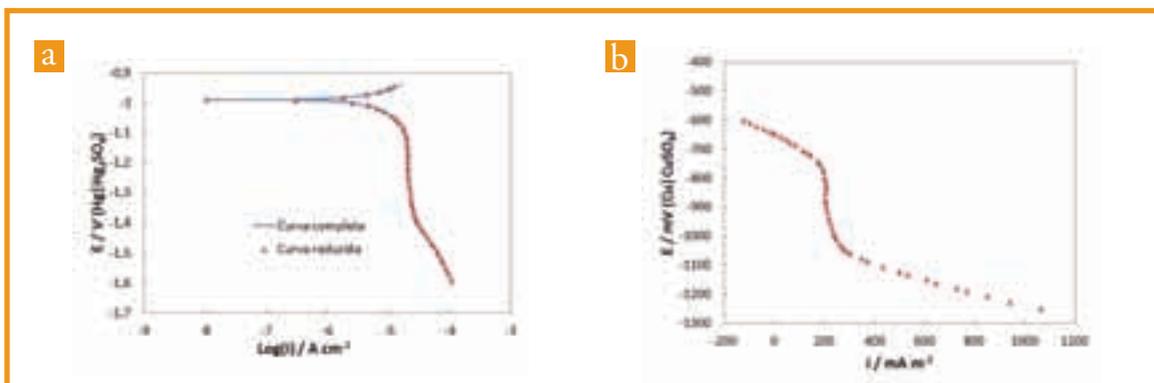


Figura 6 – Curvas de polarização das barras condutoras de Ti (a) em log da corrente e (b) ajustada para o simulador

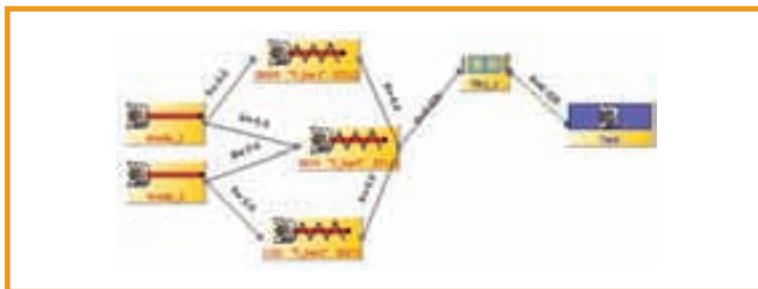


Figura 7 – Circuito elétrico que corresponde à instalação do sistema de proteção catódica do modelo físico

a geomembrana, foram geradas malhas com número maior de divisões, conforme apresentado na Figura 3a. O resultado é a malha de cálculo apresentada na Figura 3b, composta por 134 593 elementos.

Criado o modelo, a próxima etapa consiste fornecer ao simulador as características dos materiais, conforme empregados no modelo físico. Curvas de polarização dos materiais utilizados na chapa de fundo de tanque (cátodo), das barras de Ti e da grade de MMO (ânodo) estão indicadas nas figuras de 4 a 6.

As curvas de polarização foram obtidas utilizando o potenciostato modelo VMP3 *Multi-channel* da *Bio Logic*, a 23,5 °C, com eletrodo de referência de $\text{Hg}|\text{Hg}_2\text{SO}_4$ em solução saturada de K_2SO_4 ($E = 643$ mV, ENH) com capilar de Luggin e um eletrodo auxiliar de Pt em tela, com área de aproximadamente 45 cm^2 . Utilizou-se ve-

locidade de varredura de 0,166 mV s^{-1} , conforme norma ASTM G59¹³. O meio utilizado na obtenção da curva procurou mimetizar a resistividade do solo empregado na montagem do modelo físico. Para tanto, foi preparada uma solução com 0,098 g L^{-1} de Na_2SO_4 , em que se mediu pH 6,6 e condutividade de 140,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Visando uniformizar a presença de oxigênio dissolvido no meio de ensaio, a solução foi agitada ao ar com barra magnética durante 1 h antes de se obter as curvas de polarização.

Para que o simulador pudesse calcular os valores de potencial em relação ao eletrodo de referência de $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$ ($E = 300$ mV, ENH), os valores de potencial da curva de polarização foram previamente convertidos, conforme mostrado nas figuras 4b, 5b e 6b. Antes de inserir os dados no simula-

dor, foi necessário diminuir o número de pontos que descrevem cada curva para 50 pontos, valor máximo aceito pelo simulador, resultando na curva representada como “Curva reduzida”, nas figuras 4a, 5a e 6a.

A curva de polarização do cátodo (Figura 4) foi obtida com eletrodo de trabalho construído com uma amostra da chapa utilizada no modelo físico, de área de 1 cm^2 e embutida em resina epóxi de cura fria. Previamente à obtenção da curva, o eletrodo teve sua superfície polida com alumina em grãos com diâmetro de 3 μm e desengraxada em etanol.

A curva de polarização do ânodo (Figura 5) foi obtida com eletrodo de trabalho construído com uma amostra do ânodo utilizado no modelo físico, de área de 1 cm^2 e embutida em resina epóxi de cura fria. Previamente à obtenção da curva, o eletrodo teve sua superfície desengraxada com etanol.

Não foi possível considerar na simulação a resistência ao longo do comprimento do material que compõe o ânodo, uma vez que as linhas que o descrevem geometricamente foram colocadas em apenas dois grupos e o simulador não permite atribuir resistência ao longo do comprimento diferente de zero em grupos que

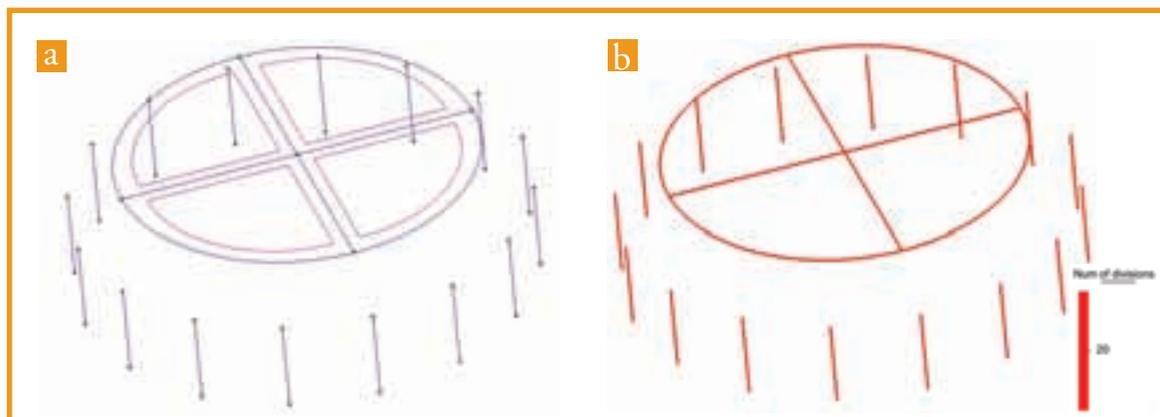


Figura 8 – (a) Descrição geométrica de um fundo de tanque com anodos verticais ao longo da periferia e (b) número de divisões da malha em cada estrutura do modelo

contenham mais de uma linha. A resistência ao longo do comprimento da grade de MMO é de $0,080 \Omega \text{ m}^{-1}$ conforme catálogo do fabricante.

A curva de polarização das barras condutoras de Ti (Figura 6) foi obtida com eletrodo de trabalho construído com uma amostra do anodo utilizado no modelo físico, de área de $2,5 \text{ cm}^2$ e embutida em resina epóxi. Foi utilizado na simulação o valor da resistência ao longo do comprimento da barra de $0,052 \Omega \text{ m}^{-1}$, conforme catálogo do fabricante.

Isso foi possível uma vez que as linhas que representam as barras foram inseridas em grupos separadamente.

Na Figura 7 é apresentado o circuito elétrico de simulação que corresponde ao modelo físico. As resistências entre os terminais da fonte de tensão correspondem aos fios de ligação entre este, o anodo e a chapa. As ligações entre as barras de distribuição e os anodos foram consideradas com resistência nula por serem partes soldadas diretamente uma as outras.

As simulações foram realizadas com tolerância de desvio de tensão dos valores das curvas de polarização de até $0,5 \text{ mV}$. A tolerância da porcentagem de erro de corrente é de até 1% e o tipo de elemento utilizado na resolução foi constante. A posição de referência de tensão foi a própria chapa de tanque.

TABELA 1 – MEDIDAS DE POTENCIAL ON E OFF REALIZADAS NO MODELO FÍSICO EM ESCALA REDUZIDA, COM POTENCIAL APLICADO PELA FONTE DE CORRENTE CONTÍNUA DE 3,44 V

Dias de ensaio	Potencial (V, Cu CuSO ₄)					
	ON			OFF		
1	-1,619	-1,620	-1,625	-0,864	-0,870	-0,878
2	-1,852	-1,853	-1,856	-0,846	-0,846	-0,854
Média	-1,738			-0,860		

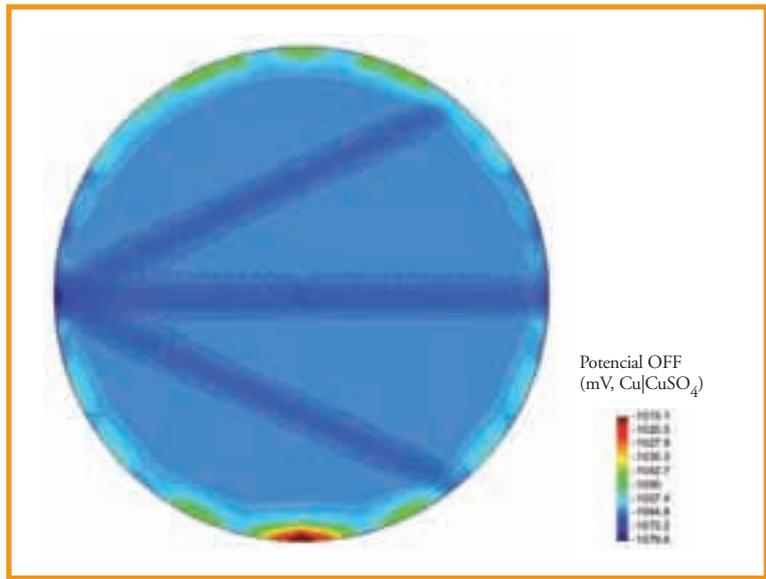


Figura 9 – Resultado da simulação do protótipo de fundo de tanque com anodo em grade, com aplicação de $3,44 \text{ V}$

Fundo de Tanque com Anodos Verticais ao Longo da Periferia

Como comparação e de forma hipotética, foi feita a simulação de um fundo de tanque com a mesma dimensão do modelo físico, diferenciando apenas em anodos verticais distribuídos ao longo da periferia. Essa configuração de anodos é a insta-

lação mais comum de sistema de proteção catódica, principalmente quando o sistema de proteção é instalado após a construção do tanque¹⁴. É importante ressaltar que existem outras configurações de anodo possíveis de serem utilizadas em fundo de tanques, como anodos inclinados, anodos em leito profundo, ou anodos posicionados em

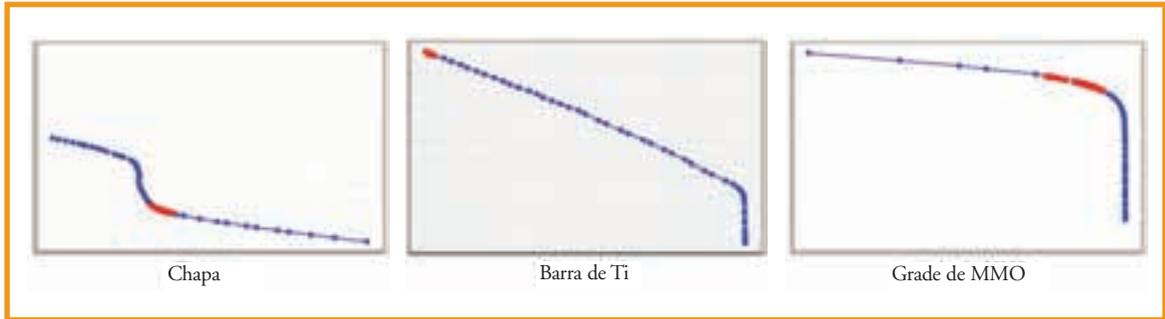


Figura 10 – Representação da região das curvas de polarização utilizadas para calcular o resultado do modelo com anodo em grade com polarização de $3,44 \text{ V}$

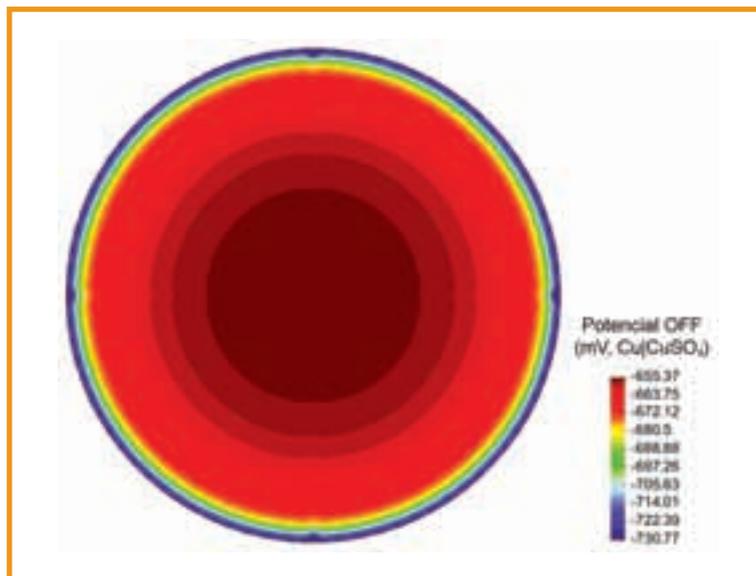


Figura 11 – Resultado da simulação de fundo de tanque com anodos verticais ao longo da periferia, com aplicação de 3,44 V

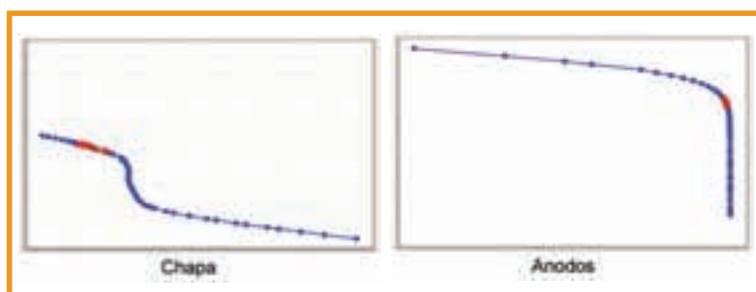


Figura 12 – Representação da região das curvas de polarização utilizadas para calcular o resultado do modelo com anodos verticais com polarização de 3,44 V

furos direcionais paralelos ao fundo do tanque¹⁵.

Foram posicionados ao longo da periferia do tanque 16 anodos a 0,25 m de profundidade em relação à chapa de fundo, com comprimento de 0,5 m cada um e diâmetro de 25 mm, conforme mostrado na Figura 8a. Anodos com as dimensões indicadas, fabricados em MMO, são comerciais.

A malha de cálculo utilizada nesse modelo é apresentada na Figura 8b, em que todas as estruturas foram definidas com 20 divisões. O resultado é a malha de cálculo composta por 3 104 elementos. A quantidade de elementos desse modelo é consideravelmente menor devido à menor complexidade do formato

dos anodos empregados.

As curvas de polarização do anodo e do catodo empregados nesse modelo são as mesmas empregadas no modelo com anodo em grade. Não foi considerada a resistência ao longo do comprimento desse anodo para manter a semelhança com as condições adotadas para o anodo em grade.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão registradas as medidas de potencial no modelo físico em escala reduzida de um fundo de tanque, nos dois primeiros dias de ensaio.

Nota-se que foi possível atingir o potencial de proteção de -0,860 V (Cu|CuSO₄) com o potencial aplicado pela fonte de 3,44 V.

Na Figura 9 é apresentado o resultado da simulação do modelo de fundo de tanque, utilizando anodo em grade e com aplicação de potencial externo de 3,44 V.

O mapa de potencial da representação da chapa de fundo indica que houve pouca variação do potencial ao longo da chapa ($\Delta E = 64,6$ mV, Cu|CuSO₄). O potencial menos negativo foi verificado em regiões esparsas ao longo da extremidade do tanque, regiões essas em que a densidade da malha de anodos é menor devido à curvatura do corte do anodo. Verifica-se, ainda, que as regiões ao longo das barras de condução Ti apresentaram o potencial mais negativo, por ser a menor resistência a ser percorrida pela corrente no anodo.

O valor médio de potencial OFF apresentado pelo simulador ($\bar{E} = -1046,4$ mV, Cu|CuSO₄) é superior ao valor de potencial OFF médio medido no modelo físico ($\bar{E} = -860$ mV). Essa diferença pode ter sido causada pela impossibilidade de considerar no simulador a perda de energia decorrente da resistência da grade de MMO. O simulador não permitiu inserir essa informação, uma vez que o anodo foi descrito como conjuntos de linhas. O simulador permite que seja indicada a resistência das linhas individualmente, quando em grupos contando apenas uma linha, porém, como nesse modelo foi necessário utilizar 5 516 linhas na descrição dos anodos, a montagem do circuito elétrico nos moldes exigidos pelo Beasy se torna inviável.

Nessa simulação, a porcentagem de erro de corrente foi de 0,056 % e as regiões das curvas de polarização utilizadas para fornecer o resultado são apresentadas na Figura 10. Os pontos vermelhos indicam a região da curva utilizada para o cálculo do resultado final, bem como que a

curva foi seguida corretamente pelo simulador na busca pela convergência dos resultados.

Na Figura 11 é apresentado o resultado da simulação do modelo de fundo de tanque, utilizando anodos verticais distribuídos ao longo da periferia do tanque e com aplicação de potencial externo de 3,44 V.

O mapa de potencial da representação da chapa de fundo indica que houve maior variação do potencial ao longo da chapa ($\Delta E = 75,4 \text{ mV}$, $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$). Ao contrário do modelo anterior, o potencial mais negativo foi verificado ao longo de toda a extremidade do tanque. Verifica-se, ainda, que a região central é a região com o potencial menos negativo, indicando que há uma dificuldade maior da corrente do sistema em atingir essa região.

O valor médio de potencial OFF apresentado nesse modelo ($\bar{E} = -693,1 \text{ mV}$, $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$) é inferior ao valor de potencial OFF médio medido no modelo com anodo em grade ($\bar{E} = -1046,4 \text{ mV}$). Essa diferença pode ter sido causada pela maior distância a ser percorrida pela corrente dentro do eletrólito até atingir o catodo. Por esse percurso ser maior, ocorre maior perda de energia por queda ôhmica ao longo do eletrólito (solo). Sendo assim, é mais difícil proteger a região central do fundo do tanque do que as bordas, que estão mais próximas dos anodos, conforme verificado no resultado da simulação.

Nessa simulação, a porcentagem de erro de corrente foi de 0,035 % e as regiões das curvas de polarização utilizadas para fornecer o resultado são apresentadas na Figura 12.

Na Figura 13 é apresentado o resultado da simulação do modelo de fundo de tanque, utilizando anodos verticais distribuídos ao longo da periferia do tanque e com aplicação de po-

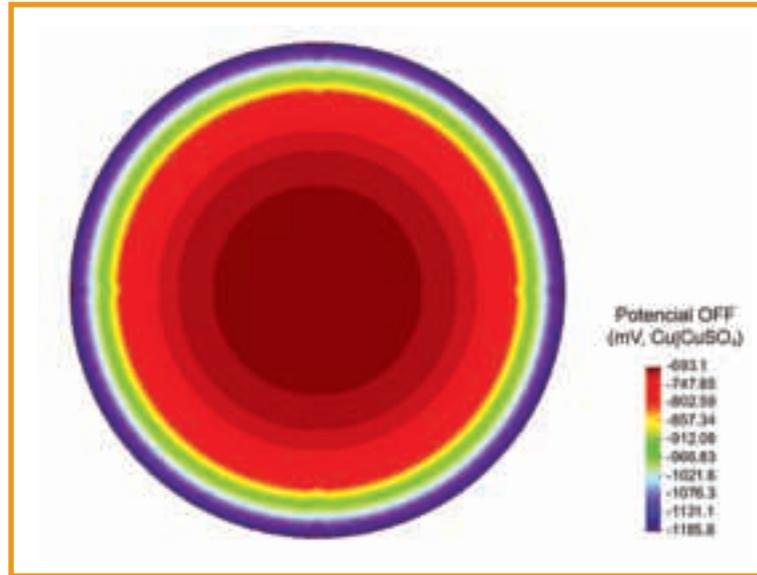


Figura 13 – Resultado da simulação de fundo de tanque com anodos verticais ao longo da periferia, com aplicação de 10,0 V

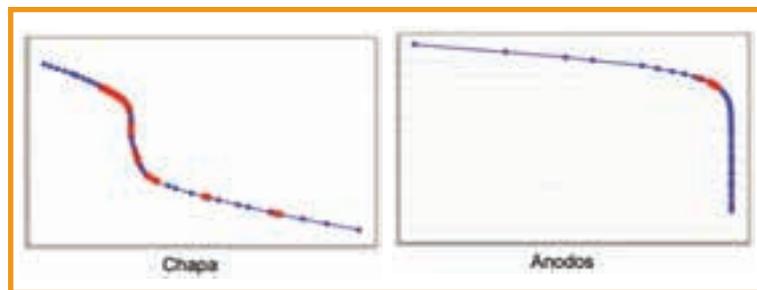


Figura 14 – Representação da região das curvas de polarização utilizadas para calcular o resultado do modelo com anodos verticais com polarização de 10,0 V

tencial externo de 10,0 V.

Nessa simulação, a porcentagem de erro de corrente foi de 0,033 % e as regiões das curvas de polarização utilizadas para fornecer o resultado são apresentadas na Figura 14.

O mapa de potencial da representação da chapa de fundo (Figura 13) indica que houve maior variação do potencial ao longo da chapa ($\Delta E = 492,7 \text{ mV}$, $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$). O gradiente de potencial foi ampliado com o aumento do potencial aplicado, porém, o centro do tanque não atingiu o potencial de proteção.

O valor médio de potencial OFF apresentado nesse modelo ($\bar{E} = -939,4 \text{ mV}$, $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$) é inferior ao valor de potencial OFF médio medido no modelo

com anodo em grade ($\bar{E} = -1046,4 \text{ mV}$). As simulações indicam que um sistema de proteção catódica eficiente pode ser mais facilmente conseguido com a instalação de anodos em grade paralelo ao fundo do tanque.

Conclusão

Foram apresentados levantamentos criteriosos dos parâmetros de entrada para simular um sistema de proteção catódica para a região externa de um fundo de tanque, utilizando o programa Beasy e exemplos de simulações de modelos computacionais baseados em um modelo físico em escala reduzida, confrontando os resultados experimentais com as simulações.

As simulações indicam que um sistema de proteção catódica eficiente pode ser mais facilmente conseguido com a instalação de anodos em grade paralelo ao fundo do tanque, uma vez que um anodo em formato de grade instalado paralelamente ao fundo de tanque apresentou de - 860 mV, conforme modelo físico, e, como resultado da simulação, potencial OFF médio de - 1046 mV e distribuição de potencial uniforme.

Referências bibliográficas

1. ADEY, R.; BAYNHAM, J.; JACOB, R. *Prediction of Interactions between FPSO and Subsea Cathodic Protection Systems*. Proceedings of NACE Corrosion, New Orleans, USA, 2008.
2. ADEY, R.; BAYNHAM, J.; CURTIN, T. *Predicting the Performance of Cathodic Protection Systems with Large Scale Interference*. Proceedings of WIT Press ELECTROCOR, Myrtle Beach, USA, 2007.
3. SANTANA-DIAZ, E.; ADEY, R.A. *Predicting the Coating Condition on Ships Using ICCP System Data*. Proceedings of Tri-Service Corrosion Conference, Las Vegas, USA, 2003.
4. HACK, H. P. *Atlas of Polarization Diagrams for Naval Materials in Seawater*. CARDIVNSWC-TR-61, 1995.
5. RIEMER, D.P.; ORAZEM, M.E. *A mathematical model for the cathodic protection of tank bottoms*. Corrosion Science, v. 47, p. 849-868, 2005.
6. HOGAN, E.A. *et al. Validation plan for boundary element method modeling of impressed current cathodic protection system design and control response*. WIT Transactions on Engineering Sciences, v. 54, p.113-122, 2007.
7. ADEY, R.A.; BAYNHAM, J.M.W. *Simulation Assisted Design of Storage Tank Base ICCP*. Proceedings of NACE Corrosion, San Antonio, USA, 2010.
8. WOLYNEC, S. *Técnicas Eletro-químicas em Corrosão*. São Paulo: EdUSP, 2003.
9. SCHULTZ, M. et al. *Proteção catódica de fundo de tanques de armazenamento: resultados experimentais e numéricos*. Proceedings of 24° CONBRASCORR, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
10. VITTONATO, J.; BAYNHAM, J. *General Consideration about Current Distribution and Potential Attenuation Based on Storage Tank Bottom Modeling Study*. Proceedings of NACE Corrosion, Salt Lake City, USA, 2012.
11. ADEY, R.; BAYNHAM, J.; PERATA, C. *Modeling of Impressed Current Cathodic Protection Anode Arrangements for Storage Tank Bottoms*. Proceedings of IDETC, Washington DC, USA, 2011.
12. API standard 650, 2007 (2012), *Welded Tanks for Oil Storage*, American Petroleum Institute, API, Washington, DC, 2012, www.api.org.
13. ASTM standard G59, 1997 (2014), *Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements*, ASTM International, ASTM, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.
14. CHATTERJEE, B. *Prevention of External (Soil Side) Corrosion on Storage Tank Bottom Plates by Cathodic Protection System*. Proceedings of NACE Corrosion, New Orleans, USA, 2008.
15. GARRITY, K. C.; URBAS, M. *Cathodic protection of external tank bottoms*. Materials Performance, April, p. 32, 1988.

Juliana L. Cardoso

Doutora em Ciências e Mestre em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP. Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT)

Neusvaldo L. de Almeida

Mestre em Metalurgia, Responsável pelo Laboratório de Corrosão e Proteção, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

Gutemberg de S. Pimenta

Mestre em Engenharia Metalúrgica e Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Consultor Sênior, Petrobras/CENPES

Fabiano R. dos Santos

Tecnólogo em Processos Metalúrgicos. Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT)

Eduardo W. Laurino

Consultor Técnico, Petrobras Transporte S.A.

Contato com a autora: jcardoso@ipt.br

Trabalho apresentado durante a 13ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos.

Armazenamento de tintas

Storage of paints

Resumo

Com exceção das tintas a base de água e das sem solventes, a maioria das tintas utilizadas na indústria e na proteção anticorrosiva contém solventes orgânicos inflamáveis. Defeitos na embalagem, danificações sofridas durante o transporte, manuseio incorreto na estocagem ou ainda, aquecimento excessivo, podem causar vazamentos de tintas e consequentemente de solventes e acúmulo de seus vapores no ambiente. Se houver uma fâsca elétrica ou uma chama aberta poderá ocorrer um acidente.

Abstract

With exception of water base paints and solvent free paints, the majority of the coatings used in the industry and in the anticorrosive protection, contains inflammable organic solvents. Defects in the containers, damages suffered during the transport, incorrect handling in the storage or yet, excessive heat, can cause leakages of paints and consequently accumulation of its vapors in the environment. If an electric spark or an open flame occur, it is possible that an accident may to take place.

Local de armazenamento

Características construtivas

Almoxarifados, depósito, ou salas de armazenamento situados dentro de prédios devem ser construídos com paredes, pisos e tetos de material não combustível. A sala deve ter pelo menos uma parede externa com porta. Possuir janelas na parede voltada

para o exterior, além de porta para acesso do Corpo de Bombeiros se houver necessidade. Possuir saída de emergência bem localizada e sinalizada. Aberturas ou passagens para outras salas devem ser providas de soleira ou rampas a prova de passagem de líquidos, feitas de material não combustível com no mínimo 15 cm de altura. No lugar das soleiras podem ser utilizadas valetas cobertas com grades de ferro com escoamento para local seguro. As portas devem ser do tipo corta-fogo de maneira a oferecer estanqueidade ou serem providas de contenção. O ideal seria que o local de armazenamento ficasse em prédio separado, a pelo menos 15 metros de distância dos prédios principais*.

Piso

O piso deve ser capaz de suportar a carga sobre ele depositada e oferecer adequada resistência aos equipamentos de movimentação. Deve ser preferencialmente de concreto, de cerâmica ou revestidos com epóxi para que não haja saturação do ambiente por umidade emanada do solo. A umidade provoca o enferrujamento das embalagens metálicas e com o tempo podem apresentar perfurações. Deve-se evitar pisos de madeira no local de armazenamento de tintas e diluentes.

Prateleiras

As prateleiras e estantes devem ser firmes e construídas preferivelmente em aço e devem suportar o peso das latas ou embalagens armazenadas.

Circulação em torno das prateleiras

Deve ser deixado espaço suficiente em torno das prateleiras para facilitar a colocação e retirada das embalagens. As vias de circulação devem permanecer livres para evitar que a movimentação cause danos às embalagens e que latas possam cair no vão formado entre as prateleiras e a parede.

Acesso

O local de armazenamento deve, de preferência, ser situado em andar térreo, de fácil acesso e com as vias mantidas sempre livres e desimpedidas. O local deve se comunicar com o exterior por meio de uma porta de emergência, que possibilite a fuga em caso de incêndio.

Vizinhança com salas aquecidas

O local de armazenamento de tintas e diluentes não deve ter paredes comuns com áreas aquecidas, como salas de fornos ou estufas, a menos que haja perfeito isolamento térmico.

Local apropriado

Tintas e diluentes não devem ser armazenados sob escadas ou nas proximidades de áreas usadas para a saída ou passagem de pessoas, para evitar confinamento em caso de incêndio.

Nestes locais, devem ser evitados aparelhos ou equipamentos com escovas ou carvões que produzam fâscas ao funcionarem. Além disso, devem ser evitados também os locais que trabalham aquecidos, a fim de que a temperatura do ambiente não se eleve.



Por Celso Gnecco

* Obs.: Para maiores detalhes sobre Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis consultar ABNT NBR 17505 – Parte 4.



Figura 1 – Identificação do tipo de Incêndio CLASSE B

TABELA 1 – EMPILHAMENTO MÁXIMO DE EMBALAGENS

Tipo de embalagem	Capacidade	Empilhamento máximo
Galão (lata nº 1)	3,6 L	20 (vinte)
Balde (5 galões)	18 L	5 (cinco)
Tambor	200 L	3 (três)

Local exclusivo

As tintas e diluentes não devem ser armazenados juntos com outros tipos de materiais, principalmente os sólidos inflamáveis.

As caixas de papelão devem ser retiradas, ficando estocadas somente as latas. Estopas, caixas de madeira, papéis ou roupas devem ser removidos do local de armazenamento.

Extintores de incêndio

O fogo em tintas e diluentes é classificado como CLASSE B (ver Figura 1). Este tipo de incêndio pode ser combatido com extintores de pó químico seco BC ou ABC e com extintores de gás carbônico CO₂. O extintor do tipo espuma também pode ser usado em incêndio Classe B.

O extintor mais apropriado é o de pó químico seco, que é eficiente tanto em locais fechados quanto em locais abertos. Já o extintor de CO₂ é eficiente apenas em locais fechados.

É importante que existam extintores também do lado de fora do local, para que no caso de incêndio no estoque, possam ser utilizados os extintores externos.

A área deverá ser sinalizada de acordo com a NR 23, com cartazes ou sinais bem visíveis de: É PROIBIDO FUMAR, PERIGO, MATERIAL INFLAMÁVEL (ver Figura 2).

Hidrantes

O combate a incêndios em tintas e diluentes por meio de jatos de água não é aconselhável por causa do transbordamento e espalhamento do líquido inflamado. No início de incêndios, é recomendável a utilização de extintores portáteis de pó químico seco, porém se o fogo já está avançado, é necessário ter disponível hidrantes nas imediações, pois a água é indispensável para o resfriamento do local para permitir o acesso do pessoal de combate ao incêndio. A água deve ser aspergida na forma de neblina sobre o material incendiado, evitando-se jatos que poderiam espalhar o fogo. Os sistemas de hidrantes devem possuir reservatórios apropriados e bem dimensionados, bombas de recalque potentes e mangueira permanentemente revisadas e conservadas.

Treinamento da brigada de incêndio

O pessoal da brigada de incêndio que é treinado para o primeiro combate ao foco de incêndio deve receber noções sobre o que é tinta, diluente e como combater incêndios neste material.

Sistema elétrico

As tomadas e interruptores devem ser blindados e a prova de explosão. Os fios devem ser instalados dentro de conduítes apropriados e dimensionados corretamente. As instalações elétricas devem atender ao disposto na NR 10.

Iluminação

O local deve ser provido de boa iluminação, se possível natural, através de janelas com vidros aramados. No caso de iluminação artificial, as luminárias devem ser blindadas ou lâmpadas à prova de explosão pois o "estouro" de uma lâmpada pode incendiar os vapores de solventes se estes estiverem acumulados no ambiente.

Ventilação

O local deve ser coberto, porém bem ventilado, sendo necessário que as paredes sejam construídas em parte ou totalmente com elementos vazados, ou com telas ou com grades. É preferível ventilação natural. No caso de ventilação forçada ou mecânica, os motores utilizados nos exaustores devem ser blindados e a prova de explosão.

Sistema de Exaustão

O local deve possuir um sistema de exaustão, ao nível do teto para retirada de vapores leves e ao nível do solo para retirada dos vapores mais pesados.

Pára-raios

O local de armazenamento deve estar protegido por pára-



Figura 2 – Sinais e Cartazes apropriados para a área de armazenamento de Tintas e Diluentes

raios do tipo Franklin ou gaiola de Faraday. As ligações e o isolamento do cabo de aterramento devem ser verificados periodicamente e estar em ordem.

Temperatura do local de armazenamento

O local de armazenamento deve ter refrigeração ambiental caso a temperatura ambiente ultrapasse a 38 °C. Nos rótulos das embalagens e nas Fichas Técnicas a temperatura máxima é 40 °C.

Cuidados no armazenamento

Recipientes fechados

As embalagens de tintas e diluentes devem ficar bem fechadas enquanto não forem utilizadas.

Ao abrir uma lata de tinta, deve-se tomar cuidado para não danificar e não derramar tinta nas suas bordas, que poderá impedir uma perfeita vedação da tampa.

É conveniente que se coloque, na medida do possível, o conteúdo de embalagens de tintas consumidas parcialmente em outras embalagens menores, de maneira que elas fiquem armazenadas cheias (com o mínimo de espaço-vapor). A presença de ar e umidade no interior das embalagens prejudica especialmente os primers e esmaltes sintéticos (alquídicos) por causa da formação de nata irreversível

na superfície da tinta. Não adianta bater vigorosamente a tinta, pois não há possibilidade de-la ser redissolvida e pedaços poderão entupir pistolas e prejudicar a pintura.

Rotatividade na prateleira

O armazenamento deve ser feito de tal forma que possibilite a retirada em primeiro lugar das latas de lotes mais antigos. Este procedimento evita que tintas recebidas mais recentemente sejam colocadas na frente e as mais antigas permaneçam no fundo da prateleira, ultrapassando o prazo de validade do lote.

Empilhamento Máximo

Empilhamento de embalagens em número superior ao recomendado poderá danificar as embalagens de baixo. Com o amassamento das embalagens poderão ocorrer vazamentos. O empilhamento máximo das embalagens no local de armazenamento deve, segundo a norma N-13 K, ser o seguinte, Tabela 1.

Tintas Bicomponentes

O armazenamento de tintas bicomponentes deve ser feito aos pares, ou seja, juntando lado a lado, ou um sobre o outro, os componentes A e B de uma determinada tinta. Esta providência simples evita desperdícios de material e prejuízos. Logo após a chegada dos materiais ao

almoxarifado, as embalagens devem ser retiradas das caixas de papelão e unidas com uma fita adesiva ou com arame, o que evita erros de mistura de componentes. Os mais comuns são a utilização da base de uma tinta com "catalisador" de outra, ou esquecimento de que a tinta é bicomponente e aplicação somente da base. De um jeito ou de outro, a tinta não irá curar satisfatoriamente e poderá causar prejuízos e aborrecimentos.

Referencias Bibliográficas

Artigo de autoria de Celso Gnecco, publicado no Informativo CRQ-IV em 1999, Norma Petrobrás N-13 K – Requisitos técnicos para serviços de pintura, NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade, NR 23 – Proteção contra incêndios e Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes – Série P + L da CETESB.

Celso Gnecco

Engenheiro, Gerente Treinamento Técnico da Sherwin-Williams do Brasil – Unidade Sumaré

Contato com o autor:
celso@sherwin.com.br

Análise de falhas na fixação de *continodos* de proteção catódica no interior de tubulação de petróleo e água produzida

Failure analysis of internal linear galvanic anodes inside oil and water pipes



Por João P. K.
Gervásio

Resumo

O volume de água produzida associada ao petróleo aumenta com o amadurecimento de poços produtores de petróleo. Esta água produzida gera inúmeros inconvenientes. Enormes recursos são destinados em seu tratamento e descarte na natureza, com um agravante: sua característica corrosiva. Tubulações de transporte de petróleo localizadas em píeres de terminais marítimos são estruturas duramente afetadas pela corrosão decorrente deste volume d'água. A utilização de *continodos* de proteção catódica no interior da tubulação está entre as possíveis medidas mitigadoras desta corrosão. No entanto, casos de desprendimento destes *continodos* colocaram em discussão esta técnica.

Abstract

The amount of produced water associated to oil increases with the maturation of producing oil wells. This produced water creates numerous drawbacks. Huge resources are devoted in their treatment and disposal, with an aggravating factor: its corrosive nature. Oil transportation pipes located on marine terminal structures are severely affected by corrosion resulting from this volume of water. The use of linear galvanic anodes inside the pipes is among the possible mitigating measures of such corrosion. However, cases of anodes detachments have put under discussion this technique.

Introdução

Uma das principais conse-

quências do amadurecimento de poços produtores de petróleo é o aumento da produção de água de formação. As características desta água variam de acordo com sua origem, porém, de um modo geral, possuem grande quantidade de contaminantes e sais, sendo muito corrosivas ao aço-carbono.

Grande parte deste volume de água é separada e injetada novamente no próprio poço produtor, porém uma parcela considerável alcança os Terminais Aquaviários da PETROBRAS, que, nos últimos anos, passaram a receber volumes cada vez maiores de água. Dentro destas Unidades Operacionais, a água é decantada e drenada nos tanques e, em seguida, processada em uma Estação de Tratamento de Efluentes para o seu posterior descarte de acordo com rígidos critérios ambientais.

A grande preocupação é que tubulações e tanques de petróleo de 20, 30 anos atrás não foram projetados e construídos para transportar e armazenar este tipo de água corrosiva. Estas estruturas começaram a apresentar sérios problemas de corrosão, sempre na geratriz inferior da tubulação, tendo em vista a maior densidade da água em relação à do óleo. O resultado pode ser visto na Figura 1.

Foram adotadas medidas para minimizar este problema: novas instalações de aço-carbono passaram a receber a aplicação de revestimentos internos e proteção catódica. Linhas de materiais não metálicos, como

epóxi reforçado com fibra de vidro, também foram introduzidos, quando as condições operacionais permitiam.

Tubulações de aço-carbono soldadas são particularmente críticas do ponto de vista de aplicação de medidas mitigadoras, uma vez que o revestimento interno não pode ser aplicado em sua totalidade, em função das soldas circunferenciais, que danificam a pintura interna. Portanto, cada tubo é fabricado com um colarinho (região sem revestimento), geralmente de 300 mm de comprimento, em ambas as extremidades.

Uma forma de reduzir este problema é utilizar flanges, pintando manualmente as bordas, embora existam problemas relacionados aos flanges (vedação, velocidade de construção). Além disso, não existe um revestimento 100 % eficiente, portanto sempre existirão falhas por onde poderá iniciar um processo corrosivo.

Algumas alternativas foram estudadas e testadas para verificar qual melhor se adapta às condições específicas das tubulações. Entre elas, o uso de *continodos* (anodos delgados e longos, da extensão da tubulação) instalados na geratriz inferior, exatamente na região mais suscetível à corrosão. Um exemplo da aplicação do *continodo* pode ser visto na Figura 2.

A ideia do uso do *continodo* não é nova e foi provada por meio de inúmeras inspeções que o seu resultado na mitigação da corrosão é positivo. O

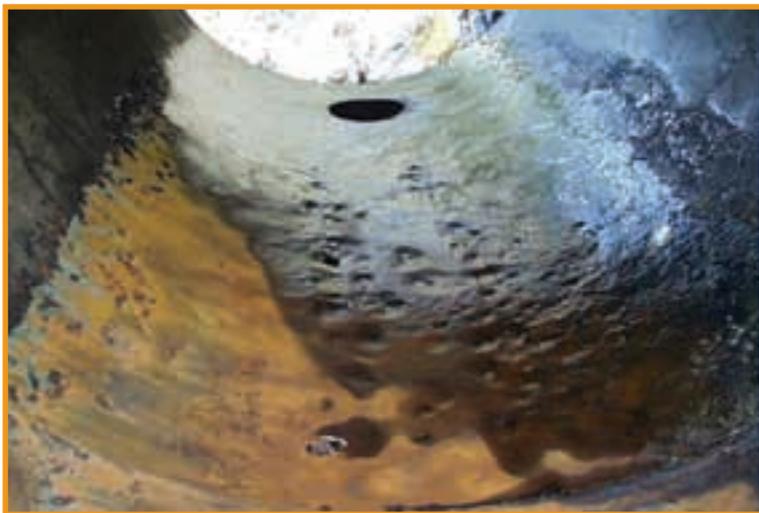


Figura 1 – Corrosão na geratriz inferior de uma tubulação

grande inconveniente desta solução é que este anodo especial tem se desprendido em determinadas condições.

Fabricação dos continodos

Os continodos podem ser fabricados em alumínio ou zinco e o seu comprimento é variável, pois depende do tamanho da tubulação onde será instalado. A Figura 3 ilustra em um exemplo de como o comprimento do continodo pode variar.

O continodo é formado por

vários anodos de um metro de comprimento, cujas almas de aço-carbono são soldadas entre si e, posteriormente, revestidas com massa epóxi. Um espaçador é colocado em cada junção para evitar que seu peso o faça envergar. Sua fabricação é normalizada e está prevista nas NBR 9358 e NBR 10387. Por fim, as extremidades das almas de aço são soldadas à tubulação, na sua geratriz inferior. O esquema da Figura 4 ilustra bem como a peça é fabricada.



Figura 2 – Instalação de continodo em tubulação de petróleo

Análise de falhas na fixação de continodos

É importante ressaltar, antes de tudo, que a grande maioria dos continodos instalados em Terminais está cumprindo bem o seu papel de proteger tubulações de petróleo que possuem água em sua composição.

Entretanto, existiram tubulações onde a fixação destes continodos falhou, causando transtornos em tubulações, afetando principalmente válvulas localizadas à jusante de tais anodos. A Figura 5 ilustra dois casos distintos de desprendimento destas peças.

Em decorrência do último evento de desprendimento de continodos foram realizadas ações para investigar a falha, objetivando evitar falhas semelhantes no futuro. As medidas foram:

1. Inspeção por boroscopia;
2. Análise metalúrgica, de escoamento e tensões;
3. Verificação do projeto de proteção catódica.

Inspeção por boroscopia

A boroscopia (inserção de uma câmara adaptada dentro da tubulação para realização de inspeção visual) se fez necessária para verificar a extensão dos danos internos, objetivando identificar a presença dos continodos fixos e soltos de forma qualitativa e quantitativa no interior de todas as tubulações inspecionadas.

A inspeção aplicada foi muito útil, sendo possível determinar trechos com ausência total e parcial de continodos e trechos onde eles ainda estavam presentes. De um modo geral, constatou-se que as falhas (como na figura 6) ocorreram nos continodos de maior comprimento.

Análise metalúrgica de escoamento e tensões

A análise metalúrgica realizada indicou que a falha se iniciou

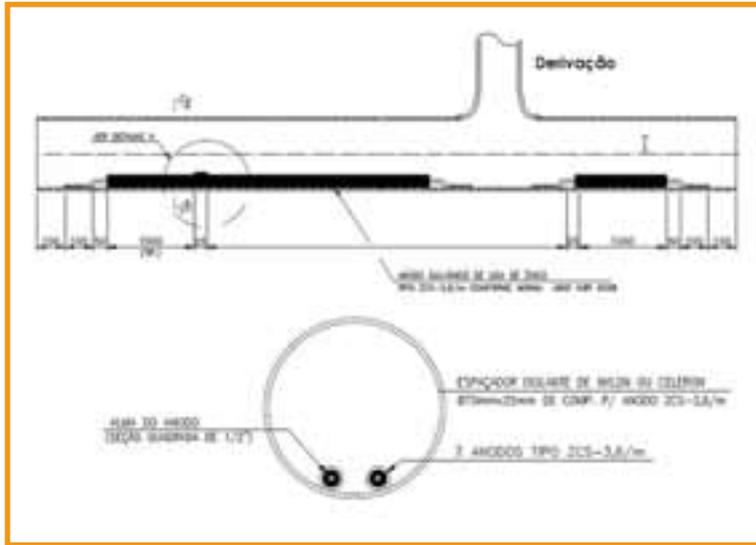


Figura 3 – Continodos fabricados sob medida para cada tubo

devido à fadiga junto à ligação soldada entre os extremos dos continodos e a tubulação. A causa possível seria um carregamento cíclico no componente, ocasionando a nucleação de trincas de fadiga e ruptura da seção remanescente nos continodos de maior comprimento. Nenhuma falha foi observada em anodos sem ligação (curtos).

O histórico das falhas observadas permitiu ainda inferir que o comportamento dinâmico do continodo pode ter sido influenciado pela velocidade do fluido, uma vez que nenhuma falha foi observada em tubulações de maior diâmetro (menor velocidade do fluido).

Não foram encontrados indícios de defeitos de fabricação dos anodos.

Devido à complexidade nas análises de escoamento e tensões compreendendo os efeitos dinâmicos de vibração e ressonância neste trabalho, essas análises complementares poderão ser ob-

jetado de futuros estudos.

Verificação do projeto de proteção catódica

O sistema anticorrosivo interno das tubulações é composto por revestimento associado a um conjunto de anodos e continodos de zinco, para proteção catódica.

O colarinho (região da extremidade dos tubos sem revestimento) foi pintado manualmente após a soldagem, aonde foi possível. O sistema de proteção catódica complementa a proteção anticorrosiva proporcionada pelo revestimento no colarinho dos tubos não pintados e em eventuais falhas.

No entanto, técnicas mais modernas de proteção catódica já vêm sendo utilizadas em situações similares. Anodos tipo “tartaruga” ou tipo “linguado” atuam na região específica do colarinho sem influenciar ou sofrer influência significativa do escoamento, como pode ser observa-

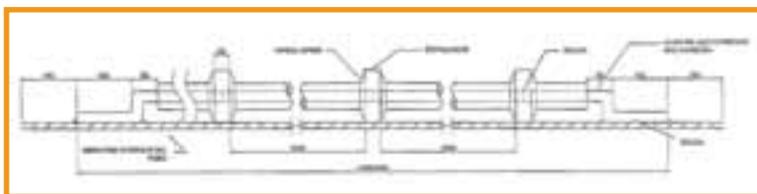


Figura 4 – Montagem do continodo

do na Figura 7.

O maior problema do projeto de proteção catódica foi não considerar os esforços mecânicos a que os continodos estariam sujeitos. Já o ponto positivo é que a massa anódica total instalada é superior à mínima necessária. Desse modo, os continodos remanescentes protegem tubos onde ocorreram desprendimentos.

Conclusões e recomendações

O estudo desta ocorrência levou à conclusão que o uso de continodos não é necessário, quando é utilizado tubos com revestimentos protetores de alto desempenho. Um sistema aprimorado com anodos concentrados nos pontos sem pintura seriam suficientes. Projetos futuros de dutos e tubulações não devem utilizar esta solução.

Foram levantadas adicionalmente medidas que garantiram à integridade da tubulação onde ocorreu o desprendimento, medidas estas que podem ser aplicadas a outros casos semelhantes:

1. Instalação de filtros para evitar danos em válvulas ou outros equipamentos causados por eventuais desprendimentos futuros;
2. Implantação de uma metodologia de acompanhamento da taxa de corrosão do sistema, através da medição periódica da espessura da tubulação em locais definidos como de maior criticidade;
3. Constatou-se que não houve necessidade, no entanto, de repor anodos desprendidos ou reparar a pintura interna, em função da massa total de anodos instalada, superior à mínima necessária.

João P. K. Gervásio

Graduado em Engenharia Industrial Elétrica pelo CEFET-MG com pós-graduação *Latu Sensu* em Engenharia

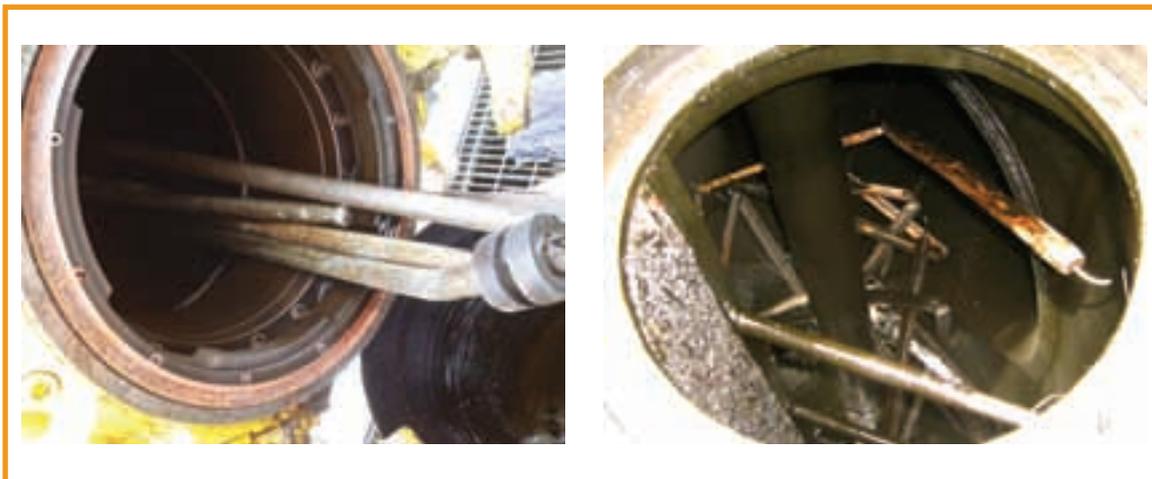


Figura 5 – Continodos desprendidos em dois locais distintos



Figura 6 – Ausência de continodos em trecho de tubulação



Figura 7 – Anodos tipo “linguado” em tubulação

de Dutos pela PUC-RJ. Consultor em Proteção Catódica na Petrobras. Professor na Universidade Petrobras e entidades externas na cadeia de proteção catódica.

Marcinei S Silva

Mestre, Engenheiro Metalúrgico e de Materiais – Petrobras

Andre Mariano

Engenheiro metalúrgico – Petrobras

Alexandre G. Garmbis

Mestre, Engenheiro Mecânico e Naval – Petrobras

Plínio H R Pechy

Engenheiro Metalúrgico – Petrobras

João L. S. Nogueira

Engenheiro Eletricista – Petrobras

Contato com o autor:

joaoklausing@petrobras.com.br

Trabalho apresentado durante a 13ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos.



José Ricardo Noronha

Como *voltar* ao mercado de trabalho

*Lembre-se sempre do precioso ensinamento de Benjamin Franklin:
“A falha na preparação é a preparação para a falha”*

O Brasil vive mais um momento bastante desafiador, não é mesmo? Inflação em alta, confiança em queda e vendas em baixa... Tudo isso provoca as tão indesejáveis demissões, que têm afligido os mais diversos setores da economia e causado enormes dores de cabeça a tantos profissionais e suas famílias. Por isso, é preciso reconhecer que profissionais das mais variadas indústrias encontram muito mais dificuldade no seu processo de recolocação. Isso ocorre principalmente pela falta de domínio de algumas das principais técnicas para se “vender” melhor ao mercado. Se você encontra-se nesta incômoda posição, tenho quatro dicas preciosas para lhe ajudar a se “vender” mais e melhor:

1. Crie um supercurrículo. Um bom currículo tem no máximo duas páginas e precisa se destacar imediatamente dos outros milhares que chegam às mãos dos recrutadores. Para fazer isso, invista em um bom e limpo *design*. Liste todos os seus grandes feitos profissionais e experiências passadas, com o maior número de dados que puder disponibilizar (crescimento de vendas, redução de despesas etc.). Se estiver em busca de diferentes vagas em uma mesma área, crie currículos distintos para cada setor e lembre-se que customização e personalização neste momento são ainda mais cruciais. Enumere suas principais habilidades, interesses e busque conectá-los aos valores,

princípios e missão das empresas em que deseja trabalhar.

2. Cuide bem da sua marca pessoal. Especialmente em tempos de economia desaquecida, é fundamental trabalhar bem o seu posicionamento social. Revisite ainda hoje os seus perfis nas principais redes sociais e faça todas as modificações necessárias, inclusive apagando aquelas fotos e postagens que em nada ajudam a criar uma boa imagem profissional. Dê especial ênfase ao seu perfil na mais importante rede profissional do mundo, o LinkedIn.
3. Liste as empresas em que gostaria de trabalhar. É bem possível que você esteja aí pensando: a situação já está difícil, e aí vem o José Ricardo me dizer que preciso listar as empresas em que sonho trabalhar? Sim, é isso mesmo. Depois de selecionar as companhias preferidas, estude tudo o que puder sobre elas, seus principais líderes e busque conectar-se com pessoas que possam te ajudar a chegar aos líderes de RH e Recrutamento. As melhores empresas e os melhores líderes continuam em busca de profissionais que se identifiquem com a missão, visão, valores e propósito. Seja proativo(a)!
4. Venda-se com maestria! Enxergue-se (como verdadeiramente o é) como o seu melhor e mais valioso produto! E para vender este super produto chamado “Você”, tenha convicção ao se comunicar e conhecimento pleno dos seus grandes pontos fortes. Busque sempre conectá-los aos desafios que são apresentados para o cargo que você busca no mercado. Foque o quanto puder nos benefícios que a empresa que te contratar irá obter, para, assim, fugir da tão famigerada briga pelos mais baixos salários que as empresas estão tão focadas. Vá para as entrevistas tendo conhecimento amplo de tudo o que cerca aquela empresa específica: vendas, desafios, concorrentes, sonhos, missão, valores, propósito, principais concorrentes etc.

Lembre-se sempre do precioso ensinamento de Benjamin Franklin: “A falha na preparação é a preparação para a falha”. Perder o emprego é duríssimo! Mas pode estar aí o começo de um novo caminho profissional, marcado pela proatividade e pelo casamento perfeito de suas competências, habilidades e pontos fortes com os princípios, missão, visão e propósito de grandes empresas. E posso lhe assegurar: essas organizações continuam sempre em busca de grandes profissionais!

José Ricardo Noronha

Vendedor, palestrante, professor, escritor e consultor. Formado em Direito pela PUC/SP com MBA Executivo Internacional pela FIA/USP.

Contato: www.paixaoporvendas.com.br

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 REVESTIMENTOS E PINTURAS LTDA.

www.alclare.com.br

API SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM DUTOS LTDA.

apidutos@hotmail.com

ARMCO STACO GALVANIZAÇÃO LTDA.

www.armcostaco.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

CORRPACK DO BRASIL

www.corrpack.com.br

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

ENGE CORR ENGENHARIA LTDA.

www.engecorr.ind.br

EUROMARINE SERVIÇOS ANTICORROSIVOS

www.euromarine.eng.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

GAIA TEC COM. E SERV. DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

www.gaiatec.com.br

GCO PINTURA INDUSTRIAL

www.gcopintura.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

ITAGUÁ 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

MARIA A. C. PONCIANO – ME

www.gsimaecae.com.br

MARINE IND. E COM. DE TINTAS LTDA.

www.marinetintas.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.opemac.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

POLY-TÉCNICA TRAINING

www.polytecnica.com.br

PORTCROM INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.

www.portcrom.com.br

P. G. MANUTENÇÃO E SERVIÇOS INDUSTRIAIS

www.pgindustriais.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

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.tbg.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.

www.tsdobrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.

www.tecnofink.com

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.

www.tinocoanticorrosao.com.br

TINTAS VINCI IND. E COM. LTDA.

www.tintasvinci.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 LTDA.

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

ZIRTEC IND. E COM. LTDA.

www.zirtec.com.br

Mais informações: Tel. (21) 2516-1962
www.abraco.org.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.italteco.com.br

**Lançamento Mundial
Patente Internacional**



ITALIECNO
DO BRASIL LTDA.

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

Aporte