Corrosão&Proteção

ABRACO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO
ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão

APORTE EDITORIAL
Ano 13
Nº 60
Jan/Fev 2016

ENTREVISTA

Luiz Gonzaga Bertelli, presidente do Conselho de Administração do CIEE/SP

TINTAS INTUMESCENTES

TINTAS DESENVOLVIDAS PARA SALVAR VIDAS

APLICAÇÃO MUITO RÁPIDA

Proteção Passiva Contra Fogo

SC902

up to 120 mins

Revestimento intumescente aplicado em apenas 24 horas para atender até 120 minutos de proteção ao fogo em estruturas metálicas.

- Redução de 60% ou mais no tempo de aplicação e secagem.
- 90 e 120 minutos de proteção ao fogo em apenas uma camada de aplicação.
- Redução da equipe de aplicação.
- Elimina atrasos na aplicação.
- Resistência a intempéries em menos de uma hora após aplicação.
- Atende as normas Brasileiras e internacionais.

APLICAÇÃO FÁCIL PROPORCIONANDO PAZ AO CONTRATANTE.

Para maiores informações contate:

UNIFRAX

Unifrax Brasil Ltda
Av Independência, 7033 – Bairro São Matheus – Vinhedo SP – 13280-000
Fone:+0xx19-3322-8017 Email: Rbernardes@unifrax.com

Nullifire
Smart Protection

ABRACO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

A **Revista Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em17 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 congregar 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 Hipolito 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. Ivan Napoleão Bastos – UFRJ
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 Emboaçava, 93
São Paulo – SP – 03124-010
Fone/Fax: (11) 2028-0900
aporte.editorial@uol.com.br

APORTE EDITORIAL

Diretores e Editores
João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

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

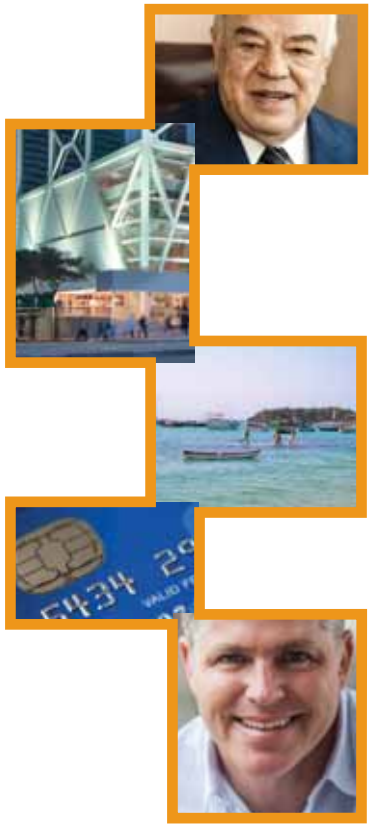
Gráfica
Ar Fernandez

Edição nº 60 de Janeiro/Fevereiro de 2016
ISSN 0100-1485

Circulação nacional – Distribuição gratuita
Esta edição será distribuída em março de 2016.

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.

Sumário



4
Editorial
O bambu e o vendaval

6
Entrevista
Dos bancos escolares para as bancadas de trabalho

9
ABRACO *Informa*

10
Cursos *2016*

11
Tintas *Intumescentes*
Tintas desenvolvidas para salvar vidas

34
Opinião
Planejamento para mudança é tudo!
Maurício Sampaio

Artigos *Técnicos*

17
Aplicação da técnica de traçadores na detecção de corrosão e incrustação
Por Jancler Pereira Nicácio e Rubens Martins Moreira

24
Extensão da vida útil das estruturas de concreto com uso de armaduras de aço-carbono revestidas ou de aço inoxidável
Por Adriana de Araujo, Anna R. Moreira e Zehbour Panossian

O bambu e o *vendaval*

Oito pescadores da embarcação Rei Artur, que haviam partido de Natal (RN) em dezembro do ano passado rumo ao arquipélago de Fernando de Noronha (PE), naufragaram devido a uma forte tormenta e só foram resgatados, após cinco dias à deriva, no litoral do Estado do Ceará. Sobreviveram graças a um bote salva-vidas, uma pequena porção de ração, consumida a cada 24 horas, e um tanto de água que também era severamente racionada. A maior parte do tempo, permaneceram na água, agarrados à borda do bote que, mesmo avariado, continuava flutuando.

Certamente tal adversidade poderia ser tema de uma grande produção cinematográfica, onde se exploraria a fraqueza humana diante da disputa acirrada por provisões escassas, a luta contra o esgotamento físico e psicológico e culminaria em um resgate hollywoodiano ou, na pior das hipóteses, na entrega derradeira dos náufragos às profundezas de Netuno.

Gostaríamos de aproveitar esse roteiro (o do final feliz) e traçar um paralelo aqui com o momento econômico e político que vivenciamos. A mídia não se cansa de vaticinar a tormenta econômica da qual seremos vítimas neste ano que se inicia e lança esses maus augúrios também para 2017 e, talvez, 2018.

"O que fazer em momentos de crise? Desistir? Não! A sabedoria chinesa nos ensina que o bambu curva-se ao vendaval para não se quebrar! Precisamos encontrar alternativas!"

O que fazer? Desistir e naufragar? Não! A sabedoria chinesa nos ensina que o bambu curva-se ao vendaval para não se quebrar! Precisamos encontrar alternativas para vencermos os eventuais obstáculos que ameaçam concretizar-se neste ano, pois a cada crise abrem-se oportunidades para trilhar novos caminhos.

Recentemente, tomamos conhecimento de um promissor mercado que se formou em torno do movimento conhecido como **Funk Ostentação**. Verificamos o surgimento de confecções de diversos artigos como roupas, joias, folhados, relógios e outros itens, com margens altíssimas de lucro (superiores a 1.000 %), as quais podem ser explicadas pelo fato das pessoas que adotam esse estilo de vida cobiçarem apenas produtos caros (muito caros!). Elas os adquirem para ostentá-los como símbolos de seu *status*, de sua condição social privilegiada. Quem estava atento, aproveitou a onda e se deu muito bem. Na maioria das vezes, as soluções que tanto buscamos estão ao nosso alcance, contudo, elas são dinâmicas… e não costumam ficar paradas muito tempo.

Novos caminhos, velhos desafios. Essa não foi a primeira e nem será a última crise que teremos de enfrentar. E por isso mesmo, não há lugar para pessimismo. Os Estados Unidos, por exemplo, já viveram uma série histórica de problemas semelhantes nos últimos cem anos e souberam sobrepujá-los com sucesso, sempre contando com o esforço conjunto dos empreendedores, que confiam e criam um futuro melhor. Desde a Segunda Guerra Mundial, as empresas que mantiveram seus investimentos em propaganda e *marketing* em tempos de crise presenciaram a valorização de suas marcas, produtos e serviços e saíram desses momentos muito mais fortalecidas. A Coca Cola e a GM, entre outras, são exemplos clássicos desse tipo de *marketing* empresarial vencedor.

A criatividade nos fará vencedores. Vai Brasil!

Tintas desenvolvidas para salvar vidas – Nesta edição, as tintas intumescentes são destaque. Além da proteção anticorrosiva, elas têm demonstrado grande capacidade de retardar a ação do fogo sobre as estruturas de aço, possibilitando não apenas uma evacuação mais segura do local do sinistro, mas também tempo precioso para o combate contra o incêndio. Em entrevista exclusiva, Luiz Gonzaga Bertelli, um dos fundadores do CIEE – Centro de Integração Empresa-Escola, comenta as ações da entidade na capacitação e no encaminhamento dos estudantes ao mercado de trabalho.

Boa leitura!

Os editores

INTERCORR 2016

ABRACO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

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

O maior evento internacional de corrosão que acontece no Brasil!

Eventos envolvidos

36º Congresso Brasileiro de Corrosão

20º Concurso de Fotografia de Corrosão e Degradação de Materiais

36º Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão

6th International Corrosion Meeting

Luiz Gonzaga Bertelli

Dos *bancos* escolares para as *bancadas* de trabalho

Há 52 anos, o estágio nascia no Brasil graças ao pioneirismo de um grupo de empresários, educadores e representantes da sociedade civil que modernizaram o conceito de emprego no País

Advogado, jornalista e professor universitário, Luiz Gonzaga Bertelli foi um dos fundadores do CIEE (Centro de Integração Empresa-Escola) e hoje ocupa a presidência do Conselho de Administração do CIEE/SP e do Conselho Diretor do CIEE nacional. Ao mesmo tempo em que trabalhava como voluntário na organização, Bertelli construíu uma sólida carreira em corporações e entidades como Fiesp, Copersucar, Dedini, Usina da Barra, distribuidoras de combustíveis, e no setor financeiro. Além de exercer a presidência executiva do CIEE desde 1995, Bertelli também preside a Academia Paulista de História (APH), e é membro das academias Cristã de Letras; Paulista de Educação, e Paulista de Letras Jurídicas.

É diretor da Fiesp-Ciesp, da Associação Comercial de São Paulo (ACSP) e da União dos Juristas Católicos, e integra os conselhos de diversas organizações privadas e públicas. Autor de livros sobre educação, carreira e energia, ele é articulista de veículos de comunicação.

Como e quando foi criado o CIEE? Houve iniciativas anteriores ou esta foi pioneira?

Luiz Gonzaga Bertelli – *Há 52 anos, o estágio nascia no Brasil, com a instalação do CIEE, uma organização não governamental pioneira, com perfil diferenciado e objetivo definido: introduzir no Brasil uma, até então, inédita modalidade de qualificação de mão de obra, que consistiria em aliar o ensino teórico à prática profissional, a fim acelerar a formação de profissionais mais qualificados, aptos a atender à demanda de uma economia que rapidamente crescia e se modernizava.*

Qual pessoa ou grupo idealizou esse projeto?

Bertelli – *O CIEE foi fundado, em São Paulo, por um grupo de empresários, educadores e representantes da sociedade civil, que buscaram, com o estágio, contribuir para reforçar a empregabilidade dos estudantes, oferecer às empresas um eficaz caminho para recrutar, treinar e selecionar talentos que dessem, a curto prazo, o suporte adequado a seus planos de expansão e dar sustentabilidade ao desenvolvimento socioeconômico, que tem como um dos pilares a permanente formação e modernização do capital humano do País – diferenciais que nasceriam da integração entre a escola e a empresa.*

Que pessoa ou grupo investiu e tem levado avante esse projeto?

Bertelli – *O CIEE é uma entidade filantrópica de assistência social, voltada à inclusão socioprofissional dos jovens brasileiros por meio do estágio e da aprendizagem. É uma organização que adota o modelo de governança corporativa, com conselhos de administração e fiscal atuantes que, respectivamente, definem e fiscalizam estratégias e metas a serem cumpridas por um quadro operacional, totalmente profissionalizado. Não conta com qualquer repasse direto dos cofres públicos, tendo como fonte de renda os serviços que presta às empresas e órgãos públicos conveniados. Sua receita é revertida em serviços e atendimentos gratuitos aos diversos públicos que atende, sempre com foco na educação e na capacitação para o trabalho de estudantes, aprendizes, pessoas com deficiência, comunidades carentes, adultos analfabetos, moradores de rua e detentos em regime semiaberto.*

Qual é a estrutura atual do CIEE nacionalmente?

Bertelli – *O CIEE conta com uma rede de mais de 350 unidades, polos de capacitação e postos de atendimento a estudantes, instituições de ensino, empresas e órgãos públicos, que cobrem todos os estados e Distrito Federal. Embora ofereça atendimento presencial, sua atuação é totalmente informatizada, o que garante agili-*

Foto: Edgar Marra

dade e amplitude nacional aos serviços que presta.

O que são as unidades autônomas do CIEE? Por que há necessidade dessa autonomia de alguns estados ao invés de uma administração unificada?

Bertelli – *Com a adesão ao estágio crescendo exponencialmente, surgiu a necessidade de agilizar o atendimento num país continente, optando-se por conceder autonomia aos estados com economia e estrutura empresarial mais fortes – lembrando que, à época, não contávamos com as facilidades geradas pela posterior disseminação da informática. Assim, foram constituídos os CIEEs autônomos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo e Pernambuco, que integram, com São Paulo e unidades administradas (18 estados e Distrito Federal), o Sistema CIEE Nacional, que tem sede em Brasília e assegura a manutenção dos princípios e valores legados pelos fundadores em todo o País.*

Quais são as parcerias institucionais do CIEE?

Bertelli – *O CIEE sempre busca parcerias institucionais com entidades sérias, que priorizam ações voltadas à educação, à inclusão e à cidadania. Assim, atua em parceria com diversas organizações. Por exemplo, Ordem dos Advogados do Brasil (OAB), Fundação Roberto Marinho, jornal O Estado de S. Paulo, Academia Brasileira de Letras (ABL), Secretaria Nacional de Políticas sobre Drogas (Senad) do Ministério da Justiça, Conselho de Administração do Direito Econômico (Cade), Instituto de Advogados de São Paulo (IASP) e diversas outras academias setoriais, como as de História, Letras Jurídicas e Educação.*

O CIEE realiza alfabetização, eventos socioculturais, concursos literários, entre outros projetos. Por que e quando esse enfoque mais amplo ganhou relevância em uma entidade que originalmente promove a integração entre escola e empresas?

Bertelli – *Entre os estudantes que procuram o CIEE, sempre houve um grande número de jovens que, a par da capacitação prática, buscam uma fonte de renda para custear seus estudos, sem prejudicar as aulas, e até auxiliar no orçamento familiar, em alguns casos. Esse triplo benefício é garantido pela bolsa-auxílio, remuneração obrigatória por lei que deve ser concedida aos estagiários. Ao atendê-los e acompanhá-los nas atividades do estágio, o CIEE se sensibilizou com a situação das famílias e das comunidades onde vivem. Assim, nasceram os programas assistenciais gratuitos voltados às faixas mais vulneráveis. Outros programas destinam-se a suprir crônicas e conhecidas fragilidades da educação brasileira, como a deficiência de leitura e escrita, o debate de grandes questões nacionais por especialistas, os cursos presenciais e de educação à distância voltados ao desenvolvimento de ha-*

bilidades e competências exigidas no mercado de trabalho etc.

Em eventos da ABRACO, como o INTERCORR, vemos um número crescente de estudantes participando e criando uma integração espontânea entre escola e empresas. O CIEE também incentiva atividades paralelas como a que acabamos de citar?

Bertelli – *Sem dúvida. É o caso, por exemplo, de ações como nossa Feira do Estudante—Expo CIEE (que chega à 19ª edição em São Paulo, já foi realizada no Rio de Janeiro e será aberta em fevereiro em Goiânia), sem falar em nossa participação em dezenas de feiras e congressos voltados à educação e ao mercado de trabalho. Além disso, realizamos uma série de eventos destinados a sensibilizar as empresas para a causa jovem, para as quais congregamos também as instituições de ensino.*

O CIEE realiza alguma pesquisa para avaliar quanto a entidade influencia a empregabilidade no Brasil?

Bertelli – *Consultorias externas realizam a cada quatro ou cinco anos pesquisas para aferir a avaliação das empresas e dos jovens com relação aos programas de estágio e aprendizagem. Esses levantamentos são completados por contatos regulares de nossas equipes com nossos públicos (estudantes, escolas, empresas) que incluem, entre suas atividades, levantamentos de opinião e de satisfação com nossos serviços. Paralelamente, entre as enquetes que realizamos em nosso Portal, levantamos a opinião dos jovens com relação a aspectos do estágio e aprendizagem, que confirmam a importância da capacitação prática e teórica na empregabilidade.*

Qual é a qualificação exigida das empresas e dos alunos para participação do processo que envolve o CIEE?

Bertelli – *Entre as exigências da Lei 11.788/2008, que rege o estágio, as empresas (de qualquer ramo e qualquer porte) devem alinhar o programa de capacitação à área e a etapa do curso que o estagiário frequenta; pagar bolsa-auxílio mensal e um seguro contra acidentes pessoais; preencher relatórios; conceder um mês de recesso, entre outras obrigações. Já os estudantes devem ter mais de 16 anos, estar regularmente matriculado e frequentando os ensinos médio, técnico, superior ou educação de jovens e adultos. Ressalte-se que os estágios só podem ser realizados com concordância expressa da instituição de ensino em que está matriculado.*

Há dados que permitem avaliar a atuação do CIEE no segmento de petróleo, gás e naval?

Bertelli – *Considerando todos os setores desses segmentos, 1.584 empresas são parceiras do CIEE (São Paulo e unidades administradas). No total, elas oferecem oportunidades de formação profissional a 5,5 mil estagiários e aprendizes.*

Comente sobre a lei que rege o estágio. Quais os benefícios para as partes envolvidas?

Bertelli – *A Lei 11.788/2008 veio aprimorar a legislação anterior. Entre os principais benefícios: explicitou a possibilidade de contratação de estagiários por profissionais autônomos (advogados, contadores etc.); definiu os direitos dos estagiários (a maioria dos quais já vinha sendo atendida pelas organizações parceiras do CIEE) e as obrigações da empresa contratante; assegurou a gratuidade a todos os serviços que os agentes de integração prestam aos jovens (que o CIEE cumpre desde sua fundação). Entre os pontos que ainda necessitam aperfeiçoamento, destaque para a revisão do prazo máximo de dois anos para contrato de estagiário na mesma empresa.*

Existem alunos que tenham se destacado no processo de estágio e que possam ser registrados como trajetória profissional relevante?

Bertelli – *Nosso estagiário nº 1, José Feliciano foi diretor de vários bancos, como City, Unibanco e HSBC. Célio Antunes passou de estagiário diretamente a presidente da Impacta, empresa da área de TI, fundada em 1988. Ivan Zurita, ex-presidente da Nestlé, foi estagiário do CIEE. Como esses, há milhares de profissionais que têm no estágio o ponto de partida para bem-sucedidas carreiras.*

INTERCORR 2016 reúne expoentes do setor da corrosão

Neste ano, o maior evento internacional de corrosão, realizado no Brasil, o INTERCORR, terá como palco a *Saint-Tropez* brasileira, a cidade de Búzios no estado do Rio de Janeiro, a qual foi escolhida mediante uma enquete durante o INTERCORR 2014, sediado em Fortaleza (CE).

Búzios é uma península paradisíaca com oito quilômetros de extensão e 23 praias, recebendo de um lado correntes marítimas do Equador e do outro correntes marítimas do polo sul, o que faz com que tenha praias tanto de águas mornas quanto de águas geladas. A exploração turística e a ocupação imobiliária da região tiveram início após a fama internacional dada ao local pela atriz francesa Brigitte Bardot que visitou o, então, vilarejo em 1964.

O INTERCORR 2016 será realizado entre os dias 16 e 20 de maio no Atlantico Búzios *Convention & Resort* que possui o maior centro de convenções da região dos lagos com capacidade para até 1.500 pessoas.

Reunindo profissionais, universidades, institutos de pesquisas e empresas do setor, o INTERCORR proporciona um rico intercâmbio de conhecimentos e experiências recentemente adquiridos com os estudos da corrosão e suas mais variadas formas de controle e prevenção. O comitê organizador já está em fase final de negociação com os palestrantes de conferência plenária, mesas-redondas e palestra de abertura e espera contar com a participação de profissionais de alto gabarito nacional e internacional, provenientes de todos os segmentos da corrosão, conferindo ao evento alta confiabilidade e sofisticação.

Aproximadamente 25 expositores estarão presentes e serão apresentados, na edição de 2016, mais de 200 trabalhos, divididos entre exibição oral e formato pôster e distribuídos nas seguintes modalidades: Proteção Catódica, Pintura Anticorrosiva, Revestimentos Metálicos, Revestimentos de Dutos, Produtos Químicos, Corrosão Microbiológica, Construção Civil, Monitoração/Corrosão Interna, Eletroquímica, Corrosão por Esforços Mecânicos, Ensino da Corrosão, Corrosão na Indústria de Óleo e Gás e Materiais Resistentes à Corrosão.

Como ocorreu nas edições anteriores, outros eventos ocorrerão simultaneamente ao INTERCORR: o 36º Congresso Brasileiro de Corrosão, o 20º Concurso de Fotografia de Corrosão e Degradação de Materiais, o *6th International Corrosion Meeting* e a 36ª Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão.

Comitê Organizador

O Comitê Executivo do evento é composto por Denise Souza de Freitas (presidente) – INT, Gutemberg de Souza Pimenta (vice-presidente) – Consultor.

O Comitê Técnico Científico é formado por Simone Louise Delarue Cezar Brasil (presidente) – EQ/UFRJ, Neusvaldo L. Almeida (vice-presidente) – IPT, Álvaro Augusto O. Magalhães – PETROBRAS/CENPES, André Koebsch – PETROBRAS, Athayde Araújo Tell Ribeiro – ABRACO, Carlos Alexandre Martins da Silva – TRANSPETRO, Célia Aparecida Lino dos Santos – IPT, Cynthia Andrade – PETROBRAS/CENPES, Fernando de Loureiro Fragata – CONSULTOR, Ilson Palmiere – PETROBRAS, Ivan Napoleão Bastos – UERJ, Jaqueline Rodrigues – ABRACO, João Paulo Klausing – PETROBRAS, Joaquim Quintela – PETROBRAS, Jorge Fernando Pereira Coelho – PETROBRAS, José Antônio da Cunha Ponciano Gomes – UFRJ, Ladimir José de Carvalho – UFRJ, Mauro Barreto – IEC e Walter Cravo Junior – INT.

Inscrições em cursos agora parceladas no cartão de crédito

Desde janeiro de 2016, a ABRACO passou a oferecer mais uma modalidade de pagamento para as inscrições em seus cursos: o parcelamento em até cinco vezes no cartão de crédito, realizado pelo PagSeguro.

O boleto bancário será mantido e, dependendo da data de inscrição, o valor poderá ser parcelado em até três vezes.

A iniciativa de diversificar e facilitar o pagamento das inscrições tem o objetivo de motivar os profissionais da área a investir em seu aperfeiçoamento por meio dos cursos promovidos pela ABRACO.

Mais informações sobre a nova modalidade de pagamento já estão disponíveis no *site* da associação (www.abraco.org.br). As inscrições para as primeiras turmas de 2016 estão abertas.

Calendário 2016 – De Fevereiro a Julho

Cursos	Horas	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
Pintura Industrial							
Básico – Rio de Janeiro / RJ	8			18			
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ	96	15 a 27		25/4 a 7/5		13 a 25	
Inspetor N1 – Macaé / RJ	96		7 a 19				4 a 16
Inspetor N1 – São Paulo / SP	96						18 a 30
Inspetor N1 – Recife / PE	88				30/5 a 10/6		
Inspetor N1 – Porto Alegre / RS	88		28/3 a 8/4				
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ [1]	96			5/3 a 4/6 [2]			
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ [3]	40			11 a 15			
Inspetor N2 – Rio de Janeiro / RJ	40					27/6 a 1/7	
Pintor e Encarregado – Rio de Janeiro / RJ	40		28/3 a 1/4				
Encarregado – Itinerante	80						11 a 22 [4]
Delineador – Rio de Janeiro / RJ	80				30/5 a 10/6		
Corrosão e Proteção Catódica							
Biocorrosão – Rio de Janeiro / RJ	24				9 a 11		
Corrosão de materiais na produção de óleo e gás – Rio de Janeiro / RJ	40			4 a 8			
Corrosão: Fundamentos, monitoração e controle – Rio de Janeiro / RJ	24					6 a 8	
Corrosão, revestimento (Pintura) e proteção catódica – Rio de Janeiro / RJ	24						4 a 6
Básico de proteção catódica – Rio de Janeiro / RJ	8					27	
Curso para profissionais de proteção catódica – Rio de Janeiro / RJ	80						18 a 29

[1] Turma somente aos sábados
[2] Exceto 26/3, 23/4 e 28/5
[3] Curso Intensivo (para alunos não aprovados no curso regular ou como revisão para prova de qualificação)
[4] Rio Grande do Sul

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

Atenção: Calendário sujeito a alterações

Foto: Eduard Fraipont

Tintas *desenvolvidas* para salvar vidas

Novas pesquisas para o aperfeiçoamento dos revestimentos intumescentes que agem retardando a ação do fogo têm surgido e ganhado grande aceitação no mercado de proteção contra incêndio

Segundo a *World Steel Association*, a construção civil consome 50 % da produção mundial de aço. Por ser onipresente nas edificações modernas, há um esforço enorme de toda a Ciência no sentido de protegê-lo a fim de garantir o prolongamento de sua vida útil e, portanto, de nossas cidades.

A corrosão é, talvez, a grande algoz das estruturas metálicas por agir de forma constante e silenciosa, mas de forma alguma a única. A história não nos deixa esquecer o sofrimento e a destruição causados pelo fogo em obras contruídas pelo homem.

É a primeira vez que a revista **Corrosão & Proteção** aborda esse assunto e procurou ouvir especialistas de diversas áreas que estudam a ação do fogo sobre estruturas metálicas e estão em várias frentes para a divulgação das chamadas tintas intumescentes que visam minimizar ou retardar seus efeitos deletérios sobre o aço, assim, salvaguardar, tanto quanto possível, vidas e patrimônio.

Intumescência

Os materiais utilizados na proteção passiva contra o fogo (PPCF) isolam a estrutura de aço dos efeitos das altas temperaturas que podem ser geradas por um incêndio. Eles podem ser divididos em três grupos, como materiais projetados, materiais rígidos ou semirrígidos e materiais intumescentes.

Os materiais intumescentes se parecem com as tintas de proteção contra a corrosão, porém, quando "estimulados" pela elevação da temperatura ambiente, eles reagem e expandem seu volume. Este é o princípio sobre o qual se baseia a atuação de uma tinta intumescente. Ela foi desenvolvida com um "gatilho" que dispara uma reação em cadeia cuja característica mais notável é sua expansão volumétrica. Ao se inchar, forma-se uma camada protetiva que reduz, durante um certo

tempo, a velocidade de transferência de calor entre o ambiente e a estrutura (em geral, metálica) que ela recobre. Segundo Fábio Domingos Pannoni, consultor técnico da Metalúrgica Gerdau S. A., esse material permanece inerte em baixas temperaturas e somente começa a gerar uma camada carbonizada de materiais de baixa condutividade térmica quando a temperatura ambiente atinge o patamar de 200 ºC a 230 °C. Nessa temperatura, o aço ainda está com toda sua resistência original resguardada, pois suas propriedades mecânicas não são afetadas até temperaturas próximas de 400 °C.

A escolha da tinta

As tintas intumescentes possuem formulações desenvolvidas especificamente para obter resultados satisfatórios segundo o tipo de incêndio que pode ser deflagrado em cada ambiente. O processo de combustão comporta-se de forma diferente, dependendo do material que o alimenta. "O tipo de incêndio depende do combustível. Estruturas civis tendem a ter papel, plástico, tecido, madeira… Esse incêndio é denominado celulósico. Sua queima é mais branda, atingindo cerca de 550 ºC após 20 a 30 minutos de incêndio, em média. Já quando falamos em indústrias químicas, refinarias, plataformas de petróleo, os combustíveis, em geral, são orgânicos. Neste casos, o incêndio alcança 1000 ºC em menos de dez minutos e é conhecido como de hidrocarbonetos", ensina Priscila Tavares, coordenadora de Desenvolvimento de Negócios da Sherwin-Williams do Brasil.

Assim, vemos que, em geral, as tintas intumescentes com base em resina acrílica são empregadas como a solução mais apropriada para casas e escritórios e as de base epoxídica, para incêndios de hidrocarbonetos em plataformas de petróleo, por exemplo.

Como agem as tintas

Os revestimentos intumescentes possuem os seguintes ingredientes:

1. Um catalisador que dá início à reação e se decompõe sob efeito do calor, produzindo um ácido mineral como, por exemplo, o ácido fosfórico. Em geral, esse catalisador contém uma alta percentagem de fósforo. Exemplos típicos são o polifosfato de amônio, fosfato de diamônio, fosfato de uréia e o fosfato de melamina.
2. Um agente carbonizante, como o amido ou o açúcar, que é atacado pelo ácido mineral a fim de formar uma massa carbonácea. Esta espuma carbonácea forma uma barreira incombustível;
3. Um aglutinante ou resina que amolece a uma temperatura predeterminada, formando uma pele expansível que resiste ao escape dos gases. Várias resinas podem ser utilizadas, por exemplo, as alquídicas, epoxídicas, acrílicas e poliuretânicas. Este é um ingrediente-chave na formulação, pois além de ter as propriedades normais para as aplicações de revestimentos, essa resina ligante tem de se degradar na mesma faixa de temperatura que os outros ingredientes, de modo a permitir que as reações químicas possam ocorrer. Ela tem de ter também uma viscosidade de fusão que não seja nem muito baixa nem muito alta para que a espuma possa se expandir. Essa viscosidade pode ser comparada à de uma goma de mascar que se infla com os gases liberados durante a degradação dos ingredientes e os mantém dentro da matriz fundida;
4. Um agente espumífico, por exemplo, parafinas cloradas e a melamina cristalina, que se decompõe juntamente com a fusão do ligante, liberando grandes volumes de gases não-inflamáveis. Esses gases incluem o dióxido de carbono, amônia e vapor de água. A produção desses gases promove a expansão da massa carbonácea, gerando uma espuma carbonácea, que se expande, no mínimo, 60 vezes o volume original da tinta e promovendo, assim, a proteção térmica.

Os revestimentos intumescentes mais empregados na construção civil podem ser tanto à base de solvente como à base de água, e normalmente possuem uma espessura de película seca inferior a 3 mm.

Aplicação

O sistema de pintura intumescente é composto pelas etapas de tratamento de superíficie do aço e aplicação da tinta de fundo (*primer*); seguida do revestimento intumescente; e da tinta de acabamento (*top coat*).

Preparação

A preparação superficial da estrutura metálica deve ser preferencialmente jato abrasivo padrão SA 2½ (ISO 8501-1:1988) ou SSPC-SP6. Lixamento mecânico padrão ST3 (conforme SIS-055900/1967) poderá ser aceito desde que autorizado pelo fabricante do *primer* e da tinta intumescente.

Após o jateamento deve ser aplicado uma tinta de fundo (*primer*) adequadamente homologada pelo fabricante fornecedor do revestimento de proteção passiva contra fogo na espessura de 50 a 75 µm. Em geral, as tintas de fundo à base de epóxi são aplicadas em espessuras na faixa de 75 µm a 100 µm. Quando a tinta de fundo não for testada pelo fornecedor de Proteção Passiva Contra Fogo (PPCF), é recomendada a realização de testes em campo e em laboratório do fabricante para avali-

Fabio Domingos Panoni – Consultor Técnico da Gerdau (Metalúrgica Gerdau S/A)

ação do sistema.

Seria interessante que tanto o tratamento de superfície como a aplicação do *primer* fossem executados pelo fabricante das estruturas metálicas, por ser mais econômico. Contudo, segundo Fabricio Ribeiro Anias, diretor técnico da PCF Soluções em Engenharia, as aplicações *off-site* de tinta intumescente são mais comuns na Europa.

"A maioria dos grandes fabricantes de estruturas metálicas no Brasil já tentaram aplicar tintas intumescentes em suas fábricas e enviar os perfis já protegidos para montagem, mas a complicada logística de aplicar várias demãos na fábrica, com intervalos razoáveis de secagem entre demãos, bem como a quantidade elevada de abusos mecânicos que a tinta sofre no transporte e montagem acabam por desestimular essa prática. Além de caros, dificilmente os reparos em tintas intumescentes conseguem manter o mesmo nível de acabamento visual do restante do perfil, em função das elevadas espessuras de aplicação", alerta Anias.

Camada intumescente

As espessuras necessárias das tintas intumescentes normalmente são muito maiores do que as das convencionais, cobrindo uma faixa que se estende desde 200 µm até a 6.000 µm, conforme o tipo de estrutura e o TRRF (Tempo de Resistência Requerido ao Fogo) recomendado. Quanto maior a espessura, maior deve ser o cuidado com a aplicação, especialmente no tocante ao número de demãos e ao controle de umidade e acabamento.

A maior parte dos revestimentos intumescentes fornece proteção contra incêndios, de forma econômica, por até 60 minutos. "Atualmente, existem tintas intumescentes no mercado que são competitivas com outros sistemas de proteção por até 90 minutos. Poucas tintas intumescentes podem atingir 120 minutos de resistência ao fogo", explica Panonni.

Os revestimentos para fogo celulósico são, em sua maioria, monocomponentes e podem ser aplicados via pistola *airless*, com pressão de operação a partir de 2500 psi. Também há a opção, recomendada para retoques, principalmente, como o uso de trincha.

Já os revestimentos para fogo de hidrocarbonetos podem ser aplicados com o uso de espátulas, ou equipamento *airless* plural componente aquecido. Há, em última instância, o uso de equipamento *airless single leg*, com produto já misturado e diluído, mas muito pouco recomendada por fabricantes, por alterar propriedades de cura e provocar o risco de erros na aplicação da espessura correta.

É recomendado que o aplicador tenha uma certificação do fornecedor de PPCF. Essa certificação é baseada tanto na experiência desse aplicador, quanto no treinamento prático e teórico da equipe do aplicador nos produtos do fornecedor. Essa homologação garante o alinhamento de informações acerca dos produtos do fabricante de PPCF.

Acabamento

A aplicação de uma tinta de acabamento (*top coat*) que irá proteger a camada intumescente da atmosfera e permitir a coloração do sistema. Segundo Antonio Fernando Berto, engenheiro civil, chefe do Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosão do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), o top coat também é um revestimento com espessura elevada. Os fabricantes recomendam,

Foto: PCF Soluções Eng.

em geral, para pinturas de interiores uma espessura de 50 µm e pintura externa, 100 µm. "O sistema de revestimento intumescente permite que as estruturas metálicas possam ser expostas e valorizadas como elemento estético, como pode ser observado no prédio do Itaú Cultural na avenida Paulista em São Paulo (SP)", destaca Berto.

Normas

Embora as estruturas de aço sejam altamente resistentes ao fogo, as normas de segurança contra incêndio em construção civil foram criadas, visando reduzir o risco de incêndios e, caso ocorram, aumentar o tempo de início de deformação da estrutura, ganhar tempo para a chegada da brigada de incêndio e salvar vidas. Para isso, essas normas tentam restringir a temperatura dos componentes de aço submetidos a incêndio a 550 °C ou outra temperatura especificada.

No Brasil, temos normas de proteção, baseadas em diretrizes internacionais, em relação ao uso e ocupação e ao material estrutural, determinadas pela ABNT (NBR14432 e NBR14323). Fora do Brasil, tanto os EUA como a Europa são provedores de normas de testes de perfomance de produtos, como resistência a diferentes tipos de incêndio, como jatos de fogo, incêndio em poça, explosões, líquidos explosivos, entre outros. Podemos citar, por exemplo, as mais consagradas como, ANSI/UL263, ANSI/UL1709, ASTM-E119, API-2218 (rev2013), BS476 (partes 20, 21e 22), ISO834 (Apêndice-D), ISO13381-8, ISO 22.899-1, IMO 754 (18), NFPA 58 (Anexo H), N-1756, dentre outras.

Priscila Tavares – Coordenadora de Desenvolvimento de Negócios da empresa Sherwin-Williams do Brasil

Durabilidade

Antes da aplicação, a tinta pode permanecer estocada de seis a 24 meses sem nenhum problema. Após sua aplicação, sua durabilidade depende exclusivamente do tipo de exposição a que ela ficar sujeita e do tratamento dado às superfícies. Sem a

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

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

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

Antonio Fernando Berto — Chefe de Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosão do IPT

influência de fatores externos, os revestimentos podem durar por tempo indeterminado.

Já quando expostas a intemperismos ou a ambientes agressivos, sua vida útil variará segundo a qualidade do acabamento aplicado e a sequência de manutenção programada.

Meio ambiente

As tintas intumescentes utiliza em sua formulação componentes nocivos ao meio ambiente como as parafinas cloradas, usadas como agente espumífico. Por esse motivo, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos divulgou sua intensão de eliminar o comércio de parafinas cloradas no país até maio deste ano.

Outro componente que foi apontado como danoso para a saúde humana é o ácido bórico, associado a impotência sexual masculina. Usado em revestimentos de combate ao fogo de hidrocarboneto, esse assunto já foi amplamente discutido, mas algumas empresas continuam empregando esse produto, alegando que órgãos internacionais não restringem seu uso nesse tipo de revestimento por ele não se encontrar livre na mistura, mas encapsulado dentro das resinas epóxis.

De um modo geral, os componentes usados nos revestimentos intumescentes são, em sua maioria, 100 % sólidos, livres de compostos orgânicos voláteis (VOC), mas que, como todo revestimento, exigem o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados para evitar contato com a pele e inalação de particulados.

Já no que tange os revestimentos celulósicos, por se tratar de suspensão de compostos em meio aquaso ou solventes orgânicos, há uma tendência em utilizar produtos com baixo indíce de VOC, não agressivos ao meio-ambiente.

Conclusão

O Brasil ainda está começando a aprender como utilizar de forma inteligente e eficiente esses revestimentos. No meio industrial, particularmente no segmento de Óleo & Gás, esse revestimento é altamente difundido, porém, no mercado civil, ainda pouco conhecido e facilmente substituído pela argamassa projetada, cerca de cinco vezes mais barata.

Segundo Priscila Tavares, ainda existem muitos que não conhecem essa tecnologia dentro dos órgãos especificadores, regulamentadores e fiscalizadores. E os poucos grupos que as conhecem aceitam os projetos simplesmente por saberem que essas tintas são fabricadas por empresas de renome que possuem histórico de mercado de longa data.

"Mesmo com a expansão da aplicação de intumescentes em estruturas civis, poucos foram os aplicadores e engenheiros que se especializaram nesse tipo de revestimento, primeiro por ser muito caro, comparado às tecnologias de proteção passiva contra fogo já instaladas no País, segundo porque não havia literatura e grande difusão de nível

Foto: AkzoNobel

Foto: AkzoNobel

Fabricio Ribeiro Anias – Diretor técnico da PCF Soluções em Engenharia

nacional, terceiro porque poucos fabricantes investiram no desenvolvimento de mercado de seus produtos, ficando, inicialmente, restrito a dois ou três grandes", avalia Priscila.

Atualmente, parece que esse cenário tende a mudar. Os fabricantes iniciaram uma corrida para se diferenciarem no mercado e estão, aos poucos, desenvolvendo produtos mais leves, com espessuras menores, sem tela, fazendo com que o revestimento se torne cada vez mais parecido com uma tinta convencional, seja na facilidade de aplicação, no controle da cura ou até mesmo nas espessuras, quando falamos do revestimento para fogo celulósico.

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.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

WWW.BLASPINT.COM.BR

BLASPINT
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampos - SP | CEP 12246-000
Av. Alfredo Ignácio Nogueira Penido, 255 | sl 1713, Ed. Le Classique, Jd. Aquarius
Tel.: (12) 3911-2555 | sjcampos@blaspint.com.br

Caçapava - SP | CEP 12285-810
Rod. João do Amaral Gurgel, 1501
Telefax: (12) 3654-4040 | blaspint@blaspint.com.br

Aplicação da técnica de traçadores na detecção de corrosão e incrustação

Tracer technique application in detection of corrosion and fouling

Por Jancler Pereira Nicácio

Co-autor: Rubens Martins Moreira

Resumo

Mecanismos de danos são processos de deterioração das características estruturais dos materiais. Este trabalho avaliou se a técnica dos traçadores pode ser aplicada na detecção de corrosão e incrustação em equipamentos. O traçador radioativo usado foi o sulfato de manganês irradiado no reator TRIGA IPR/CDTN e como traçador fluorescente a rodamina. Utilizou-se o programa DTSPRO e ANSYS CFX para o levantamento das curvas de distribuição do tempo de residência dos escoamentos. Observou-se a presença de zonas de recirculação na avaliação da corrosão, e de estagnação na avaliação da incrustação.

Abstract

Mechanisms of damage are deterioration processes of structural characteristics of the materials. This study evaluated the technique of tracers can be applied in the detection of corrosion and fouling in equipment. The radioactive tracer used was spent manganese sulfate in the reactor TRIGA IPR / CDTN and as a fluorescent tracer rhodamine. We used the ANSYS CFX and DTSPRO program to survey the distribution curves of the residence time of the flow. It was observed the presence of recirculation zones in the assessment of corrosion, and stagnation in the evaluation of fouling.

Introdução

Mecanismos de dano são processos de deterioração das características estruturais, acarretando perda progressiva de suas funções e comprometimento de sua integridade estrutural (API-RP571, 2011). Dentre os mecanismos de dano mais atuantes em uma refinaria de petróleo, destacam-se a corrosão e a incrustação (API-RP571, 2011). Este trabalho tem por objetivo analisar a aplicabilidade da técnica dos traçadores como uma ferramenta de detecção da corrosão e incrustação.

Os processos de corrosão são considerados reações químicas heterogêneas ou reações eletroquímicas que se passam geralmente na superfície de separação entre o metal e o meio corrosivo ou eletrólito (CHAVES, MELCHERS, 2011). A figura 1 representa danos caraterísticos de corrosão em uma tubulação de aço carbono exposta a petróleo bruto.

As incrustações são depósitos que se formam no interior de tubulações, dutos ou equipamentos, devido à fixação de substâncias (COLE; MARNEY, 2012). A presença de incrustações pode vir a acarretar a expansão e rompimento dos tubos (SIGWALT, 2002). A figura 2 representa uma tubulação de água de resfriamento com incrustação em sua parede interna.

Define-se traçador como qualquer composto (ou elemento) que, incorporado à massa de uma substância (denominado material marcado), permite investigar o comportamento da mesma em um processo físico, químico ou biológico (BEDMAR, 1972). O princípio básico do método é ilustrado na figura 3. Uma pequena quantidade de traçador é injetada em um ponto A, que dispersa através do sistema e é monitorada em B ao longo do tempo de duração do experimento. O resultado obtido

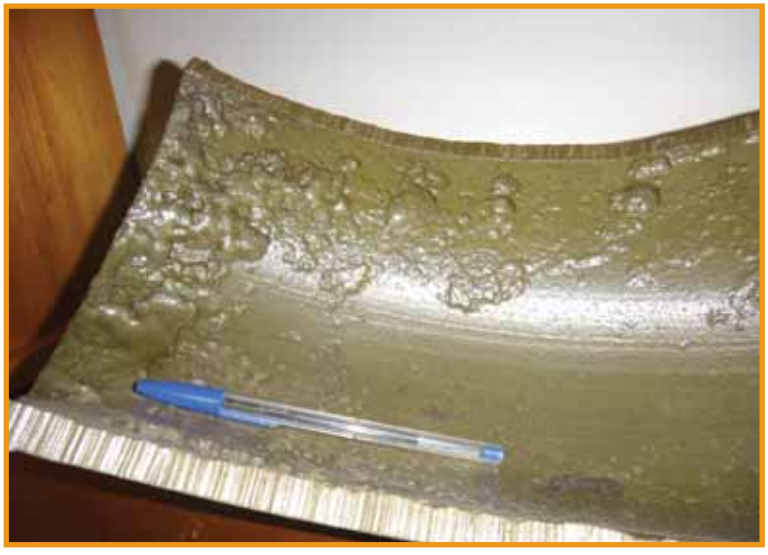


Figura 1 – Corrosão em linha de aço carbono – fluido: petróleo bruto. Fonte: Museu REGAP/IE, 2015

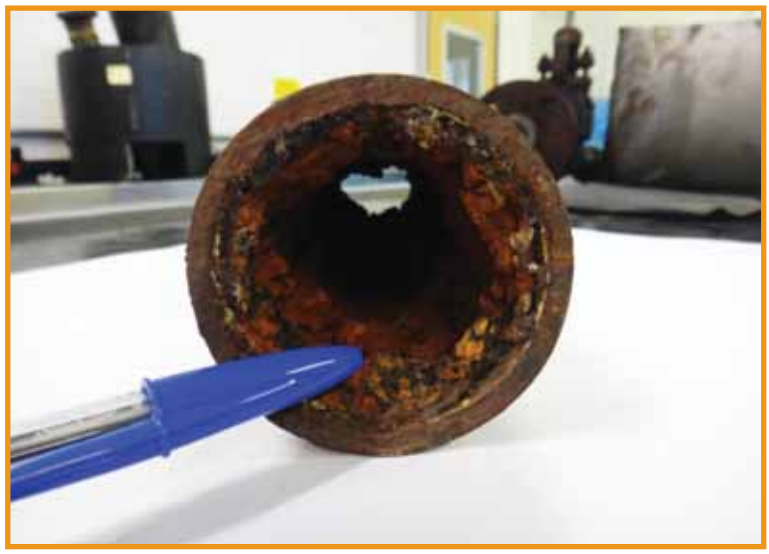


Figura 2 – Incrustação em tubulação de água de resfriamento em aço carbono. Fonte: Museu REGAP/IE; 2015

é um gráfico da concentração em função do tempo (curva de resposta) e a interpretação do mesmo fornece informação a respeito do comportamento da substância de interesse (material marcado) no mesmo sistema (LOWENTHAL e AIREY, 2001).

Os traçadores radioativos são substâncias marcadas com um átomo radioativo. Um detector é usado para a detecção das partículas emissoras presentes no traçador radiativo, que escoam no sistema analisado (HORVATHA, D. *et al*; 2013). Os traçadores fluorescentes são compostos orgânicos ou inorgânicos que apresentam fluorescência, tais como os corantes usuais: fluoresceína, isotiocianato de fluoresceína, rodamina-B (MOREIRA, 2009).

As curvas de distribuição do tempo de residência têm sido amplamente discutidas na literatura, o trabalho referência foi realizado por Danckwerts em 1953. Com o uso desta técnica pode-se determinar irregularidades em escoamentos provocadas por diversas fontes, tais como: a corrosão e incrustação nas paredes internas de tubulações (WIBEL, W. et al; 2013). A distribuição do tempo de residência é representada pela equação (1), (MOHAMMADI, S., BOODHOO, K; 2012):

Equação (1)

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^\infty C(t)dt}$$

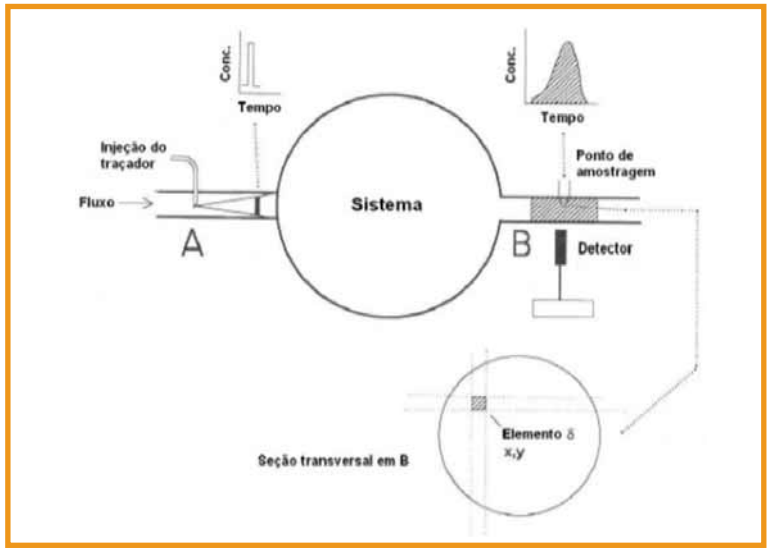


Figura 3 – Esquema do príncipio básico do método de utilização de traçadores. Fonte: LOWENTHAL e AIREY; 2001.

Materiais e Métodos

Utilizou-se o material API-5LGr. B para a montagem dos corpos de prova que foram construídos nas seguintes dimensões: diâmetro externo de 48 mm, diâmetro interno de 40 mm e comprimento de 400 mm. O corpo de prova (CPA) foi considerado o padrão (sem inclusão de descontinuidades), no corpo de prova (CPB) foi inserido um rasgo interno para simular à corrosão e no corpo de prova (CPC) foi inserido um entalhe para simular à incrustação. Usou-se o sulfato de manganês monohidratado em solução aquosa irradiado com um fluxo conhecido de 6,6 x 1011 nêutrons/cm^2.s no reator de pesquisa TRIGA IPR-R1 do CDTN/CNEN. Tendo como radioisótopo final desejado o ^{56}Mn, que apresenta um tempo de meia-vida de 2,58 horas. As sondas cintiladoras foram posicionadas respectivamente na região de entrada do equipamento, na região central (onde estão inseridas as descontinuidades) e na região de saída. A sonda na região de entrada visa detectar a influência da mudança de perfil de escoamento nesta região, o mesmo ocorrendo com a sonda na região de saída. A sonda posicionada na região central (meio) visa detectar o comportamento da influência das descontinuidades inseridas nos corpos de prova durante o escoamento.

Figura 4– Montagem do sistema experimental de testes. Fonte: SEMAN/CDTN; 2015

A figura 4 representa a montagem do sistema experimental de testes para o traçador radiativo. Os corpos de prova foram ensaiados em três vazões distintas: 0,10 m³/h, 0,40 m³/h e 0,90 m³/h.

O aparelho de fluorimetria utilizado trata-se do um fluorímetro da marca GGUN-FL modelo 080811 de fabricação suíça, pela empresa Albillia Corporation. A figura 5 representa a montagem final dos corpos de prova com o uso do aparelho fluorímetro.

Resultados e Discussão

Nas figuras abaixo o eixo das abscissas representa o tempo normalizado (θ) oriundo da divisão do tempo instantâneo pelo tempo médio. O eixo das ordenadas representa os valores da função de distribuição do tempo de residência E(θ) normalizado. A curva em vermelho representa o CPA, a curva em azul representa o CPB e a curva em verde representa o CPC. A figura 6 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica fluorímetrica, para a vazão de 0,10 m³/h.

O tempo de residência foram similares, comportamento possivelmente devido ao fato deste corpo de prova estar isento de descontinuidades.

A figura 7 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica fluorímetrica, para a vazão de 0,40 m³/h.

O tempo de residência entre as curvas dos corpos de prova foram distintas. Nota-se um pequeno aumento no tempo de residência para a curva do CPC, indicando uma influência considerável deste tipo de descontinuidade (incrustação) para o retardo do escoamento.

A figura 8 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica fluorímetrica, para a vazão de 0,90 m³/h.

As curvas de distribuição de tempo de residência dos corpos de prova foram similares. Nota-se um pequeno aumento no tempo de residência para o CPC, fato já explicado anteriormente.

A figura 9 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica radioativa, para a região de entrada dos corpos de prova. O eixo das ordenadas representa os valores da função de distribuição do tempo de residência E(θ) normalizado. A curva em vermelho representa o CPA, a curva em azul representa o CPB e a curva em verde representa o CPC. Observa-se que os comportamentos das curvas de distribuição de tempo de residência apresentaram similaridade, verificando-se a passagem do traçador radioativo na região de entrada do corpo de prova, não sofre influências devido a geometria.

Figura 5– Montagem experimental com o fluorímetro. Fonte: SEMAN/CDTN; 2015

A figura 10 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica radioativa, para a região central dos corpos de prova.

Observa-se uma mudança do comportamento das curvas de distribuição de tempo de residência devido a passagem do traçador radioativo na região das descontinuidades, nota-se conforme trabalhos de Sassaki (2005) e Levenspiel (2000) que no CPA nenhuma anormalidade do escoamento foi detectada, sendo que a forma da curva obtida foi mantida conforme a curva referência de entrada, para o CPB foi detectada a anormalidade de escoamento do tipo reciclo, e para o CPC foi detectada a anormalidade de escoamento do tipo estagnação.

A figura 11 representa a comparação entre as distribuições de tempos de residência obtidos mediante a aplicação da técnica radioativa, para a região de saída dos corpos de prova.

Observa-se que o comportamento das curvas de distribuição de tempo de residência para a região de saída dos corpos de prova foi semelhante ao da figura 9 (região de entrada), possivelmente explicado pelo ponto de medição já ter passado pelas descontinuidades dos corpos de prova. A figura 12 apresenta as linhas de corrente tangentes ao plano central do canal de escoamento onde é possível observar as recirculações decorrente da expansão abrupta na entrada do corpo de prova. Esta característica é observada em todos os ensaios realizados, independente do corpo de prova utilizado.

A figura 13 representa a região do entalhe, sendo a característica marcante do mecanismo de dano por corrosão. Na figura é possível observar as regiões de recirculação no interior do entalhe e perceber que a presença

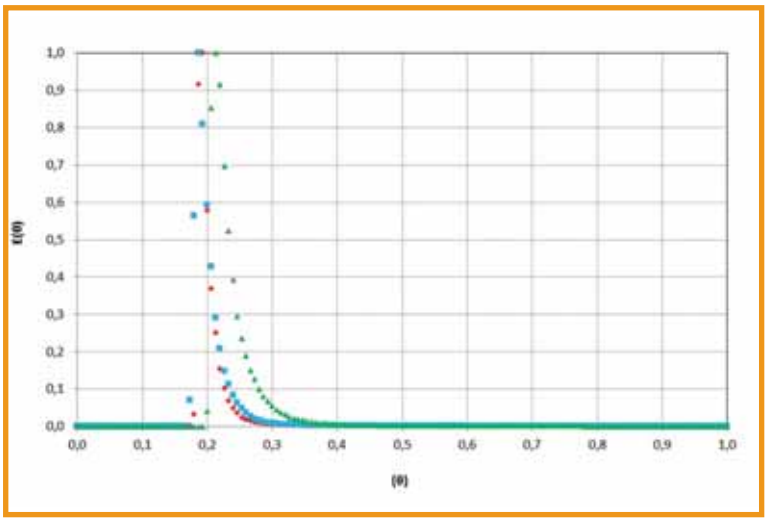


Figura 6 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência dos CPs – vazão de 0,10 m³/h

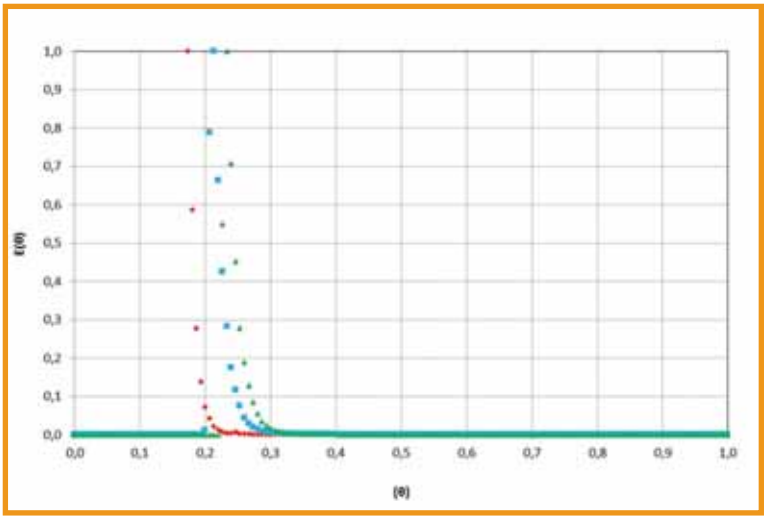


Figura 7 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência dos CPs – vazão de 0,40 m³/h

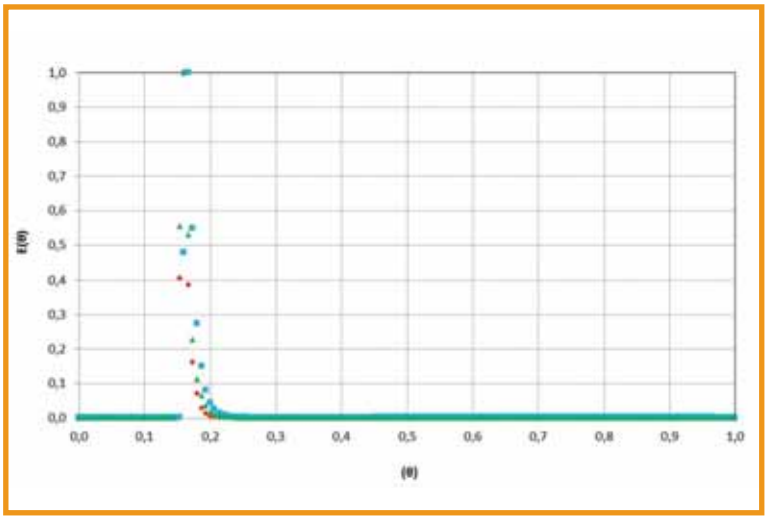


Figura 8 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência dos CPs – vazão de 0,90 m³/h

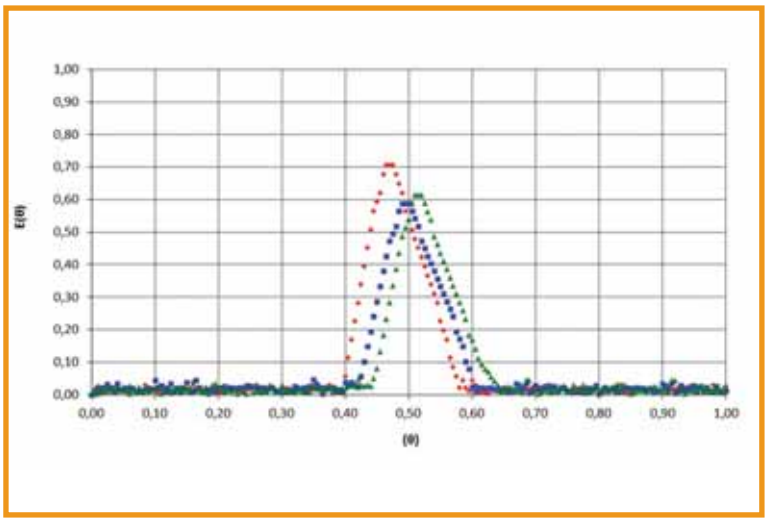


Figura 9 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência - região de entrada

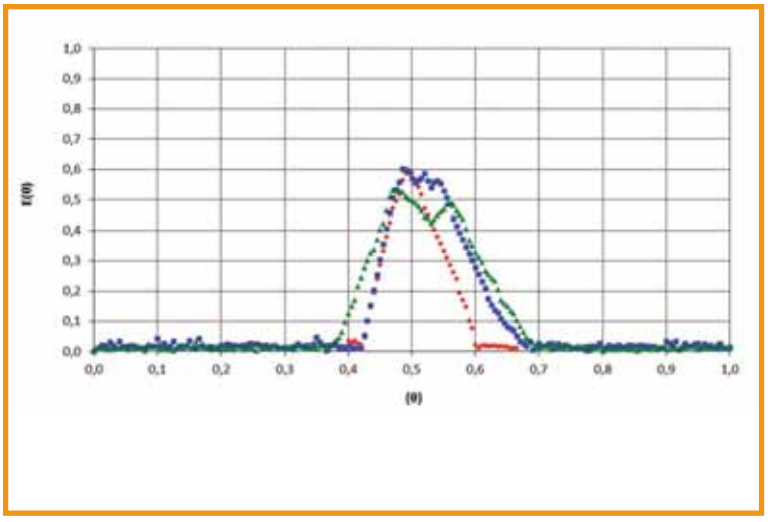


Figura 10 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência - região central

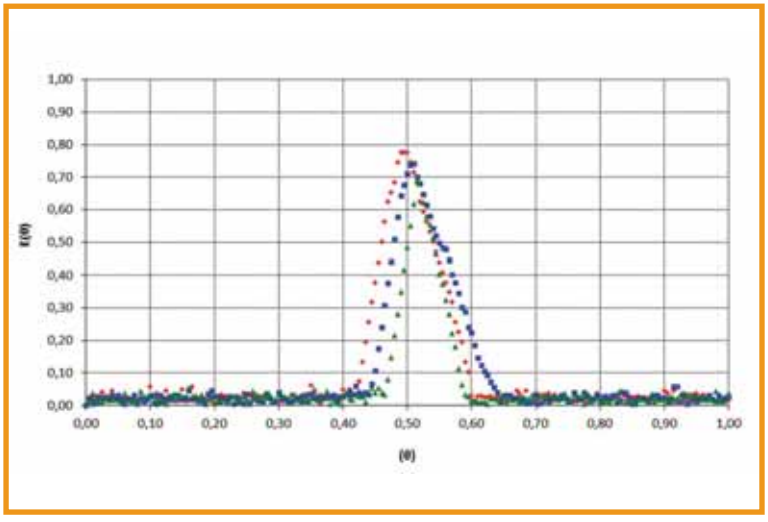


Figura 11 – Comparação das curvas de distribuição do tempo de residência - região de saída

deste tipo de defeito não afeta significativamente o escoamento posterior, pois as linhas de corrente não são afetadas de forma significativa.

A figura 14 representa a região do ressalto, característica marcante da descontinuidade de dano do tipo incrustação. É possível verificar uma área de estagnação do fluido após a passagem pelo ressalto, para as três vazões de testes utilizadas.

Conclusão

Este trabalho analisou a aplicabilidade da técnica de traçadores em detectar os danos de corrosão e incrustação, que são os principais mecanismos de danos que atuam em equipamentos na indústria do refino de petróleo. A análise com o traçador fluorescente (rodamina) indicou ser mais sensível para o dano de incrustação. A análise do traçador radioativo (sulfato de manganês monohidratado) irradiado indicou correlações entre a descontinuidade do tipo corrosão a problemas de escoamento do tipo zonas de reciclo; e a descontinuidades do tipo incrustação a problemas do tipo estagnação. O programa de dinâmica dos fluidos computacional, ANSYS CFX 15, confirmou a análise feita com o programa DTSPRO. Conclui-se que a técnica dos traçadores possui a capacidade de indicar a presença de descontinuidades do tipo corrosão e incrustação, na geometria estudada.

Referências Bibliográficas

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE-API RP 571. *Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry*, Washington, DC, USA, 2011.

BEDMAR, A.P. *Consideraciones Generales Sobre Trazadores*. In: Isótopos en hidrologia. Espanha: Alhambra, 1972.

CHAVES, I.; MELCHERS, R. *Pitting*

corrosion in pipeline steel weld zones. Corrosion Science, n. 53, 4026-4032, 2011.

COLE, I.; MARNEY, D. *The science of pipe corrosion: a review of the literature on the corrosion of ferrous metals in soils. Corrosion Science, n. 56, 5-16, 2012.*

DANCKWERTS, P. V. Continuous flow systems distribution of residence times. Chemical Engineering Science, n.2, 1–13, 1953.

DANTAS, J. A.; PEGORARO, P. R.; GUT, J. A. *Determination of the effective radial mass diffusivity in tubular reactors under non-Newtonian laminar flow using residence time distribution data*. International Journal of Heat and Mass Transfer, n. 71, 18–25, 2014.

HARSTON, J; ROPITAL, J. *Corrosion in Refinery Units. Woodhead publishing in materials*, 1 ed., 128p, 2014.

HORVATHA, D. *et al. Development and application of the in situ radiotracer thin gap method for the investigation of corrosion processes. Adaptation of the thin gap method for the application of porous surfaces*. Electrochimica Acta, n. 109, p. 468– 474, 2013.

LEVENSPIEL, O. *Engenharia das reações químicas*. 3º edição. Departamento de Engenharia Química. Oregon State University. Editora Blucher. São Paulo. 563 p. 2000.

LOWENTHAL, G. C.; AIREY, P. L. *Application of Tracer Technology to Industry and Environment*. In: Practical applications of radioactivity and nuclear radiations. Reino Unido: Cambridge university press, 2001.

MOHAMMADI, S., BOODHOO, K. *Online conductivity measurement of residence time distribution of thin film flow in the spinning disc reactor*. Chemical Engineering Journal, n.207–208, 885–894, 2012.

MOREIRA, *et al. Traçadores: O uso de Agentes Químicos para Estudos Hidrológicos, Ambientais, Petroquímicos e Biológicos*. Química Nova, vol. 32, n. 6, 1576-1585, 2009.

SASSAKI, R. A. *Distribuição de tempos de residência em sistemas alimentados com vazão variável*. Programa de Pós-graduação em engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

SIGWALT, R. A; NEGRÃO, C. O. R; TONIN, P. C. *Influência do*

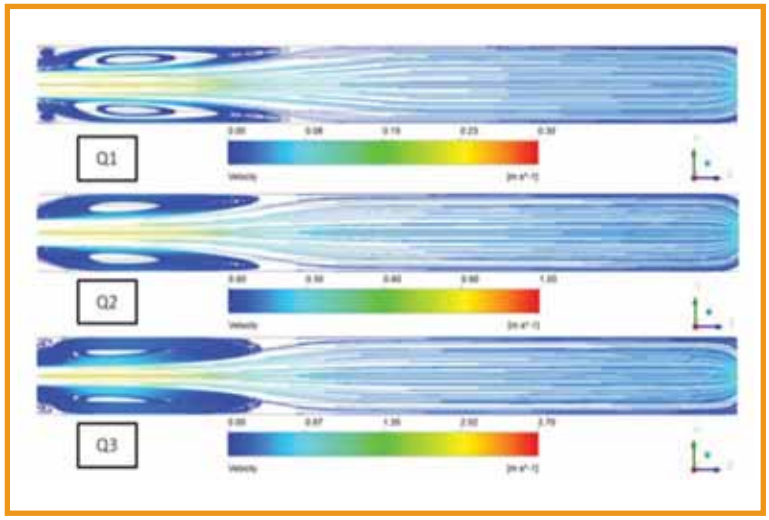


Figura 12 – Corpo de prova sem descontinuidades (CP-A). Fonte: Laboratório de Termohidráulica/ CDTN; 2015

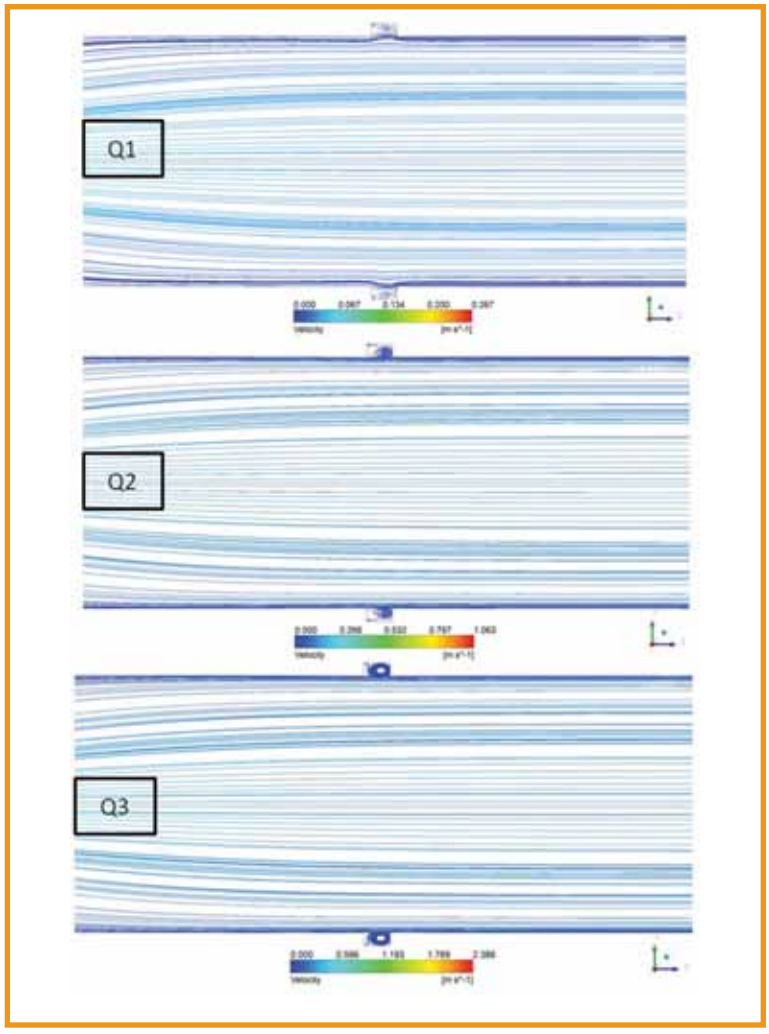


Figura 13 – Corpo de prova com corrosão (CP-B). Fonte: Laboratório de Termohidráulica/ CDTN; 2015

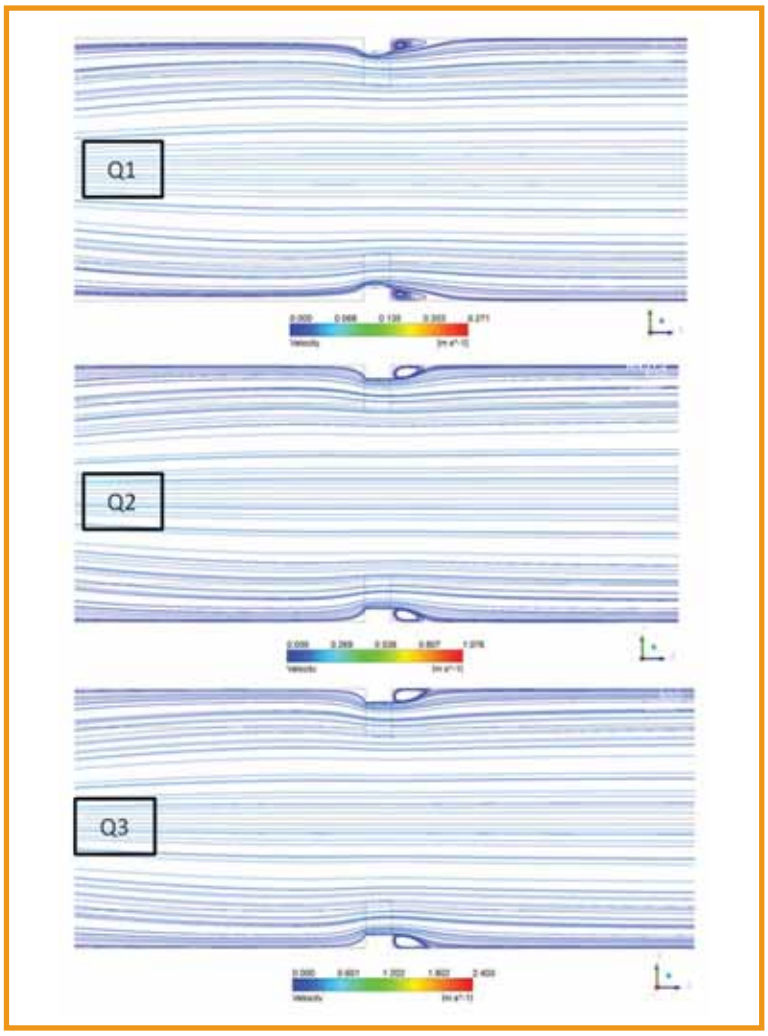


Figura 14 – Corpo de prova com incrustação (CP-C).
Fonte: Laboratório de Termohidráulica/CDTN; 2015

Escoamento no Processo de Incrustação. Departamento Acadêmico de Mecânica. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Seminário de Ciência e Tecnologia, 168p, 2002.

SYSMATEC-PROGEPI, SOFTWARE DTSPRO V4.2. *Instruction Manual*. 34p. 2002.

WIBEL, W. *et al. Reprint of: Measuring and modeling the residence time distribution of gas flows in multichannel microreactors*. Chemical Engineering Journal, n. 227, 203–214, 2013.

Jancler Adriano Pereira Nicácio
Doutorando em Ciências e Tecnologia dos Minerais, Materiais e Meio Ambiente no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Inspetor de Equipamentos na refinaria Gabriel Passos da PETROBRAS, Inspetor de Soldagem pela FBTS, Inspetor em Ensaios Não Destrutivos pela ABENDI, mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009), graduado em Engenharia Mecatrônica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2003).

Rubens Martins Moreira
Doutor em Engenharia Química pela North Carolina State University (1976), mestre em Ciências Técnicas Nucleares pela Universidade Federal de Minas Gerais (1971), graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (1964). É pesquisador sênior da Comissão Nacional de Energia Nuclear, lotado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Serviço de Meio-Ambiente e Técnicas Nucleares. Atua profissionalmente na área de Aplicação de Técnicas Nucleares aos seguintes temas: processos de transporte no meio-ambiente e em sistemas industriais, desenvolvimento e medição de traçadores radioativos, modelagem matemática; com ênfase em exploração de petróleo e poluição de aguas.

Contato com o autor:
jancler@petrobras.com.br

INTERCORR 2016 ABRACO
Corrosão & Proteção
Ciência e Tecnologia em Corrosão

Além de sua circulação nacional a próxima edição da **Revista Corrosão & Proteção** será distribuída no **INTERCORR 2016**. Apresentará os principais avanços tecnológicos que compreendem o universo do estudo e do controle da corrosão. Contará com a participação de renomados profissionais do setor, empresas e entidades científicas e tecnológicas.

Assegure à sua empresa, diretamente no evento, os mesmos benefícios já conquistados por outras empresas líderes de mercado, por meio de negócios imediatos e valorização de marcas, produtos e serviços para o setor.

Reserve seu espaço publicitário.

APORTE EDITORIAL

Tel.: (11) 2028-0900

Extensão da vida *útil* das estruturas de concreto com uso de armaduras de aço-carbono revestidas ou de aço inoxidável

Extending the service life of concrete structures using coated carbon steel or stainless steel

Por Adriana de Araujo

Co-autoras: Anna R. Moreira e Zehbour Panossian

Resumo

A durabilidade das estruturas de concreto brasileiras é função quase que exclusivamente da especificação de um concreto de qualidade e de uma adequada espessura de cobrimento das armaduras. Entretanto, outras medidas podem ser tomadas para garantir e/ou estender a vida útil dessas estruturas, como o uso de armaduras de aço-carbono revestidas ou de aço inoxidável. Essas técnicas de proteção vêm sendo usadas com sucesso no exterior, sendo especialmente aplicadas em obras de grande responsabilidade, e/ou com restrições manutenções, expostas a um ambiente de média à forte agressividade. No Brasil, essas e outras tecnologias já consagradas de proteção do concreto armado, são muito pouco conhecidas e aplicadas. Assim sendo, é de fundamental importância a sua divulgação. O objetivo do presente artigo é justamente esse: discute as características principais e o campo de aplicação de armaduras revestidas (zincagem ou pintura epoxídica) e de armaduras de aço inoxidável.

Abstract

The durability of Brazilian concrete structures depends almost exclusively on the specification of a concrete of good quality and on an adequate thickness of the concrete that covers the reinforcement. However, other measures can be taken to secure and/or extend the life of these structures, such as the use of coated carbon steel or stainless steel rebars. These protection techniques have been used successfully overseas, being especially applied in works of great responsibility and/or maintenance restrictions and exposed to an environment of medium to strong aggressiveness. In Brazil, these and other already established protection technologies to reinforced concrete are very little known and applied. Therefore, it is very important disseminate them. The purpose of this paper is just that: to discuss the main features and scope of usage of coated carbon steel rebars (galvanized or epoxy painted) and the stainless steel rebars.

Introdução

Nas construções brasileiras, não é raro observar a sua depreciação devido ao aparecimento prematuro de patologias. Dentre as patologias mais comuns e mais deletérias, cita-se a corrosão do aço-carbono da armadura das estruturas de concreto armado. A corrosão ocorre, principalmente, devido à ação agressiva do dióxido de carbono (CO_2) e dos íons cloreto (Cl^-), sendo que, a corrosão desencadeada pelo CO_2 ocorre em qualquer tipo de atmosfera, enquanto que a corrosão por Cl^- ocorre quase que exclusivamente em atmosfera marinha.

Além da ação agressiva de agentes presentes na atmosfera, a ocorrência da corrosão está relacionada a uma variedade de fatores, como as condições de exposição e climáticas, as características e qualidade do concreto executado e a concepção do projeto. A variedade de intervenientes no processo corrosivo justifica a preocupação mundial constante com a durabilidade das estruturas de concreto armado.

No Brasil, a mesma preocupação existe, tendo como agravante um histórico de estruturas debilitadas prematuramente. A experiência mostra que isso está associado à presença de anomalias na superfície do concreto, como fissuração e áreas de vazios (bolhas de ar aprisionado segregação[a]). Quanto maior a presença de anomalias maior pode ser a permeabilidade do concreto de cobrimento da armadura. Na sequência, quanto maior é essa permeabilidade, menor será o tempo necessário para o estabeleci-

a. Segregação pode ser definida como ausência da integridade do concreto de cobrimento devido à concentração heterogênea dos componentes da mistura do concreto. Na superfície do concreto, a segregação é visualizada pela presença de áreas com elevada concentração de agregados (com ou sem exposição da armadura) ou áreas sem material, aparentes ou não (concreto com som cavo)

b. A experiência mostra que falhas em juntas e na drenagem estão bastante relacionadas à degradação prematura do concreto nesta região e nas áreas adjacentes

mento de processo corrosivo na armadura embutida no mesmo.

Outro problema constantemente relacionado à degradação das estruturas de concreto é a ausência de uma manutenção periódica eficiente. Segundo a NBR 5674 [1], é frequente a omissão de manutenção, sendo que algumas estruturas brasileiras são retiradas de serviço antes do cumprimento de sua vida útil estimada, ou acabam por requerer manutenção com custo muito elevado. Em geral, a manutenção tem como objetivo recuperar o concreto armado e tratar a sua superfície e, também, conservar outras partes, como juntas de dilatação e sistemas de drenagem de água pluvial[b].

Visando o aumento da durabilidade das estruturas de concreto frente à corrosão de suas armaduras, as seguintes estratégias podem ser adotadas[2]:

- aplicar um potencial externo (proteção catódica): redução do potencial da interface aço/concreto para valores mais negativos do que o potencial natural de corrosão do sistema;
- modificar o meio de exposição que as armaduras estão expostas: adição de inibidores de corrosão no concreto fresco ou na sua superfície (no caso de elementos existentes);
- substituir o concreto por outro mais resistente: desenvolvimento de concretos mais densos e resistentes ao ingresso de substâncias potencialmente corrosivas às armaduras, combinado com espessura suficiente do concreto de seu cobrimento;
- interpor barreiras entre o meio e o metal: revestimento da superfície do concreto ou da armadura (particularmente por meio de sua zincagem ou pintura epoxídica);
- substituir a armadura por outra mais resistente: desenvolvimento de ligas especiais, incluindo armaduras de aços inoxidáveis, e de armaduras de material não metálico (fibra de vidro ou de carbono, por exemplo).

Dentre essas estratégias, este trabalho aborda o revestimento das armaduras por zincagem e por pintura epoxídica e, também, o uso de armaduras de aço inoxidável. Todas essas são muito pouco conhecidas no Brasil e, portanto, é de fundamental importância a divulgação das características principais de cada uma delas e o campo de aplicação.

Corrosão no concreto armado

O aço-carbono é reconhecido como material que tem desempenho adequado em concreto armado, por conferir melhores propriedades ao mesmo, essencialmente resistência a esforços de tração. Quando embutido no concreto íntegro, o aço fica protegido, física e eletroquimicamente, contra corrosão. A proteção física é conferida pela camada de concreto que recobre o aço (concreto de cobrimento), isolando-o da exposição direta a agentes agressivos. A eficiência desta proteção é bastante dependente das características do concreto executado e da espessura efetiva do concreto de cobrimento. A proteção eletroquímica é conferida pela alcalinidade do meio (solução aquosa contida nos poros do concreto com pH entre 12 e 14), que estabelece condições propícias para a formação de um filme de óxidos compacto e aderente sobre o aço. Este filme pode reduzir a taxa de corrosão do aço a níveis insignificantes, o que justifica ser denominado filme passivante[3].

Dependendo do potencial da armadura, o filme passivante é uma película de magnetita (Fe_3O_4) ou maghemita, ou hematita, (Fe_2O_3), ou ainda uma mistura desses óxidos. Também é possível a formação do filme passivante pela reação entre a magnetita e o hidróxido de cálcio[4]:

$$Fe_3O_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow CaO.Fe_3O_4 + H_2O$$

A integridade do filme passivante pode ser afetada pela diminuição do pH da solução aquosa contida nos poros do concreto de cobrimento e, com isto, ser estabelecido um processo de corrosão. Em geral, a diminuição do pH do concreto ocorre por reações do CO_2, vindo do ambiente, com componentes alcalinos da pasta de cimento. A reação principal que representa esta diminuição, denominada carbonatação, é a seguinte[4]:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

O íon cloreto é outro agente que está relacionado, constantemente, ao estabelecimento de um processo de corrosão nas estruturas de concreto. É de conhecimento geral que sua presença desestabiliza o filme passivante, além de baixar a resistividade elétrica do concreto[c]. As pesquisas mostram que a corrosão pelo ataque por esse íon é dependente da sua concentração e da sua relação com os íons hidroxila (OH^-) presentes no meio (relação $[Cl^-]/[OH^-]$) [3].

Embora a ação dos íons Cl^- no concreto não esteja perfeitamente estabelecida[3], há teorias que explicam a desestabilização do filme de óxidos passivante, quando da presença de teores

c. A resistividade elétrica é uma grandeza que controla a difusão de íons na solução de água de poros no concreto. O concreto é caracterizado como condutivo, quanto a sua resistividade elétrica é baixa. Neste caso, é facilitado o desenvolvimento de reações eletroquímicas inerentes ao processo de corrosão.

críticos, sendo as três teorias mais aceitas as seguintes:

- em filmes espessos de óxidos, os íons cloreto são incorporados na sua camada, em sítios heterogêneos, criando defeitos os quais facilitam o transporte iônico através do filme;
- em filmes de camada muito fina, os íons cloreto competem com os íons hidroxila nos locais mais ativos da superfície metálica, impedindo a passivação na região;
- os íons cloreto formam complexos solúveis com os íons ferrosos que se afastam das regiões anódicas (onde se formaram). Quando estes complexos alcançam locais de pH elevados, são quebrados pela ação dos íons hidroxila, com consequente precipitação de hidróxido ferroso e liberação dos íons cloreto.

A corrosão da armadura de aço-carbono pode ser localizada ou generalizada. Em concreto carbonatado, normalmente, a corrosão é generalizada. Nesse caso, as reações anódicas (área onde está ocorrendo corrosão, perda de elétrons) e as reações catódicas (área de redução do oxigênio, ganho de elétrons) são imediatamente adjacentes, o que caracteriza uma microcélula de corrosão. Em concreto contaminado com cloretos, normalmente, a corrosão começa de forma localizada (corrosão por pite), sendo as áreas de reações anódicas bem menores do que as áreas de regiões catódicas. No entanto, rapidamente a corrosão se generaliza, o que é devido à tendência natural da quebra do filme passivante nas áreas adjacentes, também contaminadas com cloretos.

No caso da carbonatação ou da contaminação por cloretos não ser homogênea no concreto, o que em geral ocorre em área fissurada ou com concentração de vazios, os mesmos mecanismos descritos ocorrem, entretanto, a corrosão (generalizada) limita-se somente à região afetada. Nesta condição, podem ser obtidas taxas de corrosão elevadas que podem diminuir a seção do aço em um curto intervalo de tempo.

Finalmente, citam-se as reações anódicas e a catódica que ocorrem no aço-carbono embutido em concreto:

- $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$ (reação de oxidação ou anódica em meios alcalinos até pH em torno de 9, comum em concreto carbonatado)
- $3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e$ (reação de oxidação ou anódica em meios alcalinos, por exemplo, em pH em torno de 13,5, comum em concreto não carbonatado, porém contaminado com cloretos)

$O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$ (reação de redução ou catódica em meios neutros ou alcalinos aerados).

Armaduras revestidas por zincagem

A aplicação de armaduras revestidas por zinco pelo processo de imersão a quente é uma técnica de proteção particularmente adequada para estruturas com risco de carbonatação[3]. Isto porque, o revestimento é uma barreira eficiente à despassivação do aço-carbono resultante da diminuição do pH do meio. Segundo estudo de Yeomans[5], o revestimento de zinco mantém-se estável em concreto com valores de pH até aproximadamente 9,5, enquanto o aço-carbono, sem revestimento, pode despassivar-se em pH por volta de 10,5 e apresentar aceleração da corrosão abaixo de 9,5 [6].

Além do pH, outros fatores interferem no estabelecimento da corrosão da armadura e na sua evolução (taxa de corrosão), em destaque a resistividade elétrica do concreto, a disponibilidade de oxigênio dissolvido na solução de água de poros e, também, o tipo de camada do revestimento em contato com esta solução. Cita-se que o zinco puro apresenta menor taxa de corrosão em relação às ligas de zinco e ferro, pois apresenta maior estabilidade em relação à diminuição do pH do meio.

Segundo ensaios de laboratório de Yeomans[5] o revestimento pode resistir a níveis de contaminação com cloretos de até 2,5 vezes maiores do que o aço não revestido. Com isto, o início da corrosão pode ser retardado em tempo maior, possivelmente entre 4 a 5 vezes. Esse autor[7] referencia muitos estudos realizados no passado, nos quais o revestimento apresentou um bom desempenho em estruturas com concreto de qualidade variável (diferentes a/c[d] e espessura de cobrimento), expostas ao ataque de cloretos.

A eficiência do revestimento contra este íon também é descrita por Andrade e Macias[8] embora estes autores citem a existência de resultados contraditórios, os quais nem sempre são fáceis de serem analisados devido a variedade de técnicas adotadas na avaliação da proteção conferida pelo revestimento e, ainda, pela variedade das condições de exposição aos íons cloreto. Além disto, muito dos estudos foram feitos em laboratório, o que muitas vezes não reflete o desempenho real da proteção em campo. Um fator bastante relevante no desempenho do revestimento em meio com íons cloreto é a estrutura do revestimento, especialmente a comentada presença de zinco puro na camada externa [9].

O aço-carbono pode ser

d. Relação água/cimento

revestido com zinco (Zn) por diferentes processos, como eletrodeposição, pintura com tinta rica em zinco ou aspersão térmica e, ainda, zincagem por imersão a quente. Essa última técnica é tradicionalmente usada para o revestimento de armaduras, dentre outros elementos metálicos, sendo também denominada galvanização a fogo e, no exterior, *hot-dip galvanizing*.

A zincagem por imersão a quente é um processo industrial que consiste de um pré-tratamento do aço e de sua imersão em um banho de zinco fundido, em temperatura em torno de 450 ºC. Como resultado, é obtido um revestimento com a comentada presença de zinco puro (camada externa do revestimento) e camadas de zinco e ferro (intermetálicos), formadas por reações metalúrgicas entre os dois metais. A camada externa de zinco puro é decorrente do arraste do zinco fundido, porém a sua permanência no revestimento é dependente da composição do aço e do tempo de resfriamento (quanto mais rápido, maior é a camada de zinco puro remanescente). A espessura final do revestimento depende da composição do banho, da composição do aço e das condições de operação de zincagem[10].

A zincagem por imersão a quente pode ser feita por processo contínuo ou por batelada. De maneira simples, este último é feito pela imersão no banho de zinco de uma quantidade de barras, fios de aço, armaduras prontas, telas soldadas etc. O processo contínuo se diferencia por ser aplicado para bobinas, barras ou fios de aço que passam continuamente pelos diferentes estágios da zincagem. Este último processo tem limitações, sendo aplicado somente para produtos de baixa espessura ou baixo diâmetro e que sejam flexíveis.

O processo de imersão a quente por batelada se aplica tanto para barras retas como para barras conformadas (dobradas) e, também, para armaduras montadas, telas soldadas, estribos etc. Cita-se a norma ASTM A767[11] para a execução e o controle da qualidade da zincagem de barras e, para zincagem de armaduras já montadas, a norma ASTM A123[12]. No caso de zincagem de telas eletrossoldadas, a norma ASTM A1064[13] determina que a zincagem seja feita conforme a ASTM A614[14] Com exceção da norma ASTM A1064[13] todas referenciam a ASTM 780[14] para a realização de reparos no revestimento. No caso de zincagem de barras previamente conformadas (dobragem a frio), a ASTM A767[11] estabelece o diâmetro mínimo de dobramento como sendo de 6 a 10 vezes maior do o diâmetro nominal da barra. Tal medida visa evitar a danificação por encruamento do aço durante o processo de zincagem.

Em geral, o tempo de imersão por batelada é entre 20 segundos e 120 segundos, o que resulta em um revestimento com espessura entre 80 µm e 200 µm, respectivamente. O primeiro valor se refere à imersão no banho de barra de 8 mm de diâmetro e, o segundo, de barra de 25 mm de diâmetro. Espessuras maiores do que 200 µm não são recomendadas, pois podem resultar em uma inadequada aderência da barra ao concreto ou intensificar a fissuração do revestimento durante a etapa de dobragem[15].

A ASTM A767[11] define duas classes (I e II) para a espessura do revestimento das barras. A Classe I determina a espessura de 153 µm[e], para barra de diâmetro (Ø) ≥ 13 mm, e a espessura de 130 µm[f], para barra de Ø = 10 mm. Cita-se que nos Estados Unidos só existem barras com Ø ≥ 10 mm. A Classe II determina a espessura de 86 µm para uma barra de Ø ≥ 13 mm[g]. Segundo Yeomans[5], a Classe I é aplicada para peças estruturais e a Classe II para as peças não estruturais e arquitetônicas.

Para barras a serem conformadas após a zincagem, a norma ASTM A767[11] cita que defeitos (fissuração e destacamento localizado) podem ocorrer no revestimento, no entanto, estes podem ser minimizados com uso de um maior diâmetro de dobramento, além de um controle da severidade e da velocidade de sua execução. A presença da camada externa de zinco puro é outro fator que interfere na ocorrência de defeitos durante o dobramento. Isto porque, essa camada é mais dúctil (deformação plástica sem muita perda de resistência) que as demais, podendo deste modo contribuir na diminuição do aparecimento de fissuras no revestimento durante o dobramento. Ainda sobre a mesma norma, ela limita a presença de defeitos reparados em 1 % da área a cada 0,3 m do comprimento da barra, o que exclui o reparo executado nas extremidades cortadas.

Geralmente, é mais conveniente e econômico que a conformação de barras ocorra após o seu revestimento[5]. Segundo o Boletim de informação no 211 do CEB[16], esta prática é mais usual, mesmo sabendo-se que o dobramento pode resultar nos defeitos mencionados.

O dobramento antes da zin-

e. Massa de zinco por unidade de área de 1070 g/m^2
f. Massa de zinco por unidade de área de 915 g/m^2
g. Massa de zinco por unidade de área de 610 g/m^2

cagem é uma alternativa adequada para peças como estribos, ganchos e armaduras prontas, como de pilares em espiral e painéis pré-moldados. A sua realização evita a presença de reparos nas áreas de dobras, nas extremidades das barras cortadas e em áreas de soldas. Além disto, evita a exposição das pessoas aos gases de óxido de zinco, liberados na queima do revestimento durante a soldagem[10].

Ao término do processo industrial de zincagem por imersão a quente, as normas ASTM A1060[13] e ASTM A767[11] recomendam que o revestimento seja cromatizado (passivado). Isto é necessário para evitar a desestabilização do revestimento por reações com hidróxidos da pasta de cimento. Em pH até 13,3, estas reações podem passivar o revestimento $\{Ca[Zn(OH)_3]_2 . 2H_2O\}$, no entanto, nestas reações há formação do gás hidrogênio, que se acumula na região e pode impactar na aderência inicial do aço revestido ao concreto. Além disto, o consumo do revestimento nestas reações de passivação resulta em uma diminuição da espessura total, tendo-se uma perda de aproximadamente 10 µm da camada externa de zinco puro[8,17].

Kayali[18] cita que o filme passivante resultante da cromatização do revestimento, pode não estar mais presente no momento da concretagem, especialmente quando as armaduras são armazenadas a céu aberto em períodos de alto índice pluviométrico, isto porque a camada de cromatização é lixiviada pela chuva. Como alternativa prática, o autor menciona que os cromatos podem ser adicionados na massa de concreto. Segundo o ACI 201.2R[19], isto é feito com a adição na água de amassamento de 400 ppm de cromato. Cita-se que tal prática não é muito recomendada, devido ao fato dos cromatos serem muito prejudiciais à saúde humana.

Em complemento ao exposto, citam-se as considerações feitas pelo CEB[16] quanto à aplicação de barras zincadas:

- propriedades mecânicas da armadura: não há efeito significante quando do seu revestimento;
- cromatização do revestimento: resulta em um melhor desempenho da proteção;
- taxa de corrosão: é menos intensa e menos extensa do que a corrosão do aço-carbono;
- limite de íons cloreto: o revestimento tolera uma maior concentração do que o aço-carbono;
- patologias no concreto: a ocorrência de fissuras e o destacamento do concreto de cobrimento são menos prováveis ou retardadas. A presença do revestimento pode postergar os serviços de recuperação estrutural, podendo ser também mais facilmente aceitáveis falhas de execução e variações na espessura do concreto de cobrimento;
- concreto: com uso de armaduras revestidas, o concreto pode ser exposto à ambientes mais agressivos do que o previsto. A maior compatibilidade do revestimento em concreto é atingida com cimento de baixa alcalinidade.

Quanto ao campo de aplicação, Yeomans[5,20] cita que o revestimento é utilizado amplamente para resguardar as estruturas de uma ação agressiva inesperada ou previamente ao prazo estipulado, podendo ser aplicada em:

- elementos estruturais: externos (fachada) e imersos (sujeitos à água do solo);
- elementos arquitetônicos e outros decorativos;
- módulos e elementos pré-fabricados em geral, como condutores de água, painéis de fachadas e pisos, tanques, vigas, pilares etc;
- infraestrutura de transportes (pontes, elementos de barreira etc.) e outras sujeitas a um ambiente agressivo, como torres de resfriamento e chaminés, reservatórios e tanques; postes de iluminação, áreas químicas na indústria, plataformas etc.

Armaduras revestidas com pintura epoxídica

Devido inicialmente à aplicação de armaduras revestidas por pintura ter sido feita em pontes e viadutos sujeitos ao ataque de íons cloreto, há um grande número de publicações no exterior avaliando a sua eficiência nestes tipos de construção. Quanto ao risco de corrosão por carbonatação do concreto, nenhuma avaliação específica foi encontrada na literatura consultada. Tal fato é mencionado pelo CEB[16] como sendo, possivelmente, decorrente da ausência de pesquisas e da não verificação de problemas de sua aplicação nessa situação de risco.

O instituto CRSI[21] apresenta um resumo de avaliação de estruturas de pontes em diferentes regiões dos Estados Unidos e no Canadá, em Ontário, expostas aos íons cloreto. De modo geral, foi verificada a eficiência do revestimento na proteção das armaduras dessas estruturas, embora tenha sido constatado um impacto negativo de defeitos no revestimento. Os defeitos no revestimento são um dos principais fatores relacionados à perda da eficiência de proteção conferida pelo revestimento.

Na avaliação de pontes, Sagues e colaboradores[22] verificaram que uma das causas principais da corrosão prematura das armaduras era consequência da presença de defeitos no revestimento. Além disto, estes autores observaram que o ambiente local era muito agressivo (ambiente

marinho) e que o concreto executado apresentava uma alta permeabilidade. Ambos também têm grande impacto no desempenho do revestimento ao longo dos anos. Cabe mencionar que o código de durabilidade do departamento de transporte da Inglaterra – DMRB BA75/01[23] não recomenda o uso de barras revestidas por pintura em estruturas de transporte rodoviário exatamente devido a sua propensão do revestimento a apresentar defeitos, nos quais pode correr corrosão localizada (pite).

Segundo a NACE RP0187[6], a eficiência da pintura é muito dependente da sua resistência ao ingresso de íons, do oxigênio e da água. Além disto, a sua eficiência é dependente da boa aderência ao aço e da capacidade de restringir o avanço da corrosão na comentada região de defeitos (aço exposto)[3]. Em geral, a eficiência da proteção também está relacionada à qualidade da produção das barras revestidas e a aplicação do revestimento em todos os componentes da armadura[h].

Kleper, Darwin e Locke[24] citam que inicialmente o revestimento das armaduras era parcial, restrito às armações superiores de lajes de pavimentos das pontes e viadutos. Desse modo, havia condições de formação de macrocélula de corrosão, tendo-se uma corrosão intensa em áreas com defeitos. Esses autores citam que estudos realizados em 1980 pelo Departamento de Transporte dos Estados Unidos (FHWA) indicaram que a corrosão era reduzida em 11,5 vezes, no caso de proteção parcial da armadura, enquanto na proteção total (revestimento de todo o conjunto de armadura) havia redução da ordem de 41 vezes.

Como consequência do uso de armaduras revestidas, a literatura consultada indica que é esperada uma diminuição da aderência ao concreto. Kayali e Yeomans[25] avaliaram vigas de concreto com armadura zincada e com pintura epoxídica e armadura sem revestimento. Estes autores concluíram que a capacidade máxima na flexão das vigas é similar para os três tipos de armadura. No entanto, as vigas com armadura pintada, apresentaram uma diminuição de 15 % a 20 % dos valores de capacidade de carga obtidos para as vigas com armadura zincagem e com armadura não revestida, respectivamente.

Para o revestimento das barras utiliza-se a tinta epóxi em pó, denominada no exterior como *Fusion Bond Epoxy* (FBE). A sua aplicação sobre o aço-carbono é feita por meio de pistola, sendo em seguida de aquecimento para a fusão da tinta. Segundo a ISO 14654[26], este processo é aplicado para barras, arames e tela soldada, podendo ser adotado dois tipos de tinta, uma não flexível e outra com a característica de permitir o dobramento das barras após o seu revestimento, sem que, ao final, sejam visualizados defeitos em sua superfície.

A norma ASTM A775[27], que se refere somente a pintura de barras, apresenta uma única tinta, que deve ter a característica de ser flexível. Nesta norma, a flexibilidade é avaliada por ensaio de dobramento, devendo ser rejeitados os lotes em que as barras selecionadas para avaliação apresentarem fissuras ou desplacamento do revestimento em seu raio externo. Explica-se que a pintura de arames e telas soldadas e, também, de armação montada, tem normalização específica, o que justifica não serem contempladas na norma.

A mesma norma define que a espessura do revestimento após a sua cura deve estar entre 175 µm e 300 µm, para barras de diâmetro entre 7 mm e 16 mm, e entre 175 µm e 400 µm, para barras de diâmetro entre 19 mm e 57 mm. Ao final da produção, os defeitos verificados no revestimento devem ser reparados, o que é feito por uma tinta epóxi específica. Segundo a ASTM A775[27], o limite de área reparada no revestimento é de 1 % em cada 0,3 m de comprimento da barra, o que exclui o reparo executado nas extremidades de barras cortadas.

Quanto ao campo de aplicação da proteção, a literatura consultada indica que, inicialmente, o revestimento só foi utilizado na América do Norte em pontes e viadutos, especificamente no pavimento de concreto. No decorrer dos anos, sua aplicação foi disseminada para outras construções e, também, outras localidades. As principais aplicações são as seguintes:

- portos e outras construções sujeitas à névoa salina e à variação de maré, como exemplo: marinas, hotéis a beira mar etc.;
- indústrias e outras construções sujeitas a agentes agressivos, como exemplo: torres de resfriamento, depósitos e garagens confinadas onde são feitas lavagens constantes e onde há emissão de gases etc.;
- estação de tratamento de efluentes e outras construções sujeitas ao contato constante e/ou direto com agentes agressivos, exemplo: silos e tanques de armazenamento de produtos químicos etc;
- pavimentos de concreto e outros tipos de pisos de concreto, sendo usual na pintura epóxi de barras de transição das juntas de construção.

h. Os suportes da armadura na forma e os arames de amarração têm a opção de serem revestidos com outro produto, desde que este seja isolante elétrico. Isto também se aplica ao revestimento de zinco

Quanto a outras possibilidades de aplicação, podem ser citadas:

- edifícios com estrutura de concreto colorido e obras de arte, com o objetivo de manter por um período maior de tempo o seu acabamento, em especial quanto à coloração inicial;
- reservatórios, piscinas e torres em geral, com o objetivo de retardar o ataque das armaduras pelos agentes agressivos presentes no meio;
- estruturas esbeltas e outras com baixa espessura de cobrimento, com o objetivo de retardar o ataque de agentes nas armaduras.

Armaduras de aço inoxidável

No Brasil, há poucos estudos de corrosão do aço inoxidável em concreto, enquanto no exterior, além do avançado conhecimento, este metal já vem sendo utilizado há décadas como armadura de estruturas de concreto, especialmente daquelas expostas à ação deletéria dos íons cloreto. Assim como as demais técnicas descritas anteriormente, o uso de armaduras de aço inoxidável tem como objetivo principal estender a vida útil das estruturas, sendo bastante restringidos os períodos de intervenções de manutenções corretivas e os períodos de inatividade causados por elas.

Segundo Bautista[28], o uso de armaduras aço inoxidável só tem desempenho comparável com a técnica de proteção catódica, que é a única que tem sua eficiência inquestionável na proteção de estruturas contra corrosão. No entanto, a proteção catódica exige monitoramento constante da estrutura, o que tem de ser feito por pessoal especializado. Sabendo-se que os aços inoxidáveis podem conferir elevada proteção contra corrosão, o autor argumenta que é importante conhecer a fundo suas vantagens e limitações.

Uma das principais limitações do uso do aço inoxidável é o seu impacto no custo inicial da construção, que aumenta até em torno de 15 %[28, 29]. Em geral, os custos são menores quando o uso das armaduras de aço inoxidável se restringe aos elementos de concreto armado que estão expostos a condições bastante agressivas, ou ainda, por meio da diminuição da espessura do concreto de seu cobrimento[2, 30].

Com exemplo de custo, cita-se o levantamento feito em projeto de pontes na costa marinha do estado do Oregon, nos Estados Unidos, em que foi previsto o uso de armaduras de aço inoxidável em áreas críticas da estrutura exposta a ação deletéria dos íons cloreto[31]. Embora o custo de barras de aço inoxidável era, no mínimo, três vezes maior do que as barras de aço-carbono, o seu uso representou somente um aumento de 10 % do custo do projeto. Segundo os autores, essa substituição pode dobrar a vida útil das pontes, tendo-se redução dos custos acumulativos (de manutenção) por volta de 50 % considerando a vida útil mínima estimada das estruturas de 120 anos.

De uma maneira geral, a restrição de manutenções nas estruturas de concreto justifica o crescente uso de armaduras de aço inoxidável, especialmente nas estruturas expostas a ação dos íons cloreto, sendo isto mais evidente nos Estados Unidos, Canadá e Europa[32]. Os exemplos mais frequentes de utilização são estruturas de pontes, estradas, túneis, píeres, muros de contenção e portos[28]. Segundo o código de durabilidade do departamento de transporte da Inglaterra – DMRB BA75/01[23], o seu uso deve ser considerado particularmente nas áreas mais vulneráveis à corrosão das estruturas, como juntas de dilatação, vigas de parapeitos, em subestruturas em ambiente marinho etc.

Explica-se que os aços inoxidáveis são ligas que contêm predominantemente Fe e uma porcentagem de Cr não inferior a 12 %. Além do Cr, outros elementos também podem ser introduzidos sempre que se pretender melhorar suas características, tanto do ponto de vista de resistência à corrosão, como das propriedades mecânicas. Os aços inoxidáveis distinguem-se, principalmente, dos aços-carbono pelo seu comportamento frente à corrosão, pois normalmente na presença de oxigênio, ocorre formação de uma camada passiva de óxidos de Cr de natureza contínua, insolúvel e não porosa. Essa camada protege o metal da ação do ambiente agressivo, tornando o aço resistente à corrosão, especialmente à corrosão por pite.

Os aços inoxidáveis são classificados em cinco famílias distintas, definidas pela estrutura cristalográfica e pela presença de precipitados endurecedores na camada passiva, quais sejam: aços inoxidáveis austeníticos, martensíticos, ferríticos, endurecíveis por precipitação e dúplex. Dentre esses, somente os aços austeníticos e aços inoxidáveis dúplex tem sido de real interesse para a indústria da construção civil[33-35], especialmente de estruturas localizadas em ambiente marinho, as quais estão expostas a ação deletéria dos íons cloreto.

O uso do aço inoxidável em armaduras de concreto teve início com o austenítico. Como exemplo de obra pioneira, cita-se a construção em 1941 do píer Progreso (Península de Yucatán, Golfo do México) que está localizado em ambiente de forte agressividade. Após aproximadamente 70 anos de operação, verificou-se que ainda não havia sinais de corrosão em sua estrutura[2]. Cabe salientar que em sua construção foi usada água salobra

na composição do concreto[30].

Embora não haja dúvidas quanto à importância histórica do aço inoxidável austenítico na construção civil, atualmente é crescente o uso de armaduras de aços inoxidáveis dúplex[28, 30, 36].

Segundo Bautista[28], recentes pesquisas tem mostrado que a resistência à corrosão desse último aço em concreto é similar ou superior ao dos aços austeníticos.

No caso dos aços ferríticos, os quais são tradicionalmente os de menor custo de aquisição, as pesquisas apontam para uma maior suscetibilidade à corrosão por pite, isto ocorrendo em ambiente de severa agressividade.

A resistência à corrosão superior dos aços inoxidáveis dúplex, em relação aos aços inoxidáveis austeníticos e ferríticos, já é reconhecida em outros meios, devido a maior resistência à corrosão sobtensão, corrosão por pite e corrosão em frestas. Além disso, o mesmo apresenta a vantagem de conter cerca de 50 % do teor de Ni dos aços austeníticos, o que torna seu preço menos sensível à flutuação constante do preço deste produto[37].

A norma ASTM A955[38], que se refere a barras de aço inoxidável em concreto, faz uma serie de considerações quanto a este uso específico, em destaque a necessária de avaliação da resistência à corrosão, não podendo nenhuma barra avaliada apresentar taxa de corrosão maior do que 0,50 µm/ano.

Essa avaliação é feita em ensaio de imersão em solução padronizada (simulando a água de poros de concreto) ou em viga de concreto com uma fissura no alinhamento de barra superior embutida neste elemento. Em ambos, adota-se a concentração de 15 % de NaCl como condição agressiva de ensaio.

Recentemente, há um grande interesse em ligas de aços inoxidáveis dúplex com menor teor de elementos de custo elevado, as quais são denominadas de *lean* dúplex[39]. Frequentemente, há redução do teor de Ni, o que é compensado pela adição de Mn e N[39]. Essas alterações não devem ter grande impacto nas características dos aços inoxidáveis. Segundo Magee e Schnell[32], os aços *lean* dúplex possuem resistência mecânica equivalente a dos aços dúplex convencionais, mas menor resistência à corrosão localizada, no entanto, esta é comparável à dos aços austeníticos largamente utilizados (AISI 304 e AISI 316).

Finalmente, cabe mencionar que há poucos estudos de avalição do risco de corrosão galvânica pelo contato elétrico, no meio condutivo (o concreto), entre barra de aço-carbono e barra de aço inoxidável. Segundo Qian e Qu[40], os estudos disponíveis sobre essa corrosão são contraditórios, o que torna a questão controvérsia. O estudo desses pesquisadores mostrou que essa corrosão ocorre, no entanto, a taxa de corrosão entre esses aços dissimilares é menor do que no caso do contato entre barras de aço-carbono no estado passivo e em estado ativo de corrosão. Klinghoffer[2] cita que a corrente galvânica estabelecida entre barras o aço-carbono e o aço inoxidável é aproximadamente 15 vezes menor do que a que ocorre no caso de ambas serem de aço-carbono.

Sendo assim, o mesmo autor argumenta que o aço inoxidável é adequado para uso em área a ser recuperada em estrutura convencional, sendo minimiza a ocorrência de corrosão nas áreas adjacentes em que o concreto está integro (armadura de aço-carbono passivada). Outro uso seria em estribos das armaduras, já que estes estão embutidos mais externamente nos elementos de concreto, sendo assim, estão mais sujeitos a corrosão prematura[41].

Conclusões

A deterioração do concreto armado pode ocorrer por fatores físicos, mecânicos ou químicos e, ainda, ser induzida por fatores internos e externos da estrutura de concreto. Entre os processos de deterioração, a corrosão das armaduras de aço-carbono é uma das principais ameaças para a durabilidade de estruturas de concreto.

Uma forma eficaz de mitigar a corrosão das armaduras das estruturas é o seu revestimento ou a sua substituição por barras de aço inoxidável. A pesquisa bibliográfica permitiu verificar que essas técnicas têm sido aplicadas com sucesso no exterior.

O sucesso da proteção conferida por essas técnicas às estruturas de concreto é dependente do conhecimento das limitações de cada uma delas, bem como de outros fatores, como agressividade do ambiente de exposição e as características do concreto. Portanto, no Brasil, a sua aplicação deve ocorrer baseada na consulta tanto aos critérios das normalizações disponíveis, bem como às pesquisas acadêmicas que discutem o tema e avaliam, na prática, sua eficiência em diferentes condições de exposição e em concreto com diferentes características.

Além disto, a sua aplicação deve ser baseada em pesquisas nacionais, as quais considerem as condições climáticas e as práticas brasileiras de construção.

Atualmente, a aplicação do revestimento por zincagem parece ser a melhor opção para a proteção das estruturas brasileiras de concreto, pois exige poucas alterações no projeto e nas atividades de montagem e instalação das armaduras e, ainda, não exige uma linha de produ-

ção específica, como é o caso da pintura epoxídica.

Referência bibliográfica

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: manutenção de edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 1999. 6p.
2. KLINGHOFFER, O. *Guide for the use of stainless steel reinforcement in concrete structures*. Gro Markeset, Steen Rostam and. 405 Project report 2006. Disponível em: www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/Prrapp%20405.pdf. Acesso em 15 março 2014.
3. ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *ACI 222R-01: protection of metals in concrete against corrosion*. Michigan: ACI, 2010. 41p. (reapproved 2010).
4. GENTIL, V. *Corrosão*. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1996. 345p.
5. YEOMANS, S.R. *Applications of galvanized rebar in reinforced concrete structures*. In: NACE CORROSION 2001, NACE INTERNATIONAL CONFERENCE. Houston. 2001. Proceedings… 2002 (Paper, 01638.).
6. NACE – NACE INTERNATIONAL. *NACE RP0187: design considerations for corrosion control of reinforcing steel in concrete*. Houston, 2008. 22p.
7. YEOMANS, S.R. *Electrochemical aspects of galvanized reinforcement corrosion*. In: YEOMANS, S.R. Galvanized steel reinforcement in concrete. London: E & FN Spon, 2004 316p. (Chapter 1).
8. ANDRADE, M. C.; MACÍAS, A. *Galvanized reinforcements in concrete* In: WILSON, A. et al. Surface coatings. s.l.: s.n. 1988. cap.5, p.137-182.
9. ANDRADE, C. *Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras*. Pini, 1992.
10. LANGIL T. J.; DUGAN, B. *Zinc materials for use in concrete*. In: YEOMANS, S.R. Galvanized steel reinforcement in concrete. E & FN Spon, 2004.
11. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A767: standard specification for zinc-coated, galvanized, steel bars for concrete reinforcement*. Pennsylvania, 2009. 4p.
12. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A123: standard specification for zinc, hot-dip galvanized, coatings on iron and steel products*. Pensylvannia. 2001. 8p.
13. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A1064: steel wire and welded wire reinforcement, plan and deformed, for concrete*. Pensylvannia. 2009. 8p.
14. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A641: specification for zinc-coated (galvanized) carbon steel products*. Pensylvannia. 2009. 8p.
15. SWAMY, N. R. *Design for durability with galvanized reinforcement*. In: YEOMANS, S.R. Galvanized steel reinforcement in concrete. E & FN Spon, 2004.
16. CEB – COMMITTEE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. *Bolletin D´Information, No 211: coating protection for reinforcement*. 1992. 82p. (State of the art report).
17. ANDRADE, C.; ALONSO, C. *Electrochemical aspects of galvanized reinforcement corrosion*. In: YEOMANS, S.R. Galvanized steel reinforcement in concrete. London: E & FN Spon, 2004. Chapter 5, 316p.
18. KAYALI, O. *Bond of steel in concrete and the effect of galvanizing*. In: YEOMANS, S.R. Galvanized steel reinforcement in concrete. London: E & FN Spon, 2004. Chapter 8, 316p.
19. ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *ACI 201.2R: guide to durable concrete*. In: ACI manual of concrete practice, 2001
20. YEOMANS, S.R. *Use of galvanized rebars in RC structures*. Disponível em: www.cedd.gov.hk/eng/archives/concreteseminar05/doc/yeomanshkconcrete technology_seminar_paper.pdf. Acesso em 8 dez. 2010.
21. CRSI – CONCRETE REINFORCING STEEL INSTITUTE. *Research Series 5: performance of epoxy-coated rebars in bridge decks*. Disponível em: www.crsi.org/ECR/pdf/resrch5/rs5.pdf. Acesso em 14 de janeiro de 2004.
22. SAGUES, A. A.; KINGSLEY, L.; POWERS, R.G.; KESSLER, R. J. *Corrosion of epoxy-coated rebar in marine bridges – a 30 year perspective*. In: NACE CORROSION 2010, nace international corrosion congress. Proceedings… Houston: NACE Institute Houston. 2010. 17p.
23. THE HIGHWAYS AGENCY. *BA 57/01: design for durability*. Disponível em: www.dft.gov.uk/ha/standards/dmrb/vol1/section3/ba5701.pdf. Acesso em 22 mar. 2014.
24. KLEPER, L.K.; DARWIN, D.; LOCKE, C. E. *Evaluation of corrosion protection methods for reinforced concrete highway structures*. Kansas: U.S. The Kansas Department of Transportation, The National Science Foundation, 2000. 221p. (FHWA Research Report, K-TRAN Project No KU-99-6, Research Grand No CMS-9812716)
25. KAYALI, O. A.; YEOMANS, S. R. *Bond and slip of coated reinforcement in concrete*. Construction and Building Materials, v.9, n.4, p.219-226, 1995.
26. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 14654: epoxy-coated steel for the reinforcement of concrete*. Switzerland: 1999. 30p.
27. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A775: standard specification for epoxy-coated steel reinforcing bars*. Philadelphia: 2007. 10p.
28. BAUTISTA, A.; BLANCO, G.; VELASCO, F. *Corrosion behaviour of low-nickel austenitic stainless steels reinforcements: a comparative study in simulated pore solutions*. Cement and Concrete Reaserach, v. 36, pp. 1922-1930, 2006.
29. McGURN, J. F. *Stainless steel reinforcing bars in concrete*. Disponível em: www.americanarminox.com/NiDi_Rpt.-_Schaffhausen_Bridge_LCC.pdf. Acesso em: ago. 2013.

30. ANACO STAINLESS EXPERTS IN STAINLESS STEEL FOR ENGINEERING AND CONSTRUCTION. *Stainless steel reinforcing and related accessories*. Disponível em: www.anacotrading.com/rebar.htm. Acesso em set. 2013.
31. CRAMER et.al. *Corrosion prevention and remediation strategies for reinforced concrete coastal bridges*. Cement and Concrete Reaserach, v. 24, pp. 101-117, 2002.
32. MAGEE, J. H.; SCHNELLl, R. E. *Stainless steel rebar for concrete reinforcement: an update and selection guide*. Disponível em: www.cartech.com/techarticles.aspx ?id=1576. Acesso em jul. 2013. (Advanced Materials and Process, oct., 2002)
33. WANG, X. et al. *Analysis of climate change impacts on the deterioration of concrete infrastructure: part 1: mechanisms, practices, modelling and simulations: a Review*. Canberra: CSIRO, 2010.
34. GEDGE, G. *Structural uses of stainless steel: buildings and civil engineering*. Journal of Constructional Steel Research, London, v. 64, p. 1194-1198, 2008.
35. KNUDSEN, A. et al. *Cost-effective Enhancement of Durability of Concrete Structures by Intelligent Use of Stainless Steel*. In: CONFERENCE ON CORROSION AND REHABILITATION OF REINFORCERD CONCRETE STRUCTURE, 1998, Florida. Proceedings… 1998
36. THE CARES *guide to reinforcing steels: stainless reinforcing steels*. Disponível em: www.ukcares.com/pages/guides/part7.pdf. Acesso em ago. 2013.
37. R.M. DAVISON; J.D. REDMOND, *A guide to using duplex stainless steels*. Materials & Design. Michigan, v. 12, n. 4, p. 187-192, Aug. 1991.
38. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM A955: deformation and plain stainless bars fo concrete reinforcement*. Pensylvannia. 2010 11p.
39. ARMAS, I. A. *Duplex stainless steels: brief history and some recent alloys*. Recent Patents on Mechanical Engineering, Bussum, v. 1, n. 1, p. 51-57, 2008.
40. QIAN, S.Y.; QU, D. *The influence of galvanic coupling on corrosion of carbon steel coupled with stainless for use in concrete structures (NRCC-52711) 2010*. Disponível em: www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc52711.pdf. Acessado em 27 mar. de 2014
41. MERCALLI, A. et. al. *Intelligent use of stainless steel reinforcement*. In: 15th INTERNATIONAL CORROSION CONGRESS. Granada. 2002. Proceedings… 2002

Adriana de Araújo
Mestre em Habitação, Pesquisadora do Laboratório de Corrosão e Proteção – LCP do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Anna Ramus Moreira
Mestre em engenharia, Pesquisadora do LCP do IPT.

Zehbour Panossian
Doutora em Ciências, Diretora de Inovação do IPT e professora convidada do Departamento de Metalurgia e Materiais da EPUSP.

Contato com a autora:
aaraujo@ipt.br

Maurício Sampaio

Planejamento para *mudança* é tudo!

Quer largar o emprego e montar seu negócio? Descubra antes o que fazer!

Cada vez mais o brasileiro vem desenvolvendo o espírito empreendedor. Nesta época de virada de ano, esse sentimento parece vir ainda mais à tona. Muitos querem largar o emprego para, no novo ano, terem o próprio negócio. Mas, antes de tomar a decisão, é muito importante pensar em alguns detalhes.

Qual o real motivo de largar seu emprego e ter um próprio negócio?

A primeira coisa que você deve pensar é o motivo pelo qual você esta fazendo essa mudança. É por que não aguenta mais seu chefe? Isso acontece muito. Como *coach*, já vi muitas pessoas mudarem de emprego ou montarem um negócio porque acreditavam que estavam descontentes com a profissão ou sua ocupação, mas, na verdade, estavam descontentes com o chefe. Aí, acabavam voltando atrás porque viram que tomaram uma decisão completamente errada.

Também é comum o desejo de mudar porque está cansado da profissão que escolheu. Neste caso, entra outra questão: você não precisa trabalhar naquela empresa da profissão que escolheu, por exemplo. Hoje, 85 % dos CEOs das empresas são engenheiros de formação. Esse é seu caso? Esses são alguns pontos que você tem que definir.

Qual o real motivo que você esta tomando essa decisão?

Existem outros pontos que você deve tomar muito cuidado, tudo é questão planejamento.

Primeiro ponto é a questão financeira. Eu não aconselho fazer algo do dia pra noite sem estar calçado financeiramente. Você precisa de dinheiro para promover essa mudança ou até mesmo contratar um orientador financeiro pra te ajudar.

Planejamento para mudança é tudo!

Outra questão é o planejamento das suas ações. Você deve planejar em quanto tempo deve promover essa mudança. Em seis meses? Um ano? Enfim, qual o tempo que você precisa? Coloque sempre data e horário.

Pesquisar é indispensável para quem deseja mudar!

Terceiro e último ponto: pesquise muito sobre esse novo negócio. Hoje, por exemplo, temos sistemas de micro-franquias, que são franquias com valores mais baixos. É um sistema legal para quem tem um caixa razoavelmente bom entre R$ 10 mil e R$ 50 mil, não esquecendo de ver os detalhes de rotina, ocupação, mercado, conversar com outros micro-franqueados…

Se não for franquia, vai começar um negócio seu em determinado nicho? Pesquise a rotina, horários, retornos, como se trabalha. Tente tirar todos os elementos possíveis para poder tomar uma decisão tranquila. Tente não cair nos indicadores do SEBRAE, por exemplo, que diz que 80% das pessoas, a cada quatro anos, acabam desistindo do seu negócio.

Empreender, ter o seu próprio negócio é muito bom, mas tem o outro lado da moeda. Você passa a viver esse negócio durante 24 horas por dia, sete dias por semana. Tenha sempre essa percepção com você.

Boa sorte e sucesso!

Maurício Sampaio

Coach de carreira, palestrante, escritor e fundador do Instituto MS de Coaching de Carreira, publicou vários livros, entre eles, "Escolha Certa" e "Coaching de Carreira"

Contato: www.mauriciosampaio.com.br e www.imscoachingdecarreira.com.br

Empresas *associadas* à ABRACO

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

ENGECORR ENGENHARIA LTDA.
www.engecorr.ind.br

EQUIPOMAN MANUT. IND. E SERVIÇOS LTDA.
www.equipoman.com.br

EUROMARINE SERVIÇOS ANTICORROSIVOS
www.euromarine.eng.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA
www.firstfischer.com.br

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A
www.furnas.com.br

GAIATEC 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

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.hita.com.br

IEC INSTALAÇÕES E ENGª DE CORROSÃO LTDA.
www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE
www.mackenzie.com.br

INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA
www.int.gov.br

ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN
qualidade@icnavais.com

JATEAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.
www.jatear.com

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.
www.jotun.com

KADOSHI SERV. E COM. DE CONTRUÇÃO LTDA.
www.kadoshi.srv.br

MARIA A. C. PONCIANO – ME
www.gsimacae.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

NOF METAL COATINGS SOUTH AMERICA
www.nofmetalcoatings.com

NOVA COATING TECNOLOGIA COM. SERV. LTDA.
www.novacoating.com.br

OPEMACS SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA.
www.opemacs.com.br

PETROBRAS S/A - CENPES
www.petrobras.com.br

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO
www.transpetro.com.br

PINTURAS YPIRANGA
www.pinturasypiranga.com.br

PLANQUÍMICA INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.
www.planquimica.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 BOLIVIA-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

Preparo de superfície SSP-11, SA 2,5 ou SA 3? Monti, a única ferramenta manual de "jato sem o uso de abrasivo"

montibrasil.com

O "jato" é executado por cerdas especiais que impactam na superfície na mesma velocidade que um abrasivo.
Disponível para aço carbono ou inox.
Por não fazer atrito sobre o metal, não existe geração de calor.
Índices baixos de ruído e vibração garantem maior produtividade e conforto.

MÁQUINA INDUSTRIAL

MONTI

JATEAMENTO SEM ABRASIVO

Solicite hoje mesmo uma demonstração e se surpreenda com o resultado. Disponível máquinas pneumáticas à prova de explosão ou elétricas.

Conheça também o Oxifree polímero sem aderência e facilmente removivel para proteger peças como flanges e válvulas contra a corrosão

OXIFREE

METAL PROTECTION

PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO E CONTAMINAÇÃO

PROTEJA SEUS FLANGES E VÁLVULAS CONTRA A CORROSÃO POR ATÉ 30 ANOS

oxifree.com

tecnofink

tecnofink.com

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

ISO 9001:2008

R. Santa Lúcia, 40 | Olhos D'Água Norte | Belo Horizonte | Minas Gerais | tecnofink@tecnofink.com | Tel: 31 2112-4000 | Fax: 31 2112-4012