


# Corrosão & Proteção

 **ABRACO**  
Associação Brasileira de Corrosão

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão

  
**APORTE**  
EDITORIAL

Ano 7  
Nº 35  
Nov/Dez 2010

## ENTREVISTA

*João Hipolito  
de Lima Oliver,  
presidente da  
ABRACO  
e Laerce de Paula  
Nunes, presidente  
do Conselho  
Deliberativo da  
ABRACO*

**Sur  
Tec**

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

**SurTec DEBATE  
TENDÊNCIAS EM  
GALVANOPLASTIA**



TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE  
OFFSHORE  
ARTES GRÁFICAS

HÁ 20 ANOS CONTRIBUINDO COM  
O CRESCIMENTO DO SETOR  
E COM O DESENVOLVIMENTO DO BRASIL.

[www.anion.com.br](http://www.anion.com.br)



A revista **Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968. ISSN 0100-1485

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 2011/2012**

*Presidente*  
Eng. João Hipólito de Lima Oliver –  
PETROBRÁS/TRANSPETRO

*Vice-presidente*  
Eng. Rosileia Mantovani – Akzo Nobel

**Diretores**  
Aduino Carlos Colussi Riva – RENNER HERRMANN  
Eng. Aldo Cordeiro Dutra – INMETRO  
Eng. Fernando de Loureiro Fragata – CEPEL  
Bel. Marco Aurélio Ferreira Silveira – WEG TINTAS  
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ  
Dra. Zehbour Panossian – IPT

**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. Iéda Nadja S. Montenegro – NUTECH  
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  
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ  
Simone Maciel – ABRACO  
Dra. Zehbour Panossian – IPT

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

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

**Diretores**  
João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

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

**Repórteres**  
Henrique A. Dias e Carlos Sbarai

**Projeto Gráfico/Edição**  
Intacta Design – info@intactadesign.com

**Gráfica**  
Van Moorsel

Esta edição será distribuída em fevereiro de 2011.

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.



**6**

**Entrevista**

*ABRACO inicia biênio 2011/12  
de olho no futuro*

**8**

**ABRACO Informa**

**10**

**Seminário SurTec**  
*Seminário debate tendências  
em galvanoplastia*

**17**

**Cursos e Eventos**  
*Calendário 2011 – De fevereiro a Julho*

**34**

**Opinião**

*Como fazer negócios pelo Twitter*  
Silvio Tanabe



**Artigos Técnicos**

**14**

*Estudo do comportamento do aço-carbono, em meio de bicarbonato de sódio e gás carbônico, pela técnica de ruído eletroquímico*  
Por Haroldo A. Ponte, Hellen C. N. Domingues

**20**

*Propriedades das camadas fosfatizadas*  
Por Zehbour Panossian e Célia A. L. dos Santos

**24**

*Microscopia óptica in situ na corrosão do aço-carbono AISI 1040 em meio de sulfeto*  
Por Alessandro Mendes Zimer, Emerson Costa Rios, Paulo de Carvalho Dias Mendes, Ernesto Chaves Pereira, Lucia Helena Mascaro

**30**

*O que se aprende a partir de medidas de potencial de circuito aberto?*  
Por Silvia Maria Leite Agostinho, Ruth Flávia Vera Villamil Jaimes, Luís Gustavo Nunes Barbosa

# Revista Corrosão & Proteção se *prepara* para o SciELO

O ACESSO ADEQUADO E ATUALIZADO À INFORMAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA É ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO econômico-social, especialmente para apoiar os processos de tomada de decisão na planejamento, formulação e aplicação de políticas públicas e para o desenvolvimento e a prática profissional. Ainda assim, os periódicos científicos dos países emergentes enfrentam graves barreiras de distribuição e disseminação, o que limita o acesso e o uso da informação científica gerada em suas bases.

Especificamente desenvolvido para responder às necessidades da comunicação científica nos países emergentes e, em particular, na América Latina e Caribe, o SciELO – *Scientific Electronic Library Online* (Biblioteca Científica Eletrônica em Linha) é um modelo para a publicação eletrônica cooperativa de periódicos científicos na Internet. Esta entidade proporciona uma solução eficiente para assegurar a visibilidade e o acesso universal a sua literatura científica, contribuindo para a superação do fenômeno conhecido como “ciência perdida”. Além disso, o Modelo SciELO contém procedimentos integrados para medir o uso e o impacto dos periódicos científicos.

*O SciELO, Biblioteca Científica Eletrônica Online, atende às necessidades da comunidade científica dos países emergentes da América Latina e Caribe*

**Modelo SciELO** – O Modelo SciELO é o produto da cooperação entre a FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, a BIREME, Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde, e instituições nacionais e internacionais relacionadas com as publicações científicas e seus respectivos editores.

Um projeto piloto, envolvendo 10 periódicos brasileiros de diferentes áreas do conhecimento, foi elaborado com êxito entre Março de 1997 e Maio de 1998, com o desenvolvimento e a avaliação de uma metodologia adequada para a publicação eletrônica na Internet. Desde Junho de 1998, o projeto opera regularmente, incorporando novos títulos de periódicos e expandindo sua atuação para outros países. A partir de 2002, o Projeto conta com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico ([www.cnpq.br](http://www.cnpq.br)).

A Metodologia SciELO permite a publicação eletrônica de edições completas de periódicos científicos, a organização de bases de dados bibliográficas e de textos completos, a recuperação de textos por seu conteúdo, a preservação de arquivos eletrônicos e a produção de indicadores estatísticos de uso e impacto da literatura científica.

O Modelo SciELO favorece a operação de sites nacionais e também de sites temáticos. Sua aplicação pioneira é o site SciELO Brasil ([www.scielo.br](http://www.scielo.br)), um portal que integra e provê acesso à rede de sites SciELO que está em operação ([www.scielo.org](http://www.scielo.org)).

Este sistema permite o desenvolvimento de alianças entre os atores nacionais e internacionais da comunicação científica – autores, editores, instituições científico-tecnológicas, agências de financiamento, universidades, bibliotecas, centros de informação científica e tecnológica e outros correlatos, com o objetivo de disseminar, aperfeiçoar e atualizar o Modelo SciELO. A operação da rede SciELO baseia-se fortemente em infra-estruturas nacionais, o que contribui para garantir sua futura sustentabilidade.

Alinhada a esse desejo de disseminação do conhecimento por meio de canais de acesso público, a **Revista Corrosão & Proteção** assume, a partir desta edição, a característica de publicação técnico-científica, com a preparação para sua indexação junto ao SciELO. Em breve, todos serão beneficiados. Os leitores e pesquisadores terão à disposição um maior número de artigos para consulta online. Já os autores serão favorecidos à medida que os trabalhos publicados passarem a constar no *ranking* das entidades de ensino.

Boa leitura!

Os Editores



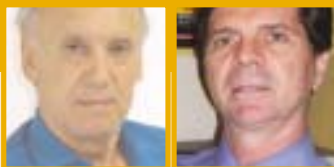
**A VOTORANTIM METAIS – CBA RECEBEU O ISO 14001:2004.  
PORQUE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL ESTÃO  
ENTRE SEUS PRINCIPAIS PRODUTOS.**

O certificado ISO 14001 comprova todo o compromisso da Votorantim Metais – CBA com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Mas o trabalho não para por aí. A Votorantim Metais – CBA, que sempre foi reconhecida pelas melhores práticas de seus processos de produção, vai continuar trabalhando pela excelência. Porque ser uma potência na indústria também é pensar de forma responsável na sociedade.



Companhia Brasileira de Alumínio





Laerce de Paula Nunes    João Hipolito de Lima Oliver

## ABRACO inicia biênio 2011/12 de *olho* no futuro

*Modernização administrativa e ampliação dos serviços nos setores de cursos, certificação e divulgação de tecnologias são os principais desafios do novo presidente da ABRACO*

Por Henrique Dias

**O** Brasil está dando um grande salto tecnológico e industrial, e os profissionais bem capacitados terão grandes oportunidades”. Com essa frase, o novo presidente da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), o engenheiro João Hipolito de Lima Oliver, resume o atual momento do nosso país, sobretudo no setor petrolífero, com o início da exploração da camada do pré-sal. Pensando nesse crescimento, ele ressalta a importância de se investir em capacitação profissional e tecnológica nos próximos dez anos.

Gerente de Controle de Integridade de Instalações da PETROBRAS Transporte S/A (TRANSPETRO), João Hipolito de Lima Oliver assumiu a presidência da ABRACO no último dia 1º de janeiro, em substituição ao também engenheiro Laerce de Paula Nunes, que teve como um dos principais destaques de sua segunda gestão à frente da associação, a realização do INTERCORR 2010.

As ações implementadas pela gestão que agora se encerra foram representativas para a estabilidade administrativa e financeira da associação, o que possibilitará à gestão sucessora buscar novas metas, já ancoradas pelo aporte de recursos consolidados.

Para falar um pouco mais sobre essa transição e sobre o atual

momento da ABRACO, Laerce Nunes e João Hipolito conversaram com a *Revista Corrosão & Proteção*.

### Laerce Nunes relata as principais ações que marcaram sua gestão

#### Quais foram os principais destaques da sua gestão?

**Nunes** – Não há um fato isolado que possa ser caracterizado como um destaque, e sim um conjunto de ações que se iniciaram há alguns anos. Em 1999, quando assumi a ABRACO pela primeira vez, a associação tinha uma dívida, que em valores atuais somaria cerca de 300 mil reais. Durante o processo de soerguimento foram adquiridos novos espaços e realizada uma grande reestruturação. Mesmo com todos esses investimentos, fechamos o último exercício com um superávit de caixa de mais de um milhão de reais. Portanto, o grande destaque seria esta continuidade com o permanente entrosamento entre as administrações.

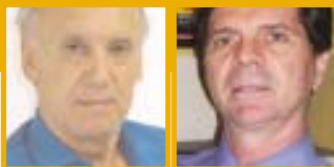
#### Para a ABRACO, qual foi a importância da realização do Intercorr 2010?

**Nunes** – O INTERCORR é um evento consagrado, um dos maiores de corrosão na América Latina, e, desta forma, realizá-lo é sempre importante. Na edição

2010, cuja cidade sede foi Fortaleza, registramos a presença de um número recorde de inscrições, muito próximo a 800 congressistas. Importante também foi a realização da exposição empresarial que reuniu várias empresas do setor. O que precisamos fazer é promover eventos setoriais no intervalo da apresentação do INTERCORR, contando com uma participação ainda maior das empresas do setor.

#### O senhor pretende continuar participando dos projetos da ABRACO mesmo após o término da sua gestão?

**Nunes** – Sim, nos próximos dois anos atuarei como presidente do Conselho Deliberativo, e posteriormente como colaborador. Participo da ABRACO desde a sua fundação. Veja que o período comporta mais de 40 anos de militância! E pretendo continuar sempre disposto a contribuir da melhor maneira possível com a entidade, inclusive estimulando as novas gerações a participarem ativamente das ações da ABRACO para que a associação cumpra seus objetivos e se perpetue como uma entidade ativa e vigorosa de propagação dos avanços tecnológicos do setor e de formação e qualificação dos profissionais para suprir a demanda por mão de obra especializada que já se anuncia.



Laerce de Paula Nunes João Hipolito de Lima Oliver

## ABRACO inicia biênio 2011/12 de *olho* no futuro

*Modernização administrativa e ampliação dos serviços nos setores de cursos, certificação e divulgação de tecnologias são os principais desafios do novo presidente da ABRACO*

Por Henrique Dias

“O Brasil está dando um grande salto tecnológico e industrial, e os profissionais bem capacitados terão grandes oportunidades”. Com essa frase, o novo presidente da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), o engenheiro João Hipolito de Lima Oliver, resume o atual momento do nosso país, sobretudo no setor petrolífero, com o início da exploração da camada do pré-sal. Pensando nesse crescimento, ele ressalta a importância de se investir em capacitação profissional e tecnológica nos próximos dez anos.

Gerente de Controle de Integridade de Instalações da PETROBRAS Transporte S/A (TRANSPETRO), João Hipolito de Lima Oliver assumiu a presidência da ABRACO no último dia 1º de janeiro, em substituição ao também engenheiro Laerce de Paula Nunes, que teve como um dos principais destaques de sua segunda gestão à frente da associação, a realização do INTERCORR 2010.

As ações implementadas pela gestão que agora se encerra foram representativas para a estabilidade administrativa e financeira da associação, o que possibilitará à gestão sucessora buscar novas metas, já ancoradas pelo aporte de recursos consolidados.

Para falar um pouco mais sobre essa transição e sobre o atual

momento da ABRACO, Laerce Nunes e João Hipolito conversaram com a *Revista Corrosão & Proteção*.

### Laerce Nunes relata as principais ações que marcaram sua gestão

#### Quais foram os principais destaques da sua gestão?

**Nunes** – Não há um fato isolado que possa ser caracterizado como um destaque, e sim um conjunto de ações que se iniciaram há alguns anos. Em 1999, quando assumi a ABRACO pela primeira vez, a associação tinha uma dívida, que em valores atuais somaria cerca de 300 mil reais. Durante o processo de soerguimento foram adquiridos novos espaços e realizada uma grande reestruturação. Mesmo com todos esses investimentos, fechamos o último exercício com um superávit de caixa de mais de um milhão de reais. Portanto, o grande destaque seria esta continuidade com o permanente entrosamento entre as administrações.

#### Para a ABRACO, qual foi a importância da realização do Intercorr 2010?

**Nunes** – O INTERCORR é um evento consagrado, um dos maiores de corrosão na América Latina, e, desta forma, realizá-lo é sempre importante. Na edição

2010, cuja cidade sede foi Fortaleza, registramos a presença de um número recorde de inscrições, muito próximo a 800 congressistas. Importante também foi a realização da exposição empresarial que reuniu várias empresas do setor. O que precisamos fazer é promover eventos setoriais no intervalo da apresentação do INTERCORR, contando com uma participação ainda maior das empresas do setor.

#### O senhor pretende continuar participando dos projetos da ABRACO mesmo após o término da sua gestão?

**Nunes** – Sim, nos próximos dois anos atuarei como presidente do Conselho Deliberativo, e posteriormente como colaborador. Participo da ABRACO desde a sua fundação. Veja que o período comporta mais de 40 anos de militância! E pretendo continuar sempre disposto a contribuir da melhor maneira possível com a entidade, inclusive estimulando as novas gerações a participarem ativamente das ações da ABRACO para que a associação cumpra seus objetivos e se perpetue como uma entidade ativa e vigorosa de propagação dos avanços tecnológicos do setor e de formação e qualificação dos profissionais para suprir a demanda por mão de obra especializada que já se anuncia.

### **Qual será o principal desafio do seu sucessor?**

**Nunes** – Será reorganizar administrativamente a associação e executar uma gestão estratégica para aproveitar os pontos fortes da ABRACO, e ajustá-los às oportunidades que o avanço do país oferece. O engenheiro João Hipolito é um grande gerente, e tenho absoluta certeza que saberá conjugar esforços neste sentido, pois conta também com uma diretoria executiva formada por profissionais da mais alta competência e de colaboradores diretos engajados nos objetivos da associação.

### **Qual mensagem o senhor gostaria de deixar para os associados da ABRACO?**

**Nunes** – Que continuem acreditando na associação e colaborem das mais diversas formas, seja nas comissões técnicas, na apresentação de trabalhos, nos eventos ou de qualquer outra forma, para que possamos cumprir nossa missão, que é:

“Difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando Empresas, Entidades e Especialistas e contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão”.

### **João Hipolito projeta atenção especial para a capacitação profissional**

**Como o senhor avaliaria o trabalho desenvolvido por seu antecessor?**

**Oliver** – O ex-presidente Laerce Nunes é um excelente profissional, e fez um bom trabalho, com destaque para a elaboração do planejamento estratégico da ABRACO 2009/2010, que resultou na contratação de um gerente geral, responsável também pe-

los cursos de inspetores de pintura e pela remodelação das instalações da nossa sede.

### **Qual será o principal desafio da sua primeira gestão à frente da ABRACO?**

**Oliver** – São vários os desafios que temos pela frente, mas poderia destacar os seguintes:

- implementar a modernização administrativa da ABRACO, com práticas e procedimentos atualizados,
- ampliar os serviços da associação nas áreas de cursos, certificação e divulgação de tecnologias
- e, ainda, melhorar o atendimento aos nossos associados, clientes e alunos.

### **Na sua gestão, como serão abordados os temas: cursos e parcerias?**

**Oliver** – Queremos ampliar os cursos técnicos, visando atender à demanda por profissionais capacitados no controle da corrosão. Como exemplo, podemos citar a implantação do curso de capacitação e certificação de profissionais de proteção catódica, em atendimento à norma “NBR 15653”.

Quanto às parcerias com outras associações, empresas ou entidades, elas são importantes, pois agregam valor aos serviços prestados pelas partes envolvidas.

### **Como os profissionais que atuam na área de proteção anticorrosiva devem se preparar para as demandas que virão com a exploração da camada do pré-sal?**

**Oliver** – Adquirindo novos conhecimentos e se capacitando para atender à indústria. Devemos estar atentos, e em contato com empresas, institutos de pesquisa e universidades, a fim de identificar e divulgar os novos conheci-

mentos tecnológicos que estão surgindo. É atribuição da ABRACO promover junto aos profissionais essa divulgação e capacitação, por meio de seminários, workshops, cursos e publicações técnicas. Todas essas ações são respaldadas pelo site da associação e propagadas por meio da *Revista Corrosão & Proteção* que se prepara para a indexação junto ao SciELO – Scientific Electronic Library Online, proporcionando uma maior visibilidade e uma classificação mais elevada aos autores que publicam seus artigos técnicos na revista.

### **Qual a mensagem que o senhor gostaria de deixar para os associados da ABRACO?**

**Oliver** – O Brasil está dando um grande salto tecnológico e industrial, e os profissionais bem capacitados terão grandes oportunidades. Por outro lado, sem capacitação profissional esse salto será limitado, daí a importância de se investir continuamente em qualificação e tecnologia, nos próximos dez anos, para garantir essa mudança de patamar de forma sustentável e competitiva.

As empresas do setor também terão de estar preparadas para a forte demanda que já estamos vivenciando e que vem atrelada a uma necessidade de alta tecnologia tanto para produtos como para serviços.

A ABRACO deseja fazer parte dessa história e tem a obrigação de prestar esses serviços, conforme está descrito nos objetivos de seu Estatuto.

**Mais informações sobre a ABRACO no site [www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)**



## Nova diretoria da ABRACO toma posse

No dia 20 de dezembro, em evento organizado em sua sede, tomou posse a nova diretoria da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, eleita por meio do voto direto dos seus associados para dirigir a entidade no biênio 2011/2012. O início da nova gestão ocorre no dia 1º de janeiro de 2011 e término em 31 de dezembro de 2012. Na eleição foram definidos os novos Conselhos Deliberativo/Fiscal e Diretoria Executiva (acompanhe no quadro os profissionais que participam da nova gestão).

No evento, Laerce de Paula Nunes, que assume agora a presidência do Conselho Deliberativo, passou a presidência da ABRACO para o gerente de Controle de Integridade de Instalações da TRANSPETRO, João Hipólito de Lima Oliver (veja entrevista na página 6). Depois do evento na sede da entidade, no centro da cidade do Rio de Janeiro, a Diretoria Executiva da ABRACO ofereceu um almoço de confraternização no Restaurante Porção da Praia do Flamengo, que reuniu mais de 50 convidados, entre membros das diretorias, convidados e associados.

### CONSELHO DELIBERATIVO

#### *Presidente do Conselho Deliberativo*

Laerce de Paula Nunes – IEC Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda.

#### Membros

#### Representantes dos Associados Patrocinadores

- João Hipólito de Lima Oliver – TRANSPETRO – PETROBRAS Transportes S/A
- Rosiléia Mantovani – Akzo Nobel Ltda.
- Aduino Carlos Colussi Riva – Renner Herrmann S/A.
- Jeferson da Silva – PPG – Industrial do Brasil Tintas e Vernizes Ltda.
- Celso Gnecco – Sherwin Williams do Brasil.
- Arlindo Telles Cesar – Pinturas Ypiranga Ltda.
- Maria Carolina Rodrigues Silva – ELETRONUCLEAR – ELETROBRAS Termonuclear S/A.
- Marcos Ponciano Souza – CONFAB Tubos S/A.
- Henrique Osório de A. Santos – SACOR Siderotécnica S.A.

#### Representantes dos Associados Coletivos

- Olga Baptista Ferraz – INT – Instituto Nacional de Tecnologia
- Fernando de Loureiro Fragata – CEPTEL –

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

- Marco Aurélio Ferreira Silveira – WEG Indústrias S/A – Tintas
- Aécio Castelo Branco Teixeira – Química Industrial União Ltda.
- Roberto Newton Perantunes – GP Níquel Duro Ltda.
- Isidoro Barbiero – Blaspint Pintura Industrial Ltda.

#### Representantes dos Associados Individuais

- Aldo Cordeiro Dutra – Individual
- Pedro Paulo Barbosa Leite – Individual
- Zebhour Panossian – Individual
- Simone Louise Delarue Cezar Brasil – Individual

### CONSELHO FISCAL

#### Membros Efetivos

- Denise Souza de Freitas – Individual
- Jorge Fernando Pereira Coelho – Individual
- Francisco Müller Filho – Individual

#### Membros Suplentes

- Joel Pummer Celestino – Polyspray/JPI Revestimentos
- Celso Prado Bragança – Individual
- Osmar Fonseca dos Santos – W.O. Engenharia Ltda.

### DIRETORIA EXECUTIVA

#### *Presidente*

- João Hipólito de Lima Oliver – TRANSPETRO – PETROBRAS Transportes S/A

#### *Vice-Presidente*

- Rosiléia Mantovani – Akzo Nobel Ltda.

#### *Diretores*

- Aduino Carlos Colussi Riva – Renner Herrmann S/A
- Olga Baptista Ferraz – INT – Instituto Nacional de Tecnologia
- Fernando de Loureiro Fragata – CEPTEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
- Marco Aurélio Ferreira Silveira – WEG Indústrias S/A – Tintas
- Aldo Cordeiro Dutra – Individual
- Zebhour Panossian – Individual
- Simone Louise Delarue Cezar Brasil – Individual

## ABRACO da boas-vindas à nova associada

A DuPont é uma companhia com mais de 200 anos de vida. Está presente no Brasil desde 1937 e, atualmente, atua nos segmentos agrícola, químico, petroquímico, automobilístico, gráfico e nas áreas de embalagens, polímeros industriais, eletrônica, construção, decoração, segurança e proteção, papel, celulose, produtos domésticos e biotecnologia, contribuindo com o potencial de crescimento do Brasil através de produtos que visam tornar o cotidiano das pessoas mais simples, seguro e saudável.

A Dupont vem se diferenciando pela identificação das mais diferentes necessidades dos consumidores, pesquisando, desenvolvendo, fabricando e comercializando produtos e



serviços classificados como Os Milagres da Ciência.

Como uma das maiores empresas químicas do mundo e uma das 10 melhores empresas para se trabalhar segundo a Revista Exame, a DuPont está comprometida em melhorar as condições de vida das pessoas por meio de programas sustentáveis junto às comunidades em que opera, aumentando o acesso às oportunidades, revitalizando comunidades, ajudando-as a alcançar autossuficiência, e liderando esforços na melhoria e na proteção do meio ambiente.

*Mais informações:*  
[www.dupont.com.br](http://www.dupont.com.br)

## Inspeção da corrosão

A ABRACO e a GE *Inspection Technologies* realizarão um *workshop* para compartilhar as boas práticas na inspeção da corrosão e apresentar soluções de detecção e avaliação da corrosão e medição de espessura remanescente de dutos.

O evento será realizado na sede do INT/RJ no próximo dia 16 de fevereiro, apresentado com tradução simultânea.

As inscrições são gratuitas e as vagas, limitadas. Veja detalhes na página 28 desta edição.

*Mais informações:*  
[eventos@abraco.org.br](mailto:eventos@abraco.org.br)  
ou tel.: (21) 2516-1962 R: 25.



## DIVULGUE SUA EMPRESA

10 a 13 de maio de 2011  
Porto de Galinhas - PE

### OPORTUNIDADE ÚNICA DE RECONHECIMENTO NA COMUNIDADE INDUSTRIAL

"A COTEQ, em sua 11ª edição, trará uma contribuição extremamente significativa para o segmento de tecnologia em equipamentos, em função da amplitude de discussão e de difusão dos diversos temas envolvidos."

Marcelino Guedes - Diretor Presidente da Refinaria Abreu e Lima - Petrobras  
Membro do Comitê Consultivo da COTEQ 2011

#### PATROCINE!

- Sua logo divulgada para **mais de 17.000 nomes**
- Visibilidade junto aos principais atores da Indústria nacional
- Inscrições gratuitas para o maior evento de tecnologia de equipamentos da América Latina.

Conheça todos os benefícios de patrocinar o evento de tecnologia mais esperado de 2011. Solicite uma proposta!

#### EXPOSIÇÃO

7ª EXPOEQUIP - Exposição de Tecnologia de Equipamentos para Corrosão & Pintura, END e Inspeção de Equipamentos

Não deixe sua empresa de fora, **apenas 8 estandes** estão disponíveis. Aproveite para expor seus produtos e serviços a um público qualificado. Confira a planta no site e reserve já sua área!

Contato:  
[eventos@abendi.org.br](mailto:eventos@abendi.org.br)  
(11) 5586.3148

[www.abendi.org.br/11coteq](http://www.abendi.org.br/11coteq)

**Promoção**

**Patrocínio Ouro**

**Patrocínio Prata**

**Patrocínio Bronze**

**Apoio Institucional**

**Apoio Promocional**

**Agência Oficial**

# Seminário *debate* tendências em galvanoplastia

*A indústria automotiva: tendências e sustentabilidade do tratamento de superfície*

*Por Carlos Sbarai*

Um encontro histórico, que abre campo para uma interação direta entre todos os elos da cadeia produtiva do setor de tratamento de superfícies voltado ao segmento automotivo. Este é um breve resumo do evento promovido pela SurTec do Brasil, no final de novembro, em São Paulo, que reuniu especialistas estrangeiros e brasileiros para avaliar as tendências no setor de tratamento de superfície, a capacidade de atendimento e o impacto do crescimento da demanda no mercado interno.

Profissionais de diversas montadoras, empresas de autopeças, fornecedores de materiais e processos e aplicadores tiveram a oportunidade de trocar idéias sobre tudo que está acontecendo de novo na área de tratamento de superfície, que visa proteger os componentes e sistemas da abrasão, das intempéries, manuseio ou ainda oferecer um acabamento decorativo. “Nosso objetivo era criar um ambiente favorável à troca de



idéias”, comenta Douglas Bandeira, gerente comercial e de marketing da SurTec.

Após uma breve introdução contendo os objetivos gerais do evento e uma saudação aos convidados e palestrantes, feita pelo diretor da Automotive Business, Paulo Braga, o gerente de Negócios Automotivos da SurTec, Rainer Lehmann, abriu o ciclo de palestras técnicas, apontado para os desafios do atendimento global ao setor automotivo e falou sobre a presença da empresa no Brasil e no mundo. “A SurTec do Brasil iniciou suas atividades em 1999, com o objetivo de fabricar, desenvolver e comercializar produtos químicos para a indústria de tratamentos de superfície (galvanoplastia e fosfatização). É subsidiária da SurTec International, com sede em Zwingenberg, no estado de Hessen, Alemanha, detentora de alta tecnologia em processos de última geração, ecologicamente corretos, atendendo às mais rígidas exigências da indústria nacional”, comenta Braga.

A empresa atua no desenvolvimento de sistema de limpeza com produtos recicláveis e modulares para a limpeza aquosa e ainda de





Da esquerda para a direita: Karl-Hermann Klobes, Ernst-Gregor Hillebrand, Rainer Lehmann e Domingos José Carlos Spinelli

substitutos para limpeza com solventes organoclorados, removedores de tintas líquidos, pastosos e aquosos isentos de solventes organoclorados. Também desenvolve conceitos abrangentes incluindo o pré-tratamento e pós-tratamento para a galvanização segura de peças e materiais com alto risco de fragilização por hidrogênio (inibidores), processos de cobre e zinco alcalino e levemente ácido que oferecem, na qualidade e na segurança dos processos, autênticos substitutos ao cianeto, passivações, cromatizações e proteção com alta resistência à corrosão e substitutos do cromo hexavalente para zincados e para alumínio e suas ligas, além de projetos de pesquisa em cooperação com fabricantes de equipamentos, usuários, beneficiadores, aplicadores e institutos científicos para a próxima geração de produtos.

Lehmann destacou que a SurTec possui no Brasil o segundo maior *site* de produção do grupo, respondendo por cerca de 20% da produção total em toneladas. “Temos *expertise* e um time dedicado para o atendimento à indústria automotiva, incluindo um moderno Centro Tecnológico, localizado em São Bernardo, que permite inclusive pesquisar e desenvolver soluções em âmbito mundial”, observou. Para apoiar o desenvolvimento tecnológico, a empresa possui parcerias com o IPEN, UERJ, IPT, INT e Escola Politécnica da USP.

### Visão do futuro

Na sequência, o primeiro vice-presidente do Sindicato da Indústria

de Proteção, Tratamento e Transformação de Superfícies do Estado de São Paulo – SINDISUPER, Marco Antonio Barbieri, destacou a relevância do evento, por reunir boa parte da cadeia produtiva de transformação e tratamento de superfície da indústria automotiva, o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e as prestadoras de serviços entre outros. “Com todos os participantes da cadeia produtiva reunidos, é mais produtivo o debate”, destacou Barbieri.

O palestrante ainda versou sobre O Mercado Brasileiro e a Visão de Futuro do Tratamento de Superfícies. Em sua opinião, em 2011, o mercado deve continuar a toada de crescimento, porém podemos ter alguns problemas advindos do dólar. “Com o preço do dólar baixo, muitas peças vêm montadas de fora, o que reduz a produção interna, mas devemos superar esse problema”, disse otimista. Ele apresentou ainda números interessantes do setor, como o total de empresas que atuam no setor de tratamento de superfícies no Brasil (mais de 4.500) e de empregos diretos gerados (algo em torno de 52 mil). “As empresas de maior porte que normalmente atendem o setor automotivo



representam cerca de 1% das que atuam no setor e 13% da força de trabalho”, complementou Barbieri.

### Painéis

O ponto alto do evento foi a realização de dois painéis que reuniram montadoras, autopeças e aplicadores. No primeiro estiveram presentes: Adriana Martins, gerente geral da Zincagem Martins; Danielle C. de Campos Silva, engenheira responsável pelo Laboratório de Corrosão da Renault do Brasil; Eduardo Oliveira, gerente da Robert Bosch; Maurício Vicente Corrêa, coordenador do Laboratório Eletroquímico da General Motors do Brasil; Júlio Cordeiro, da engenharia de Materiais e Aplicações da Fiat Automóveis; e Marcelo Nascimento, gerente de Negócios da SurTec do Brasil. Já o segundo foi composto por Fábio Olivier, engenheiro de Laboratório de Ensaios de Corrosão da Volkswagen do Brasil; Fabiana Rodrigues do controle de qualidade da Moto Honda da Amazônia; Antonio Carlos Sobrinho do Centro Tecnológico da Qualidade de Materiais da Chrysler; e Paulo Ugeda, supervisor de produção da Indústria Metalúrgica Lipos.

A **Revista Corrosão & Proteção** consultou alguns partici-

pantes dos painéis para que passassem suas impressões sobre a iniciativa. A gerente geral da Zincagem Martins, Adriana Martins, classificou o evento como “muito interessante e diferenciado, porque normalmente as palestras abordam temas técnicos, e a SurTec quebrou a sistemática, incluindo assuntos como investimentos, custos, o futuro do tratamento superficial e outros. É ótimo participar de um evento desse nível, pois, conseguimos expor parte das nossas dificuldades aos envolvidos no segmento. O enfoque foi a visão do aplicador no mercado atual com suas dificuldades na obtenção de licenças, os recursos para investimentos, o repasse dos custos internos e o mercado futuro”, esclareceu Martins.

A engenheira responsável pelo laboratório de corrosão da Renault do Brasil, Danielle C. de Campos Silva, também avaliou o evento como muito bom, pois englobou o ponto de vista das montadoras com relação à qualidade exigida por cada uma, as dúvidas que os aplicadores possuem sobre as exigências de cada montadora e ainda uma apresentação da SurTec sobre novas tendências de revestimento contra a corrosão. “Evento como este é de extrema importância para uma melhor relação entre os aplicadores e as montadoras. As dificuldades e as dúvidas foram dirimidas pelas montadoras e pela SurTec. Também esclarecedora foi a apresentação sobre as novas tendências de mercado e as exigências de qualidade de cada montadora presente. Tivemos oportunidade de falar sobre a tendência de crescimento da Renault no mercado brasileiro. Foram abordados os tipos de revestimento mais usados pela Renault devido à garantia de anticorrosão dada aos clientes e às exigências de qualidade sobre as peças fornecidas à empresa”.

O engenheiro do laboratório de ensaios de corrosão da Volkswagen do Brasil, Fábio Olivier, comentou de forma muito positiva a proposta do Seminário. “Eu achei o evento nota 10. A condução foi muito produtiva, proporcionando a interação do público em meio a palestras técnicas. Particularmente, acredito que esse evento seja de muita importância para a integração da área de tratamentos de superfície; são poucas as oportunidades onde se reúne toda a cadeia produtiva para discutirmos sobre o futuro de nosso meio de trabalho. Pude ainda esclarecer possíveis dúvidas dos profissionais da área na interpretação de desenhos de engenharia ou de uma norma da empresa. Por tudo isso, fiquei agradecido pelo convite”, enfatizou Olivier.

O responsável pelo Centro Tecnológico da Qualidade de Materiais, Daimler Chrysler, Antonio Carlos Sobrinho, afirmou que o evento foi



muito bem organizado, com formato inovador, criando oportunidades para todos os participantes compartilharem os conhecimentos do tema. “Considero este tipo de evento bastante adequado para atualizar o conhecimento tecnológico e, ao mesmo tempo, desfrutar o bom relacionamento entre os técnicos da área de tratamentos de superfície das montadoras. Estes momentos são imprescindíveis para a evolução das informações voltadas para nossa atividade. Devido às constantes necessidades geradas no exercício das atividades de tratamentos de superfícies, ocorre o desenvolvimento de novas tecnologias que atendem às exigências advindas da preocupação crescente com o ecossistema, o que resulta em produtos favoráveis ao meio ambiente e à saúde ocupacional. Penso que a ‘bola da vez’, depois de consolidada a transição dos passivadores com cromo hexavalente para os com cromo trivalente, sejam os passivadores isentos de cromo e esta foi a minha linha de pensamento compartilhada no evento”, esclarece Sobrinho.

Na opinião de Júlio Cordeiro da Engenharia de Materiais e Aplicações da Fiat Automóveis, o evento foi, sem dúvida, muito positivo e ele ficou impressionado com a motivação dos participantes na busca de processos ecologicamente corretos e com ganhos qualitativos. “Este tipo de evento é de suma importância, pois minimiza as dúvidas dos fornecedores de toda a cadeia produtiva em relação às normas de avaliação dos componentes, além de promover a conscientização de que a qualidade final do produto acabado (veículo pronto, no caso da montadora) depende de todos os envolvidos na cadeia produtiva. Participar deste tipo de evento é sempre gratificante no sentido de aprendizado, de compartilhamento de ideias, de conhecer novos profissionais e rever os velhos amigos”, enaltece Cordeiro.

### Aplicadores

Entre os painéis, os participantes puderam ter uma visão dos aplicadores na Europa, mediante a palestra proferida por Ernst-Gregor Hillebrand, responsável pelo Desenvolvimento de Negócios Internacionais da Hillebrand. Ernst-Gregor Hillebrand fez uma apresentação da empresa e do seu desempenho até os dias de hoje. “Nossa empresa cresceu muito nos últimos anos no segmento automotivo, linha branca, construção civil e diversos acessórios. Nós atendemos grandes empresas como a Fiat, Ford, GM, Toyota, Volvo, Bentley, entre muitas outras. Para tanto, conquistamos várias certificações de qualidade. Outro ponto forte a destacar é a nossa logística e o controle de quali-

dade”, afirmou Hillebrand. Com capacidade de produção/dia de 650 toneladas, a empresa tem faturamento de 60 milhões de euros.

Para fechar o ciclo de palestras, a SurTec convidou Karl-Hermann Klobes, que é membro da Associação de Tratamento de Superfície da Alemanha, ZVO, que falou para o público presente sobre a qualidade em processo de zinco níquel/hidrogenização. Ele apresentou experiências e estudos da ZVO, incluindo um trabalho desenvolvido com a Universidade de Dusseldorf. Segundo o especialista, todos os estudos recentes mostram claramente que o Zn / Ni tem um papel frágil no fenômeno de fratura de hidrogênio. “Dessa forma, não há nenhuma razão técnica para que os componentes do Zn / Ni revestidos com resistência à tração superior a 1.200 MPa a ser tratado termicamente”.

“O evento alcançou plenamente o objetivo proposto, pois reuniu profissionais renomados da cadeia produtiva da área de tratamento de superfície e possibilitou o compartilhamento de ideias e experiências. A oportunidade ainda proporcionou uma positiva interatividade dos participantes”, conclui Bandeira da SurTec do Brasil.



# Estudo do comportamento do aço-carbono, em meio de bicarbonato de sódio e gás carbônico, pela técnica de ruído eletroquímico

*Study of Carbon Steel behavior at sodium bicarbonate and carbon dioxide gas solution by Electrochemical Noise*



Por Haroldo A. Ponte

## Introdução

Este trabalho visa o estudo de uma técnica de monitoramento de corrosão ocasionada pela presença de CO<sub>2</sub> em sistemas submetidos a fluxos. O comportamento eletroquímico do sistema aço-carbono/gás carbônico foi avaliado utilizando-se uma célula de fluxo, por meio de técnicas eletroquímicas convencionais (Resistência de Polarização Linear e Extrapolação da Reta de Tafel). Os resultados obtidos com a utilização das técnicas convencionais mostraram uma coerência entre o aumento de fluxo e o aumento da taxa de corrosão do sistema. Estes resultados foram reproduzidos utilizando a técnica de ruído eletroquímico para avaliar sua sensibilidade na detecção da taxa de corrosão e confirmação de mecanismo de corrosão generalizada em célula de fluxo.

## Introduction

*The aim of this work is to study a technique for corrosion monitoring caused by the CO<sub>2</sub> presence in flow systems. The carbon steel/CO<sub>2</sub> system electrochemical behavior was evaluated using a flux cell and conventional electrochemical techniques (such as linear polarization resistance and Tafel's extrapolation method). Previous results obtained using conventional techniques indicate a good relationship between the increase in the flux and the corrosion rates of the system. These results were also obtained by the electro-*

*chemical noise technique in addition to general corrosion process determination at flow cell.*

A corrosão em campos de produção de petróleo manifesta-se de diversas formas, sendo a corrosão por CO<sub>2</sub> um dos tipos de ataques mais encontrados na produção de óleo e gás. Assim, o entendimento, predição e controle da corrosão por CO<sub>2</sub> são necessários ao projeto, operação e segurança dos campos petrolíferos<sup>1,2</sup>.

A presença de gás carbônico em altos teores é um fator crítico nos reservatórios do pré-sal. Até agora, os poços testados na região indicam a presença de teores de CO<sub>2</sub> da ordem de 8 % a 12 %, chegando, em alguns casos, a mais de 30 %.

Há muito interesse na compreensão do efeito de diferentes fatores no mecanismo da corrosão por CO<sub>2</sub>, pois eles determinam a taxa de corrosão resultante. Entretanto, há um grande número de variáveis envolvidas. A corrosividade é uma função de diversos fatores como a química da água, a velocidade do fluido, o conteúdo de CO<sub>2</sub>, a temperatura dentre outros.<sup>2</sup> Os modelos quantitativos existentes predizem de maneira irreal a taxa de corrosão do aço-carbono e aços de baixa liga frente à corrosão por CO<sub>2</sub>, o que resulta em incertezas na operação de produção de óleo e gás.<sup>1</sup>

Diante dos desafios referentes

ao controle da corrosão pelo gás carbônico, foi feito um estudo para aplicação de técnica de ruído eletroquímico no monitoramento da corrosão ocasionada pela presença de CO<sub>2</sub> em sistemas submetidos a fluxo.

## Materiais e Métodos

Para o estudo do comportamento eletroquímico do aço-carbono em meios de bicarbonato de sódio e CO<sub>2</sub> foram aplicadas técnicas eletroquímicas de Resistência de Polarização Linear (RPL), curvas de polarização (para se obter os coeficientes de Tafel), e ruído eletroquímico (RE).<sup>3,7</sup>

A pesquisa foi dividida em duas partes: na primeira avaliou-se a taxa de corrosão do aço carbono através das técnicas tradicionais de voltametria linear; na segunda parte, avaliou-se a taxa de corrosão por meio da técnica de ruído eletroquímico (RE). Foram feitos ensaios tanto para o sistema estático como para o sistema com fluxo (para quatro vazões obtidas a diferentes velocidades da bomba peristáltica: 40 rpm, 60 rpm, 80 rpm e 100 rpm).

O material utilizado foi o aço-carbono SAE 1020, confeccionado em discos de 14,0 mm de diâmetro e cerca de 2 mm de espessura. Antes de iniciar as medidas, os eletrodos (discos) foram lixados com lixas de granulometrias 320, 400 e 600. Após o lixamento, os eletrodos foram lavados com água destilada, desengraxados em acetona e, então, se-

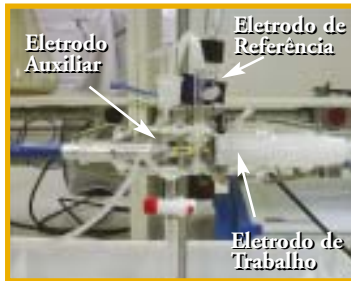


Figura 1 – Célula de Fluxo de três Eletrodos usada no trabalho

cos. O eletrodo de referência utilizado foi o de Calomelano Saturado e o auxiliar foi um disco de platina. Para as medidas de ruído eletroquímico, o eletrodo auxiliar foi substituído por um eletrodo semelhante ao de trabalho, com mesma área e configuração.

O eletrólito utilizado foi uma solução de bicarbonato de sódio 0,5 mol/L, saturada com CO<sub>2</sub>. A solução foi desaerada previamente por meio do borbulhamento de CO<sub>2</sub> por, pelo menos, 30 minutos contínuos. O monitoramento das condições do eletrólito foi feito por meio da temperatura, do pH e da concentração de oxigênio [O<sub>2</sub>].

Todos os ensaios foram realizados na célula de fluxo da Radiometer Analytical, modelo C145/170 (célula de três eletrodos – Figura 1).

## Resultados e Discussão

Nas Figuras 2 e 3, estão apresentadas as curvas indicando discrepâncias entre os resultados

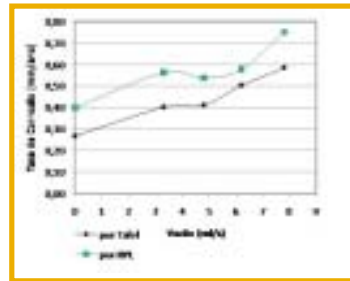


Figura 2 – Taxa de corrosão obtida pelo método de Tafel e por RPL para o sistema em estudo

obtidos para a taxa de corrosão e de resistência de polarização pelo Método da Extrapolação da Reta de Tafel e pelo Método de Resistência de Polarização Linear.

Observa-se que, tanto por RPL quanto pelo método de Tafel, há uma tendência de aumento da taxa de corrosão com o aumento do fluxo. No caso dos dados obtidos por Tafel, os resultados, entretanto, apresentam-se mais coerentes, pois os valores das taxas de corrosão aumentam continuamente.

Na Figura 4, apresenta-se a resistência de polarização em função da frequência de agitação, dados obtidos pela técnica de ruído eletroquímico. Por esta figura, verifica-se que o aumento do fluxo induz a uma redução no valor da resistência de polarização, o que indica um aumento na corrosividade do meio. A redução, novamente, mostra-se mais coerente para os dados calculados por Tafel. Para

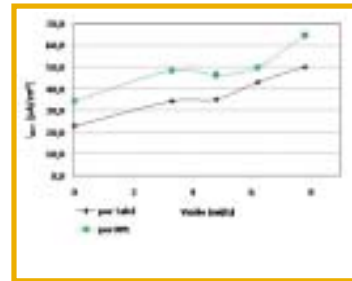


Figura 3 – Resistência de polarização obtida pelo método de Tafel e por RPL para o sistema em estudo

os dados obtidos por RPL, há um pequeno aumento do valor da resistência a polarização para os fluxos mais altos de 4,8 ml/s e 6,2 ml/s.

As medidas de Ruído Eletroquímico foram obtidas pelo de tratamento dos resultados de ruído de corrente e ruído de potencial com o software do programa ESA410 da Gamry.

Os resultados da técnica de Ruído Eletroquímico confirmam a tendência de desenvolvimento de processo de corrosão generalizada com uma taxa de corrosão da mesma ordem da obtida pelas técnicas convencionais. A influência dos processos de transporte de massa, devido ao fluxo de eletrólito, está caracterizada no deslocamento da frequência de eventos para região de menor valor sem aumento significativo da resistência de ruído.

## Conclusões

Realizadas as medidas com as técnicas eletroquímicas tradicionais, verificou-se que, tanto pelo Método da Extrapolação de Tafel como por RPL, conforme o fluxo aumenta, amplia-se a taxa de corrosão do aço-

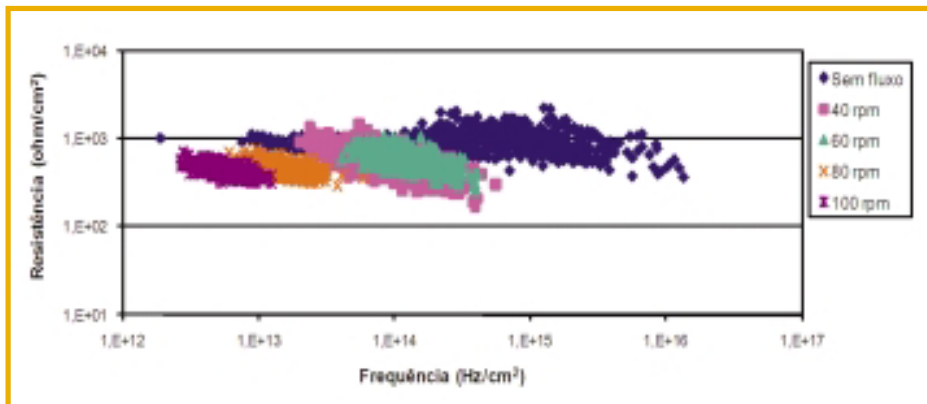


Figura 4. Resistência de ruído com frequência de eventos



carbono, pois o movimento do eletrólito tanto dificulta como pode impedir a formação dos filmes de produtos de corrosão protetores, o que eleva a taxa de corrosão do sistema. Entretanto, o aumento mais significativo foi visualizado pelo Método da Extrapolção de Tafel. A utilização da técnica de Ruído Eletroquímico confirmou a tendência de manutenção de processos de corrosão generalizada, com aumento de fluxo, com uma taxa de corrosão da ordem da obtida pela Extrapolção de Tafel.

### Referências bibliográficas

1. KERMANI, M. B.; MORSHED, A. *Carbon Dioxide Corrosion in Oil and Gas Production – A Compendium, Corrosion*, 2003, v. 59, n. 8.
2. LOPEZ, D.A., PEREZ, T., SIMISON, S.N. *The influence of microstructure and chemical composition of*

*carbon and low alloy steels in CO2 corrosion. A state of art appraisal.* Argentina, 2003.

3. HARUNA, T., MORIKAWA, Y., FUJIMOTO, S., SHIBATA, T. *Electrochemical noise analysis for estimation of corrosion rate of carbon steel in bicarbonate solution.* Japão, 2003.
4. BULLARD, S. J., COVINO, B. S., RUSSEL, J. H., HOLCOMB, G. R., CRAMER, S. D., MOROZ, M. Z. *Electrochemical noise sensors for detection of localized and general corrosion of natural gas transmission pipelines.* 2001
5. ASTM, G 59 – 97: *Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements.* Disponível em: [www.astm.org/Standards/G59.htm](http://www.astm.org/Standards/G59.htm)
6. WOLYNEC, S. *Técnicas Eletroquímicas em Corrosão.* edUSP, 2007.
7. COTTIS, R.A. *Interpretation of electrochemical noise data.* 2001

### Haroldo A. Ponte

Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais - Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos (1994). Atualmente é professor Associado II da Universidade Federal do Paraná. Membro da Sociedade Latino Americana de Biomateriais -SLABO, da American society of mechanical engineers - ASME e da National Association of Corrosion Engineers -NACE. Atua nas áreas de Engenharia de Materiais e Metalúrgica e Tecnologia Ambiental.

### Hellen C. N. Domingues

Eng<sup>a</sup> química da PETROBRAS

Contato com os autores:

[hponte@ufpr.br](mailto:hponte@ufpr.br)



## MICROSCÓPIO VÍDEO DIGITAL LEICA

Modelos DVM 5000/DVM 3000/DVM 2000

- Atende aos mais rigorosos requisitos do controle de qualidade industrial em termos de imagens macroscópicas, microscópicas e processamento de imagens
- Ideal para inspeção e análise por processo tradicional e não-destrutivo
- Exibição de imagem direta em monitor de alta resolução, dispensando observações por meio ocular
- Grande mobilidade com alta qualidade ótica e opções múltiplas de análise quantitativa em 2D ou 3D para os mais avançados estudos de medições de superfícies.

CK COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO

Representante exclusivo para o Brasil da Leica Microsystems GmbH

Tel: (11) 5188-0000 – Fax: (11) 5188-0006

[www.ckltda.com.br](http://www.ckltda.com.br) – [ckltda@ckltda.com.br](mailto:ckltda@ckltda.com.br)

# Corrosão@Proteção

## Edição Especial

A edição de nº 37 estará circulando na 11<sup>a</sup> Coteq – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos que será realizada de 10 a 13 de maio em Porto de Galinhas – PE.

### Eventos congregados

- Simpósio de Análise Experimental de Tensões
- Simpósio Brasileiro de Tubulações e Vasos de Pressão – Estruturas e Termo-hidráulica

Uma excelente oportunidade para divulgar marcas empresariais junto a leitores altamente qualificados que detêm plenos poderes de influenciar, especificar e decidir a compra de produtos e serviços para o setor.

Reserve já seu espaço.

Tel: (11) 2028-0900

  
Associação Brasileira de Corrosão  
[www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)



APORTE  
EDITORIAL

[aporte.editorial@uol.com.br](mailto:aporte.editorial@uol.com.br)

**BUREAU VERITAS**  
Certification



**Certificação**  
Conferida à

**ITALTECNO DO BRASIL LTDA.**

RUA MAESTRO TAVARES DE LIMA, 71, JARAGUÁ, 05181-060 - SÃO PAULO/SP  
BRASIL

Bureau Veritas Certification certifica que o Sistema de Gerenciamento da Organização acima foi avaliado e encontrado em conformidade com os requisitos da Norma detalhada abaixo

NORMA

**ISO 9001:2008**

ESCOPO DE FORNECIMENTO

**DESENVOLVIMENTO, FABRICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS  
PARA TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES PLÁSTICAS E METÁLICAS.**

*Data da Aprovação Original: 19/05/2010*

*Subjeto à operação satisfatória contínua do Sistema de Gerenciamento da Organização,  
este certificado é válido até: 18/05/2015*

*Exclusivamente relacionados a respeito do scope deste certificado e à aplicabilidade dos requisitos do Sistema de Gerenciamento podem ser obtidos consultando a Organização*

*Data: 19/05/2010*

Número do Certificado: **BR006233-1**

Paulo Coelho - Technical Manager  
Issuance and Control Officer  
Av. de Cade, 277, Fone 8, 1º Andar  
Centro Empresarial do Aço  
04511-000 - Vila Geometrica - São Paulo/SP - Brasil



# Jateamento Químico LL – BE10

Produto líquido para  
fosqueamento de alumínio

ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



## LL – B (Beauty) E (Etching) 10

Processo longa-vida, cinco vezes mais rápido do que o tratamento alcalino tradicional.

Otimiza a logística com a eliminação da operação de jateamento com micro-esferas, além de garantir outros benefícios, tais como:

- Elimina 95% dos defeitos de extrusão do alumínio: faixas, estrias e linhas de solda
- Permite que a dissolução do alumínio seja 60 vezes menor do que no processo tradicional com soda cáustica
- Gera 10 vezes menos resíduos sólidos no tratamento de efluentes
- Reconstitui o acabamento da superfície de perfis rejeitados
- Possui vasta aplicação no setor moveleiro e decorativo



**ITALTECNO**  
DO BRASIL LTDA

Av. Angélica 672 • 4º andar  
01228-000 • São Paulo • SP  
Tel.: (11) 3825-7022

escrit@italtecno.com.br – www.italtecno.com.br

Acabamento

## Calendário 2011 – De Fevereiro a Julho

CURSOS	HORAS	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
<b><i>Pintura Industrial</i></b>							
Inspeção de Pintura Industrial N1 / RJ	88		14 a 25		2 a 13	27/6 a 8/7	
Inspeção de Pintura Industrial N1 / RJ <sup>1</sup>	88			19/3 a 4/6			
Inspeção de Pintura Industrial N1 / BA	88			4 a 15			
Inspeção de Pintura Industrial N1 / SP	88	14 a 26					
Inspeção de Pintura Industrial N2	40				23 a 28		25 a 29
Pintor e Encarregado de Pint. Industrial	40		4 a 8				18 a 22
Inspeção de Pintura – Módulo de Doc.–	40						11 a 15
Curso Intensivo – Inspeção N1	40	28/2 a 4/3					
Básico de Pintura Industrial (BA)	16		3 e 4				
<b><i>Corrosão</i></b>							
Corrosão <sup>2</sup>	24						
Corrosão e Inibidores <sup>2</sup>	24						
Tratamento d'água	24					a definir	
Corrosão: Fund., Monit. e Controle	24			27 a 29			
Corrosão em Concreto	16						
<b><i>Inspeção e Monitoração da Corrosão</i></b>							
Inspeção e Corrosão em Aeronaves / SP <sup>3</sup>	24						20 a 22
Recuperação, Reforço e Tratamento de Estruturas de Concreto Armado	16						
<b><i>Proteção Catódica</i></b>							
Básico de Proteção Catódica / SP	24						a definir
Revest., Pint. Industrial e Prot. Catódica <sup>2</sup>	24						
Insp. e Manut. de Sistemas de Proteção Catódica em Dutos Terrestres <sup>2</sup>	32						
Básico Prot. Catódica de Dutos Terrestres	16						
Formação em Proteção Catódica: Inspeção e Manutenção	80		5 a 15				
Proteção Catódica em Plataformas, Equipamentos e Dutos Submarinos <sup>2</sup>	24						
<b><i>Revestimento Anticorrosivo</i></b>							
Fundamentos de Resistência à Corrosão	16				7 e 8		
Básico de Revestimentos Anticorrosivos Orgânicos de Dutos Terrestres	24						
Revest. Metálicos Resistentes à Corr. <sup>2</sup>	24						
<b>Eventos</b>							
Seminário de Pint. de Manut. Ind. / SP				5			
Futuro Agora: Técnicas Avançadas de Ensaio Não Destrutivos para Inspeção da Corrosão / RJ		16					
Coteq: Conf. sobre Tec. de Equip. / PE					10 a 13		

<sup>1</sup> Turma somente aos sábados

<sup>2</sup> Parceria com o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)

<sup>3</sup> Parceria com a Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção (ABENDI)

**Mais informações:**

curso@abraco.org.br

eventos@abraco.org.br

**Atenção:**

As datas estão sujeitas a alterações

# Propriedades das camadas fosfatizadas

## Phosphated coatings properties



Por Zebbou  
Panossian



Por Célia A. L.  
dos Santos

### Introdução

As camadas fosfatizadas são amplamente empregadas no setor industrial, seja para a proteção contra a corrosão, seja para viabilizar os processos de conformação mecânica. Cada tipo de camada fosfatizada apresenta estrutura e composição específicas. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma breve revisão bibliográfica sobre as estruturas e as propriedades das camadas fosfatizadas.

### Introduction

*The phosphated coatings are widely used in industry, such as corrosion protection or to facilitate the processes of mechanical shaping. Each type of phosphated coating has specific structure and composition. This paper aims to present a brief review on the structures and properties of phosphated coatings.*

### Composição e estrutura das camadas fosfatizadas

A composição das camadas fosfatizadas depende fundamentalmente da composição do banho de fosfatização e do tipo de substrato.

Na Tabela 1, apresenta-se a composição de diferentes camadas fosfatizadas obtidas com diferentes banhos sobre metais ferrosos e sobre o zinco. Convém citar que os compostos apresentados nesta são os mais importantes e se formam sob condições adequadas do processo de fosfatização. Outros compostos podem ser encontrados, sejam em quantidades muito baixas, sejam formados em condições não-adequadas.

Muitos estudos mostraram

que, sob os compostos citados na Tabela 1, ocorre a formação de uma camada muito fina, denominada subcamada (*under-layer*), ou, camada de passivação (*passivating film*). Esta subcamada forma-se nos instantes iniciais do processo de fosfatização. No caso de metais ferrosos, acredita-se que esta camada é constituída de lepidocrocita ( $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e vivianita ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) contendo ainda magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e fosfatos primários e secundários de ferro II ( $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{FeHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e  $\text{FeHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – LORIN, 1974, p.60-61). Esta camada é basicamente uma camada de conversão, pois, é formada como resultado do ataque do substrato pelo ácido. As camadas de pseudo-conversão (camadas de fosfato propriamente ditas indicadas na Tabela 1) são formadas sobre a fina camada tendo então a participação dos fosfatos diácidos metálicos presentes no banho (BIESTEK & WEBER, 1976, p.152).

O crescimento da camada de fosfato propriamente dita ocorre de maneira epitaxial, ou seja, os cristais de fosfato crescem com a mesma orientação cristalográfica da subcamada, ou, mesmo do próprio substrato. É aceito o fato de que existe uma analogia entre os cristais do substrato, da subcamada e da camada de fosfato propriamente dita. Este crescimento epitaxial garante a excelente aderência das camadas de fosfato.

Principais fosfatos e óxidos que formam as camadas fosfatizadas (LORIN, 1974, p.56-67; BRANCO, 1982; DANA, 1984;

FREEMAN, 1988, p.78; RAUSCH, 1990, p.95-103, 106, 130)

A seguir serão apresentadas de maneira resumida as características dos principais fosfatos e óxidos que participam da formação de diferentes camadas fosfatizadas. Estas características estão apresentadas sucintamente na Tabela 2.

### Fosfofilita

É um fosfato misto de zinco, ferro (II) e manganês (II) tetraidratado, composto incolor ou verde azulado, cristalizado no sistema monoclinico de fórmula molecular  $\text{Zn}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+})(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

O nome fosfofilita deriva do grego: *phosphoros* (fósforo) e *phyllon* (folha), por sua composição e por sua forma. Apresenta clivagem perfeita.

Na fosfatização de metais ferrosos a partir de banhos que não contém íons de manganês, o nome fosfofilita refere-se ao fosfato duplo de zinco e ferro II de coloração branca e fórmula molecular  $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Pode-se verificar que este composto é formado por dois átomos de zinco e um átomo de ferro. Não é possível substituir o íon  $\text{Fe}^{2+}$  por íon  $\text{Zn}^{2+}$  para a obtenção de fosfato duplo de razão diferente de 2:1 ( $\text{Zn}^{2+}/\text{Fe}^{2+}$ ).

### Hopeíta

É um fosfato neutro de zinco, cristalizado no sistema ortorrômbico, com quatro moléculas de água de cristalização, de fórmula molecular  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

É um composto insolúvel em água. A 100°C, este composto

**TABELA 1 – COMPOSIÇÃO TÍPICA DAS CAMADAS FOSFATIZADAS OBTIDAS A PARTIR DE DIFERENTES BANHOS (LORIN, 1974, p.56-66; BIESTEK & WEBER, 1976, p.151; WYVILL & CAPE, 1987; FREEMAN, 1988, p.29; RAUSCH, 1990, p.95)**

Tipo de banho	Substrato	
	Metais ferrosos	Zinco ou aço zincado
Banho à base de fosfato de zinco	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )
Banho à base de fosfato de zinco contendo íons de $Ca^{2+}$	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Scholzita ( $Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Scholzita ( $Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ )
Banho à base de fosfato de zinco contendo $Ni^{2+}$	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfato de níquel ( $Ni_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ) Fosfonicolita ( $Zn_2Ni(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )*	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfato de níquel ( $Ni_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ) Fosfonicolita ( $Zn_2Ni(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )*
Banho à base de fosfato de zinco contendo $Mn^{2+}$	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfato duplo de manganês e zinco ( $Mn_2Zn(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Hopeíta modificada ( $Zn_{3-x}Mn_x(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita modificada ( $Zn_2(Mn,Fe)(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Mn-hureaulita ( $Mn_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfato duplo de manganês e zinco ( $Mn_2Zn(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )
À base de fosfato diácido de manganês	Hureaulita ( $Mn,Fe)_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Mn-hureaulita ( $Mn_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ )
À base de fosfato diácido ferroso ( $Fe(H_2PO_4)_2$ )	Fe-hureaulita ( $Fe_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ ) Estrengita ( $FePO_4 \cdot 2H_2O$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fosfofilita ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ) Fe-hureaulita ( $Fe_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ )
Banho à base de fosfato de metais alcalinos ou de amônia	Vivianita ( $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ) Magnetita ( $Fe_3O_4$ )	Hopeíta ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )

\* Para altos teores de íons de níquel no banho.

perde duas moléculas de água e a 190°C perde mais uma (a terceira) molécula de água de cristalização (MACHU, 1955, p.12). Estudos mostraram que nas camadas fosfatizadas, o fosfato encontra-se na mesma forma que a hopeíta mineral e é de coloração branca.

### Vivianita

É o fosfato ferroso heptaidratado, cristalizado no sistema monoclinico de fórmula molecular (LORIN, 1974, p.59)  $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ .

Os cristais de vivianita são altamente dicrísticos (capacidade de apresentar várias tonali-

dades dependendo da luz incidente).

Assim, podem apresentar coloração incolor, verde azulado ou violeta.

Em soluções da ordem de 10% a 70% de ácido fosfórico a 70°C, contendo sais ferrosos, formam-se diferentes fosfatos. Tais fosfatos formam soluções de coloração verde claro características de sais ferrosos. Assim, por exemplo, um banho à base de fosfato de zinco contendo sais ferrosos terá uma coloração verde clara.

A dureza da vivianita fica entre 1,5 a 2,0 na escala de dureza Mohs.

### Hureaulita

É o fosfato ácido hidratado misto de manganês e ferro II, cristalizado no sistema monoclinico (zinco e manganês com substituição mútua), com a seguinte fórmula molecular ( $Fe^{2+}, Mn^{2+}$ ) $_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ .

Existem duas variedades, a saber: a Fe-hureaulita – fosfato ácido hidratado de ferro II, instável a exposições atmosféricas, de fórmula molecular  $Fe_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ .

E a Mn-hureaulita – fosfato ácido hidratado de manganês, de dureza 3,5 na escala de dureza Mohs, de fórmula molecular  $Mn_5H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$ .

**TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS QUE PARTICIPAM NA FORMAÇÃO DAS CAMADAS FOSFATIZADAS**

<i>Composto</i>	<i>Fórmula molecular</i>	<i>Principais características</i>
Fosfolita	$Zn_2(Fe^{2+}, Mn)(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	Coloração incolor ou verde azulado, altamente resistente a álcalis. Densidade 3,13 g/cm <sup>3</sup> . Dureza 3 a 4 na escala de dureza Mohs <sup>1</sup> .
Hopeíta	$Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	Coloração branca. Pouco resistente a álcalis. A 100°C este composto perde duas moléculas de água e a 190°C perde mais uma molécula de água de hidratação. Densidade 3,04 g/cm <sup>3</sup> . Dureza 2,5 a 3 na escala de dureza Mohs <sup>1</sup> .
Vivianita	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	São altamente dicróicos (capacidade de apresentar várias tonalidades dependendo da luz incidente). Assim, podem apresentar coloração incolor, verde azulado ou violeta. Densidade 2,71 g/cm <sup>3</sup> . Dureza 2 na escala de dureza Mohs <sup>1</sup> .
Hureaulita	$(Fe^{2+}, Mn)_3H_2(PO_4)_4 \cdot 4H_2O$	Fe e Mn podem ser substituídos mutuamente. Coloração rosada. Densidade 3,18 g/cm <sup>3</sup> . Dureza 5 na escala de dureza Mohs <sup>1</sup> .
Scholtzita	$Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	Coloração branca ou incolor.
Magnetita	$Fe_2O_3$	Um dos principais minerais do ferro, altamente magnético, opaco, coloração preta. Dureza 6 na escala de dureza Mohs.

**Scholzita**

É um fosfato misto de zinco e cálcio hidratado, cristalizado no sistema ortorrômbico de coloração branca ou incolor, de fórmula molecular  $Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ .

**Magnetita**

É um óxido de ferro normalmente cristalizado no sistema octaédrico, apresentando dureza 6 na escala de dureza Mohs, fortemente magnética. Apresenta coloração preta, brilho metálico e fórmula molecular  $Fe_3O_4$ .

**Estrutura e tamanho de cristais**

As camadas fosfatizadas são cristalinas. Os cristais de fosfato podem ser muito pequenos. É o caso das camadas fosfatizadas obtidas a partir de banhos de metais alcalinos ou de amônio que no passado foram consideradas amorfas. Os cristais de

fosfato podem atingir valores de até 100µ, como é o caso das camadas fosfatizadas obtidas a partir de banhos não-acelerados, contendo fosfatos de metais pesados ( $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  ou  $Mn^{2+}$ ) e podem ter a forma de nódulos, plaquetas ou agulhas. Na realidade, estas últimas são escamas orientadas sob diversos ângulos dando o aspecto de agulhas, quando observadas ao microscópio (FOLDES, s.d.).

No caso, por exemplo, de camadas à base de fosfato de zinco, ocorre a formação de agulhas e plaquetas. As agulhas podem estar cobertas por plaquetas e, também, as plaquetas podem estar cobertas por agulhas (LORIN, 1974, p.64). As plaquetas são geralmente ricas em ferro e as agulhas contêm pouco ferro, podendo inclusive serem isentas de ferro, sendo a quantidade de cada um dependente da composição e das condições de operação do banho.

Por exemplo, a agitação desempenha um papel importante: quanto maior a agitação maior é a quantidade de agulhas. Camadas obtidas por imersão são ricas em plaquetas e camadas obtidas por aspersão são ricas em agulhas (LORIN, 1974, p.65, FOLDES, s.d.).

As camadas à base de fosfato de zinco modificado com cálcio apresentam cristais mais finos e contêm uma grande quantidade de cristais nodulares (JAMES & FREEMAN, 1971; FREEMAN, 1986, p.53).

A formação de cristais de fosfato ocorre em dois estágios: primeiro ocorre a nucleação seguida do crescimento dos cristais nucleados. Assim sendo, o tamanho dos cristais dependerá fundamentalmente da velocidade de nucleação e de crescimento dos cristais.

A velocidade de nucleação é função direta do número de sítios ativos presentes na superfí-

<sup>1</sup> A escala de dureza Mohs é a seguinte (DANA, 1984)

- |                     |             |                            |            |              |
|---------------------|-------------|----------------------------|------------|--------------|
| 1. Talco            | 3. Calcita  | 5. Apatita                 | 7. Quartzo | 9. Corindon  |
| 2. Gipsó ou gipsita | 4. Fluorita | 6. Feldspato ou ortoclásio | 8. Topázio | 10. Diamante |

Para se ter uma idéia prática, apresenta-se a seguir a dureza de alguns materiais muito conhecidos (DANA, 1984)

Unha → ±2      Alfinete → ±3,5      Aço (gilete) → ±5      Vidro → ±5,5      Porcelana → ±6,0

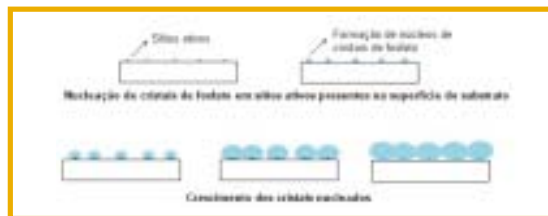


Figura 1 – Representação esquemática da formação de cristais grandes devido à presença de poucos sítios ativos na superfície do substrato



Figura 2 – Representação esquemática da formação de cristais pequenos devido à presença de muitos sítios ativos na superfície do substrato

cie do substrato: são nestes sítios que se formam os núcleos de cristais de fosfato. A partir destes núcleos crescem os cristais propriamente ditos.

Se o número de sítios for pequeno, ter-se-á poucos núcleos. Assim, os cristais têm de crescer a partir de poucos núcleos. O crescimento cessará quando o substrato for coberto, fato que ocorrerá quando os cristais se tocarem. Como se tem poucos núcleos, os cristais deverão crescer muito até se tocarem. Como consequência a massa de fosfato por unidade de área será elevada. Isto pode ser mais bem compreendido observando a Figura 1.

Ao contrário, quando na superfície de um substrato existir muitos sítios ativos, haverá a formação de muitos núcleos, os quais se tocarão antes de crescerem muito, o que determinará a formação de camadas finas e de cristais finos (ver Figura 2).

Pelo exposto, fica claro de que existe uma relação direta entre o tamanho de cristais e a massa de fosfato por unidade de área: quanto menores os cristais, mais fina é a camada formada.

Cabe citar que o tempo de formação de cristais grandes é maior porque é necessário mais tempo para cobrir o substrato.

## Referências bibliográficas

BIESTEK, T.; WEBER, J. *Electrolytic and chemical conversion coatings*. 1st ed. Wydawnictwa : Portecilles. 1976. 432p.

DANA, J. D. *Manual de mineralogia*. 1st ed. LTC ; Rio de Janeiro. 1984. 642p. 1984. (Traduzido por Rui Ribeiro Franco e revisto por Cornelius S. Hurlbut).

FOLDES, A. s.d. Fosfatização. In: *Curso Básico de Pintura Industrial*, São Paulo : ABTS. 11p.

FREEMAN, D. B. *Phosphating and metal pre-treatment*. 1st ed. New York : Industrial Press. 1998. 229p.

JAMES, D.; FREEMAN, D. B. *Accelerator systems for zinc phosphate processes with particular references to their use before electropaint*. *Transactions of the Institute of Metal Finishing Conference issue, part 2, v.49, p. 79-83, 1971.*

LORIN, G. *Phosphating of metals*. *Great-Britain : Finishing Publications*. 1974. 222p.

MANCHU, W. *La fosfatizzazione dei metalli - fondamenti scientifici e tecnica applicata*. Milano : Editore Urlico, p.7, 1955.

RAUSCH, W. *The phosphating of metals*. 1st.ed. Great Britain : Redwood Press, 1990. 416p.

WYVILL, R.D.; CAPE T. *Improved phosphate coatings for galvanized steel*. *Product Finishing*. p.68-75, 1987.

## Zebbour Panossian

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT. Laboratório de Corrosão e Proteção – LCP. Doutora em Ciências (Físico-Química) pela USP.

Responsável pelo LCP.

## Célia A. L. dos Santos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT. Laboratório de Corrosão e Proteção – LCP. Doutora em Química (Físico-Química) pela USP.

Pesquisadora do LCP.

Contato com as autoras:

zep@ipt.br / clsantos@ipt.br

fax: (11) 3767-4036



# Microscopia óptica *in situ* na corrosão do aço-carbono AISI 1040 em meio de sulfeto

*In situ optical microscope in the corrosion of AISI 1040 carbon steel in sulfide solution*

## Introdução

Este trabalho apresenta o estudo da corrosão do aço-carbono AISI 1040 em solução aquosa contendo  $H_2S$  dissolvido em presença e ausência de íons cloreto. A corrosão do aço foi avaliada por meio de curvas de polarização, potencial de circuito aberto e microscopia óptica *in situ*. A análise morfológica mostrou que ocorreu corrosão por pite. Houve inicialmente a formação de um filme de sulfeto de ferro globular sobre os grãos perlíticos, sendo que o tipo de sulfeto presente no meio tem grande influência sobre o processo corrosivo.

## Introduction

*This work presents a study of the AISI 1040 carbon steel corrosion in aqueous sulfide solution in the presence and absence of chloride ions. The steel corrosion investigation was carried out using potential polarization, open circuit and in situ optical microscopy techniques. The morphological analysis reveals the grain boundaries corrosion, pitting corrosion and show that a non-uniform globular sulfide film formation occurs just over pearlitic grains, where the dissociated sulfide species in solution has a great influence on the corrosive process.*

A corrosão em meio de sulfeto, encontrada na produção e transporte de hidrocarbonetos na indústria petrolífera, ocorre pela formação de sulfeto de ferro na superfície do aço atacado. Este produto de corrosão pode atuar em diferentes graus de inibi-

ção ou mesmo da ativação da corrosão do aço, o que dependerá de fatores como: concentração e espécie de sulfeto dissociada no meio, presença de sais e microestrutura da liga<sup>1</sup>. A forma de ataque sobre o material metálico, a natureza dos produtos de corrosão, a velocidade e extensão das reações e a localização das reações de corrosão, devem ser todas levadas em conta<sup>1</sup>. Recentemente, novas técnicas estão sendo empregadas no estudo da corrosão como a classificação de imagens<sup>2</sup>, a qual é comumente usada em diversos campos das ciências, mas tem sido pouco usada em análises de processos corrosivos. A observação da superfície pode oferecer muitas informações sobre o processo de corrosão como, por exemplo, a evolução dos ataques por pites, que podem tam-

bém ser quantificados em termos de profundidade e pela distribuição espacial e de tamanhos sobre a superfície. Neste trabalho, desenvolveu-se uma metodologia que envolve a construção de uma célula onde a progressão dos efeitos da corrosão sobre as heterogeneidades podem ser acompanhadas *in situ*, gerando uma sequência de imagens que é representativa da evolução do ataque em função do tempo de exposição ao meio agressivo.

## Experimental

**Soluções.** Uma solução estoque de 10.000 ppm de  $H_2S$ , preparada pela dissolução em água do sal  $Na_2S \cdot 9H_2O$ , foi utilizada para gerar as concentrações de 100ppm e 1000ppm. Os eletrólitos usados foram tampão acetato (pH = 3,5) e fosfato (pH =

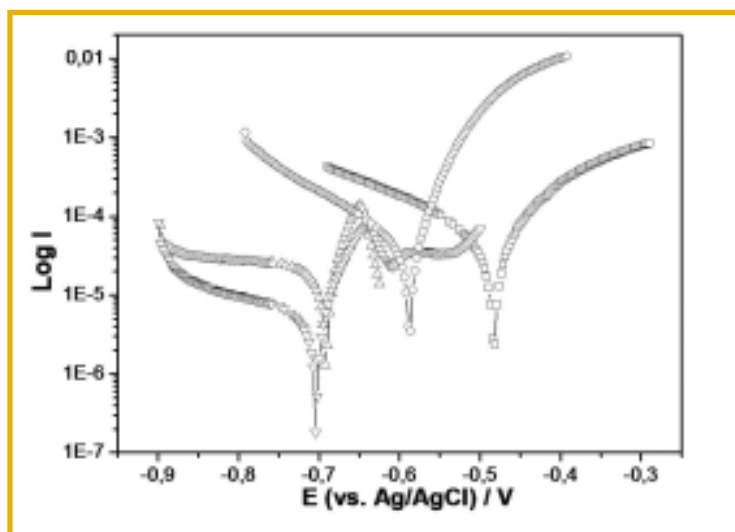


Figura 1 – Curvas de polarização do aço-carbono AISI 1040 em 100 ppm de  $H_2S_{aq}$  em pH 4, sem cloreto ( ) e com 3,5% (m/m) cloreto (O); em meio de  $HS^-_{aq}$  em pH 7,9, sem cloreto (Δ) e com 3,5% (m/m) cloreto (◇)

**TABELA 1: PARÂMETROS OBTIDOS A PARTIR DAS CP PARA O AÇO-CARBONO AISI 1040 (EXPERIMENTOS DA FIG. 1)**

Resposta	Experimento			
	s/ CI <sup>-</sup>		c/ CI <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>
E <sub>ca</sub> / mV	-496	-696	-597	-702
i <sub>corr</sub> / 10 μA cm <sup>-2</sup>	220	24,6	36,5	7,71
R <sub>p</sub> / Ωcm <sup>2</sup>	422.8	793.6	386.2	2833.0
E <sub>corr</sub> / mV	-483	-691	-588	-704
V <sub>corr</sub> / mm ano <sup>-1</sup>	3,60	0,403	0,598	0,126

7,9), na presença e ausência de 3,5% (m/m) de NaCl. Nesses pHs, devido ao equilíbrio dissociativo do H<sub>2</sub>S, as espécies, H<sub>2</sub>S<sub>aq</sub> e HS<sup>-</sup><sub>aq</sub> foram geradas nestas soluções<sup>3</sup>.

**Eletrodos.** Amostras cilíndricas de aço-carbono AISI 1040 com 9,5mm de diâmetro (Procedência F. Sanchelli Aços) foram usadas como eletrodos de trabalho (ET). A superfície exposta do ET foi preparada com lixas de diferentes granulometrias até grana 1200, seguido de um polimento com alumina 25μm e desengraxe em acetona por 3 minutos em banho ultrassônico. Os eletrodos de referência e auxiliar foram de Ag/AgCl/KCl (3,5 mol/L) e uma placa de Pt de 2cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Técnicas.** Para a realização das filmagens *in situ* a amostra de aço-carbono foi exposta ao meio corrosivo em uma célula de

fundo chato desenvolvida em nosso laboratório. Um microscópio óptico invertido (Opton - mod. TNM-07T-PL) foi usado para focalizar as amostras de aço usando o programa Scope Photo<sup>®</sup> 1.0. Simultaneamente o potencial de circuito aberto (E<sub>ca</sub>) foi monitorado por 3600s. Após o estado estacionário ter sido atingido foi levantada uma curva de polarização (CP), com os seguintes parâmetros: velocidade de varredura de 0,1mV s<sup>-1</sup>, intervalo de potenciais (ΔE) de 200mV na direção anódica e catódica. A taxa de aquisição das imagens foi de 0,1 frames s<sup>-1</sup> e 0,5 frames s<sup>-1</sup> para o E<sub>ca</sub> e para a CP, respectivamente. Os ensaios eletroquímicos foram realizados usando um potenciostato AutoLab mod. PGSTAT 30, conectado a um microcomputador com o programa GPES. A caracterização dos ET foi feita por mi-

croscopia óptica (MO) *in situ*, microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de energia dispersiva (EDS) e difração de Raios-X (DRX).

### Resultados e Discussão

Em todas as condições experimentais analisadas, após o monitoramento do E<sub>ca</sub> uma CP foi levantada e simultaneamente a superfície foi monitorada. Na figura 1, são apresentadas as curvas de polarização em solução de 100 ppm das espécies H<sub>2</sub>S<sub>aq</sub> e HS<sup>-</sup><sub>aq</sub>, na presença e ausência de íons cloreto. Os parâmetros obtidos a partir desta figura são apresentados na tabela 1, juntamente com o E<sub>ca</sub> observado.

Para a espécie H<sub>2</sub>S<sub>aq</sub>, a presença de íons cloreto reduz em 105mV o potencial de corrosão (E<sub>corr</sub>), como observado na tabela 1. Tal comportamento não foi observado quando a espécie dis-

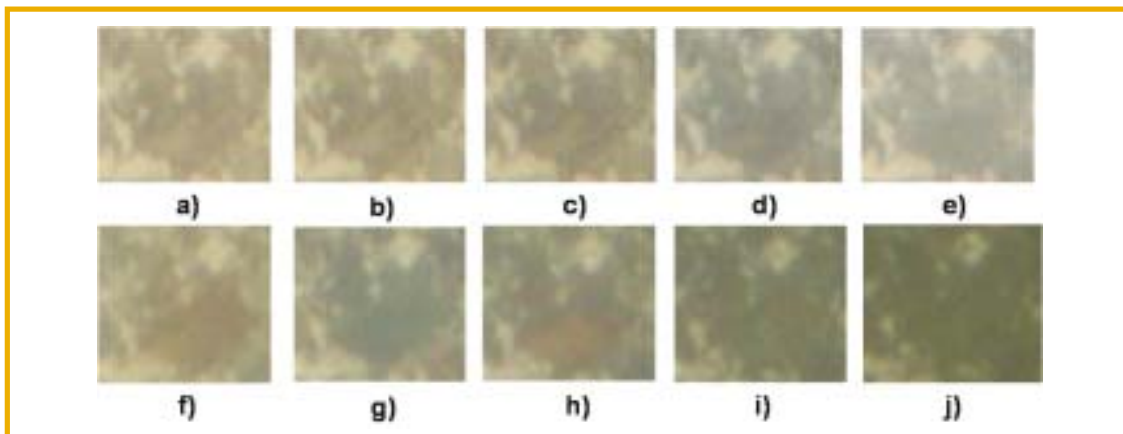


Figura 2 – Observação *in situ* do aço-carbono AISI 1040 durante a CP. Meio: 100 ppm de H<sub>2</sub>S com NaCl e pH 4,5, focalizando as mudanças apenas em um grão perlítico por meio de um zoom digital. Frames registrados no ΔE = 0mV (a), 21mV (b), 39mV (c), 55mV (d), 73mV (e), 92mV (f), 110mV (g), 129mV (h), 145mV (i), 164 mV (j). Resolução 1280x1024, captura a 0,5 frame s<sup>-1</sup>

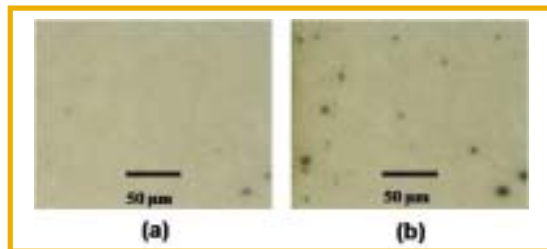


Figura 3 – Observação *in situ* do aço-carbono AISI 1040 em 100 ppm de  $\text{HS}^-$  e pH 7,9 durante a CPE<sub>ca</sub>. Fotomicrografias retiradas nos potenciais de -447mV (a) e -434 mV (b)

sociada no meio era  $\text{HS}_{\text{aq}}^-$ . Por sua vez, esta última espécie apresenta os menores valores de velocidades de corrosão ( $v_{\text{corr}}$ ). Tal comportamento já era esperado, pois segundo o diagrama de Pourbaix<sup>3</sup>, em pH 7,9 se tem condições favoráveis para a formação de filmes de sulfeto de ferro como o  $\text{FeS}$  ou  $\text{FeS}_2$ . Em meio de cloreto a taxa de corrosão foi menor, provavelmente porque este íon acelerou a dissolução do metal e contribuiu para a formação de uma camada mais espessa de filme de sulfeto. A influência do íon cloreto também é observada na resistência à polarização ( $R_p$ ), sendo esta aumentada em cerca de 3,5 vezes na presença de  $\text{HS}_{\text{aq}}^-$  e não varia quando a espécie é  $\text{H}_2\text{S}_{\text{aq}}$ , o que reforça a presença de um filme sobre a superfície do aço-carbono quando a espécie dissociada é usada.

Como se observou que há uma diferença no comportamento do aço-carbono na presença das diferentes espécies de sulfeto, uma discussão mais detalhada de cada espécie será apresentada a seguir. Neste caso serão discutidos os resultados das observações *in situ* por microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia de energia dispersiva e difração de Raios-X.

### Solução de $\text{H}_2\text{S}_{\text{aq}}$

Durante a CP anódica em um meio contendo 100ppm de  $\text{H}_2\text{S}$  em pH 4,5 foi possível detectar, na observação *in situ*

da superfície corroída, regiões com diferentes colorações que vão de marrom a azul. Este fato pode indicar uma variação de espessura dos filmes de sulfeto formados. Estas mudanças chamam atenção para outro fator que influencia este tipo de corrosão, ou seja, as heterogeneidades metálicas da superfície do material constituinte da parede do oleoduto que são influenciadas pelo tipo de aço empregado. Nesse caso, o aço-carbono AISI 1040 é composto por grãos ferríticos e perlíticos. Estes últimos são compostos por lamelas de cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) alternadas a lamelas de ferro  $\alpha^1$ . A formação de zonas anódicas e catódicas entre estas regiões podem formar uma célula eletroquímica e acelerar o dano corrosivo<sup>4</sup>. Segundo Huang *et al.*<sup>4</sup>, em um trabalho realizando EDS da superfície corroída, estes grãos perlíticos podem nuclear o filme de sulfeto devido também às variações locais de pH. Isto explica as alterações de cor observadas *in situ*, somente nos grão perlíticos, que podem estar associadas a variações de espessura, como apontado anteriormente.

Quando a este meio é adicionado o cloreto, um novo fato experimental é observado. Ve-se que estas variações de coloração

nos grãos perlíticos são cíclicas, como demonstra a figura 2(a-i). Como pode ser visto nesta figura, a focalização *in situ* de um único grão perlítico revela que esta coloração é inicialmente marrom, depois azul, marrom e finalmente se torna azul novamente, até que a superfície toda escurece (Figura 2j). Desta forma, uma nova proposição pode ser considerada na qual há a possibilidade de que neste meio, com íons cloreto e sulfeto, ocorra a dissolução e crescimento do filme de  $\text{FeS}$  sucessivas vezes<sup>5</sup>. A dissolução do filme de sulfeto é suportada pelo trabalho de Veloz e González<sup>6</sup> que propõem que os íons  $\text{Cl}^-$  são capazes de prevenir a formação de filmes de sulfeto devido a uma adsorção competitiva destes íons, e desta forma este processo é forçado a reiniciar novamente. No último quadro observado na figura 2j, a superfície é muito escura para detectar a variação de cores e é onde ocorre a formação de uma camada de  $\text{FeS}$  amorfa sobre toda a superfície<sup>7,8</sup>.

### Solução de $\text{HS}_{\text{aq}}^-$

Para a polarização anódica o aço-carbono tende a se passivar no pH 7,9 utilizado para gerar a espécie  $\text{HS}_{\text{aq}}^-$ <sup>3</sup>. A figura 3 mostra um experimento realizado em 100ppm de  $\text{HS}^-$ . A corrosão por pite iniciou-se durante a polarização anódica, entre os potenciais -447 mV e -434 mV. Neste meio, mesmo com a passivação da superfície, ocorre um incremento da corrosão por pite também na ausência de íons cloreto.

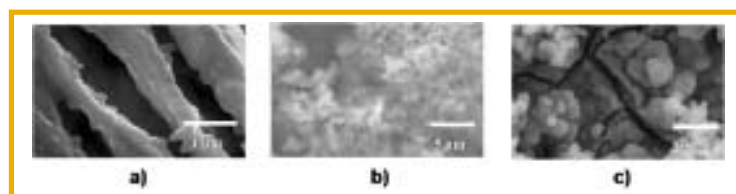


Figura 4 – Micrografia de MEV das lamelas de cementita da fase perlítica no aço-carbono 1040 exposto a  $\text{H}_2\text{S}$  na concentração de 1000 ppm sem  $\text{Cl}^-$  em solução (a). Micrografias do filme de sulfeto em meio de  $\text{HS}^-$  na concentração de 1000 ppm sem  $\text{Cl}^-$  (b) e com  $\text{Cl}^-$  (c)

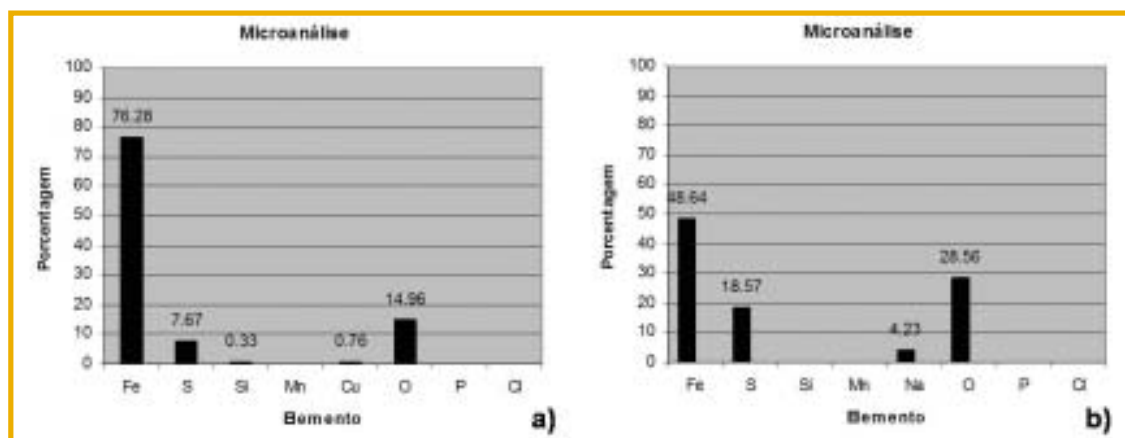


Figura 5 – Porcentagem de alguns elementos do filme de FeS crescido em meio de  $\text{HS}^-_{\text{aq}}$  na concentração de 100 ppm (a) e 1000 ppm (b), na presença de NaCl em solução obtidos por EDS

Isto ocorre porque o íon bissulfeto ( $\text{HS}^-$ ) é muito agressivo e pode acelerar a dissolução do metal durante a formação do filme de sulfeto<sup>9</sup>. O potencial de pite ( $E_{\text{pite}}$ ) deste experimento foi medido experimentalmente na região de cruzamento das curvas, por voltametria cíclica, e o valor encontrado foi de  $E_{\text{pite}} = -437$  mV. Este valor está de acordo com a imagem de MO observada *in situ* para o início da corrosão puntiforme.

Com o aumento da concentração de sulfeto para 1000 ppm o mesmo comportamento foi observado em ambos os meios.

### Caracterização *ex situ*

As análises das morfologias dos filmes obtidos com as duas espécies de sulfeto, ambos na concentração de 1000ppm, são apresentadas na figura 4. Quando se tem a espécie  $\text{H}_2\text{S}$  em solução, não ocorre a formação significativa de filme, mas sobre as lamelas de cementita da perlilita, vê-se claramente a precipitação de um fino filme globular de FeS (Figura 4a). Isto justificaria as alterações de cor nas observações *in situ* sobre os grãos perlíticos. Muito pouco sulfeto de ferro é formado em baixos valores de pH e a solubilidade do sulfeto sólido decresce com o incremento do pH. Assim, um au-

mento no valor do pH leva à precipitação de um filme de sulfeto preferencialmente sobre a cementita, enquanto a dissolução ocorre sobre a região da ferrita<sup>10</sup>. Sabe-se que o ferro é sempre anódico em relação ao sulfeto em solução contendo HCl. Dessa forma, uma vez que o filme de sulfeto está formado sobre a cementita, o mesmo será um sítio adicional para reação catódica mantendo-se o processo de corrosão e assim a precipitação do filme continua<sup>4</sup>.

Quando se tem a espécie  $\text{HS}^-$  em solução, ocorre a formação de filme de sulfeto (Figura 4b), que na presença de cloreto (4c) tem um aspecto mais compacto. A  $R_p$  calculada a partir dos diagramas de Tafel apresentou um aumento de  $793,6\text{cm}^2$  para  $2883\text{cm}^2$ , Tabela 1, o que pode estar atrelado à variação da morfologia do filme indo de um depósito globular (Figura 4b) para outro mais compacto (Figura 4c).

A microanálise dos filmes formados quando se tem a espécie  $\text{H}_2\text{S}_{\text{aq}}$ , focalizando os grãos ferríticos e perlíticos, constatou que sobre o grão perlítico ocorre uma maior porcentagem de enxofre, indicando que o filme pode ser mais espesso nessas regiões. Esses resultados concordam com os de MEV e as observações por microscopia óptica *in situ*.

Os resultados de EDS dos filmes formados quando se tem a espécie  $\text{HS}^-$  em solução, revelaram que a variação na porcentagem de enxofre no filme de sulfeto de ferro chega a ser cerca de 11% maior quando se passa de uma concentração de sulfeto de 100 ppm (Figura 5a) para 1000 ppm (Figura 5b) em meio com NaCl. Essa variação chega a 14% em meio sem NaCl na solução, pois o  $\text{Cl}^-$  previne a formação de filmes de sulfeto devido à adsorção competitiva destes íons<sup>8</sup>.

A composição do sulfeto de ferro é mais estequiométrica quando se compara um filme crescido em meio com maior concentração de sulfeto:

$\text{Fe/S} = 2,6$  e  $\text{Fe/O} = 1,7$  a menor concentração  $\text{Fe/S} = 9,9$  e  $\text{Fe/O} = 5,1$ .

O uso do tampão fosfato não interferiu nas medidas, pois não foi encontrada porcentagem significativa de fósforo nos filmes formados (Figuras 5a e 5b). Por fim, as análises de DRX confirmam que em todos os experimentos um filme de sulfeto de ferro globular foi formado.

### Conclusão

Os resultados mostraram que a MO *in situ* é útil para o estudo da corrosão e tornou possível a observação de uma sequência de imagens do processo

# TRATAMENTO DE ÁGUAS DE CABINE DE PINTURA

A Linha de Coagulantes e Floculantes Aumentou!

**DEXTER**  
the chemical surface treatment

Tratamento de Águas

**Dexfloc L 620**

tintas eletroforéticas

**Dexfloc L 605 e L 606**

tintas à base de água

**Dexfloc L 200**

tintas à base de solvente

**Dexflcoc L 655**

tintas poliuretânicas

Além do **Dexcoag 610 A** e do **Dexcoag 610 B**, que atuam na maioria dos sistemas de tintas automotivas e industriais, a **Dexter** está lançando no mercado produtos com maior especificidade para o tratamento de águas de cabines de pintura com inúmeras vantagens:

- Água clara e inodora
- Não forma espumas
- Facil remoção da tinta coagulada em flocos por flotação
- Coagula as partículas de tinta evitando aderência nas bordas e paredes da cabine de pintura, além de entupimento de tubulações e bicos



A Dexter desenvolve produtos com objetivos ecoeficientes



Fone 55 11 3662 1199 - [info@dexterbrasil.com.br](mailto:info@dexterbrasil.com.br) - [www.dexterbrasil.com.br](http://www.dexterbrasil.com.br)

e os estágios iniciais de formação do filme de sulfeto para eletrodos submetidos à polarização anódica. Estas imagens contribuíram com informações locais que revelaram uma variação não uniforme da superfície, as quais são influenciadas pela microestrutura do aço e pela presença de outros íons como o cloreto. Este íon também é responsável pela mudança na morfologia dos filmes de globular para compacto. Foi observado, pela variação da coloração, que um fino filme de sulfeto se forma em meio de H<sub>2</sub>S na ausência de íons Cl<sup>-</sup> e na presença de Cl<sup>-</sup>, com um comportamento oscilatório de formação e dissolução do filme sobre os grãos perlíticos, até que filme se deposite sobre toda a superfície. Em meio de HS<sup>-</sup> forma-se um espesso filme de FeS, contudo a corrosão por pites é acelerada até mesmo na ausência de Cl<sup>-</sup>.

A microanálise revelou que a maior porcentagem de enxofre no filme é encontrada sobre os grãos perlíticos, indicando que, de fato, essa fase pode estar nucleando o crescimento desse filme.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e a FAPESP pelo suporte financeiro concedido.

#### Referências bibliográficas

1. L.L. Shreir, in: *Wiley-Interscience*, Vol. I, New York, 1978.
2. K.Y. Choi, S.S. Kim, *Corrosion Science*, 47 (2005) 1-15.
3. M. Pourbaix, in: *Texas: Pergamon Press*, Second, Houston, 1974.
4. H. Huang, W. Tsai, J. Lee, *Electrochimica Acta* 41 (1996) 1191-1199.
5. E. Sosa, R. Cabrera-Sierra, M.T. Oropeza, F. Hernández, N. Casillas, R. Tremont, C. Cabrera, I. González, *Electrochimica Acta* 48 (2003) 1665-1674.
6. M. Veloz, I. Gonzalez, *Electrochimica*

*Acta* 48 (2002) 135-144.

7. Z.F. Yin, W.Z. Zhao, Z.Q. Bai, Y.R. Feng, W.J. Zhou, *Electrochimica Acta* 53 (2008) 3690-3700.
8. A. Anderko, P.J. Shuler, *Computers & Geosciences* 23 (1997) 647-658.
9. E. Hansson, M. Odziemkowski, R. Gillham, *Corrosion Science* 48 (2006) 3767-3783.
10. D. Shoesmith, M. Taylor, G. Bailey, D. Owen, J. *Electrochem. Soc.* 127 (1980) 1007-1015.

**Alessandro Mendes Zimer, Emerson Costa Rios, Paulo de Carvalho Dias Mendes, Ernesto Chaves Pereira, Lucia Helena Mascaro\***

Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Chemistry Dept. – C.P.: 676, CEP: 13.565-905, São Carlos, SP, Brasil, Tel: +55 16 33519452, Fax: +55 16 33615215

\* Contato/Corresponding author: [lmascaro@dq.ufscar.br](mailto:lmascaro@dq.ufscar.br)

Evento **ABRACO**

## *Futuro Agora:* **Técnicas Avançadas de Ensaios Não Destrutivos para Inspeção da Corrosão**

√ Data: 16 de fevereiro de 2011

√ Local: INT/RJ

#### Objetivo:

- Apresentar soluções avançadas para detecção e avaliação da corrosão, medição de espessura remanescente de dutos; compartilhar boas práticas na inspeção da corrosão.

#### Público Alvo:

- Inspetores de ensaios não destrutivos, Engenheiros de Equipamentos, Gerentes de Integridade de ativos, gerentes de operação, empresas de Petróleo e Gás de E&P, Refino, Transporte, Empresas de Inspeção.

Haverá tradução simultânea

Inscrições Gratuitas. Vagas Limitadas.

#### Realização:



#### Programação

- |          |   |
|----------|---|
| 9:00 am  | Welcome and Introductions   |
| 9:20 am  | Corrosion Imaging in Tubes and Tanks with Phased Array Phasor CVIDM for Corrosion Imaging |
| 10:30 am | Coffee Break  |
|          | Phased Array Inspection of Flange Faces   |
|          | Strategic Corrosion Monitoring Utilizing Permanently Installed                            |
| 12:00 pm | Lunch   |
| 1:00 pm  | Eddy Current ID Tube Inspection with Near Field Probes                                    |
|          | Advantages of Digital Radiography for Corrosion Imaging                                   |
|          | Data Management in Corrosion/erosion Applications   |
| 3:00 pm  | Coffee Break  |
|          | Remote Visual Applications in Corrosion inspection  |
| 4:30 pm  | Applications/Tabletops  |

#### Inscrições & informações:

(21) 2516-1962 R: 25  
[eventos@abraco.org.br](mailto:eventos@abraco.org.br)

# O que se aprende a partir de *medidas* de potencial de circuito aberto?

*What do we learn from open circuit potential measurements?*



Por Silvia Maria  
Leite Agostinho



Luís Gustavo  
Nunes Barbosa

## Introdução

Os objetivos deste trabalho foram investigar diferentes aplicações do potencial de circuito aberto ( $E_{ca}$ ) e do potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ) e sugerir experimentos em que estes potenciais sejam obtidos e possam contribuir para elevar o nível de conhecimento em eletroquímica dos estudantes.

## Introduction

*The aims of this work are to investigate some different applications of open circuit potential ( $E_{ocp}$ ) and corrosion potential ( $E_{corr}$ ) and to suggest experiments where these potentials can be obtained in order to contribute to increase the knowledge level of the students in electrochemistry and corrosion.*

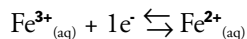
Os avanços tecnológicos da eletrônica e da informática permitiram o desenvolvimento de técnicas eletroquímicas mais sofisticadas, levando professores, pesquisadores e autores de livros didáticos a excluir, do conteúdo de disciplinas de eletroquímica, alguns conceitos e medidas fundamentais. O potencial de circuito aberto ( $E_{ca}$ ) se inclui entre os temas pouco abordados em aulas teóricas e em laboratórios didáticos.

## O que significa potencial de circuito aberto?

Dá-se o nome de potencial de circuito aberto ao potencial de um eletrodo medido em relação a um eletrodo de referência. Este potencial pode corresponder, sob condições de idea-

lidade, a um potencial de equilíbrio termodinâmico, obedecendo à equação de Nernst. Alguns exemplos práticos podem ser dados de sistemas eletroquímicos que correspondem a esta situação: o eletrodo de hidrogênio, constituído de platina-platinizada imersa em solução ácida desaerada; eletrodos de referência, em geral; platina imersa em solução desaerada de íons Fe(III)/Fe(II). Na maior parte dos sistemas, o  $E_{ca}$ , no caso de um metal imerso em solução eletrolítica, corresponde a um potencial misto, uma condição de “compromisso” entre diferentes processos: pelo menos um de oxidação e pelo menos um de redução.

Tomemos como exemplo o par  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  na ausência de oxidante em solução aquosa. A imersão de um eletrodo de platina inerte em solução contendo estes dois íons corresponderá ao equilíbrio



descrito pelo potencial ter-

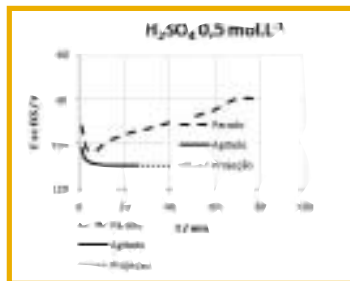
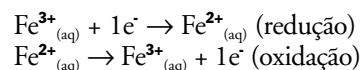
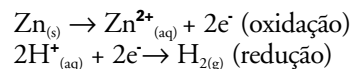


Figura 1 – Transitório de potencial de circuito aberto para a interface  $Cu/H_2SO_4$   $0,5 mol.L^{-1}$  na ausência e presença de convecção forçada

modinâmico  $E_c$  e pelas semi-reações de oxidação e de redução representadas pelas seguintes semi-equações:



Tomemos o exemplo de um eletrodo de zinco imerso em solução aquosa de ácido clorídrico. Neste caso, os processos de oxidação e de redução serão dados pelas semi-equações:



O  $E_{ca}$ , neste caso, corresponde à condição em que o processo irreversível, descrito acima, está ocorrendo no instante  $t$ .

## Qual a diferença entre potencial de circuito aberto e potencial de corrosão?

Neste trabalho, será apresentado o conceito empregado por parte dos pesquisadores: o  $E_{corr}$  será considerado igual ao  $E_{ca}$  estacionário, isto é, o  $E_{corr}$  corresponde ao valor do  $E_{ca}$ , constante (ou melhor, quase constante), quando a condição estacionária (ou quase estacionária) for atingida na interfase metal-solução.

## Exemplos de aplicações de medidas de potencial de circuito aberto

Evolução do  $E_{ca}$  para uma superfície metálica imersa em eletrólito; efeito qualitativo do emprego de convecção forçada

**TABELA 1 – MEDIDAS DE POTENCIAL DE CORROSÃO ( $E_{CORR}$ ) EM mV vs ECS, PARA O AÇO-CARBONO AISI 1005, NAS DIFERENTES ÁGUAS A 25 °C**

Meio	Água da rede	Água bidestilada	Água deionizada
sem inibidor	-752 ± 3	-708 ± 11	-734 ± 14
com BTAH	-493 ± 4	-446 ± 1	-470 ± 18
com BTAH + DAC	-457 ± 3	-460 ± 7	-469 ± 14

Na Figura 1, são apresentadas medidas de  $E_{ca}$  para cobre imerso em solução aerada de  $H_2SO_4$  0,5 mol.L<sup>-1</sup> na ausência e presença de agitação da solução. Observa-se que em meio sem agitação o potencial decai, nos primeiros minutos, em virtude da dissolução do filme formado ao ar, e depois se eleva, atingindo um valor estacionário igual a -80 mV/ECS. A agitação promove, em um intervalo de tempo bem menor, a dissolução do filme formado ao ar e o sistema atinge rapidamente o  $E_{corr}$  em um valor mais negati-

vo do que no meio sem agitação, igual a -110 mV/ECS. Nota-se, por estas medidas, o efeito do transporte de massa sobre a composição da interface, mais rica em óxidos hidratados quando não há convecção forçada.

#### Efeito da água empregada como solvente sobre o $E_{corr}$ (CUSTÓDIO, 2006)

Na Tabela 1 são apresentados os valores de  $E_{corr}$  para aço-carbono AISI 1005 imerso em água com diferentes graus de pureza na ausência e presença

de benzotriazol (BTAH) e de benzotriazol e cloreto de dodecilamônio (DAC). É importante notar que o potencial menos negativo é observado na água bidestilada, contendo menos sais do que a água da rede e menos matéria orgânica do que a água deionizada. Na presença de BTAH o mesmo comportamento é observado. Quando se adiciona o DAC, entretanto, os potenciais se igualam, dentro da precisão experimental, mostrando que o surfactante, uma macromolécula, está adsorvido na superfície da liga, sendo o maior responsável pela composição da interface, já afetada pela presença do BTAH. Em outras palavras, a presença ou ausência de impurezas orgânicas neste caso, na presença de DAC, deixou de ser importante. Também se nota o efeito inibidor anódico do BTAH.

#### Efeito de um surfactante sobre o $E_{corr}$ (VILLAMIL, 2000)

Na Tabela 2, observa-se que o dodecil sulfato de sódio (SDS), quando adicionado a uma solução naturalmente aerada de ácido sulfúrico, não afeta o  $E_{corr}$  do cobre, sugerindo um efeito desprezível sobre a composição da interface. Por outro lado, estudos realizados pelo LACIE mostram que, quando o meio é ácido clorídrico, o efeito do SDS é notável, tanto na ausência quanto na presença de BTAH.

#### Efeito da natureza do ânion e da sua concentração sobre o $E_{corr}$ (MICHELI, 1994)

Na Tabela 3 é apresentado o

**TABELA 2 – VALORES DE  $E_{CORR}$  EM mV vs ECS, PARA O COBRE EM MEIO DE  $H_2SO_4$  0,5 MOL.L<sup>-1</sup> A 25 °C NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE SDS**

[SDS] / mol.L <sup>-1</sup>	$E_{corr}$ /V vs ECS
0	-15 ± 1
1.10 <sup>-4</sup>	-16 ± 1
3.10 <sup>-4</sup>	-18 ± 2
5.10 <sup>-4</sup>	-12 ± 1
8.10 <sup>-4</sup>	-18 ± 1
1.10 <sup>-3</sup>	-16 ± 1
5.10 <sup>-3</sup>	-15 ± 1
1.10 <sup>-2</sup>	-15 ± 2

**TABELA 3 – EFEITO DA NATUREZA DO ÂNION E DA SUA CONCENTRAÇÃO PARA AÇO AISI 304 A 25 °C SOBRE OS VALORES DE  $E_{CORR}$  EM mV vs ECS**

Solução (mol/L)	$E_{corr}$
NaNO <sub>3</sub> 0,51	-74 ± 24
NaCl 0,05	-74 ± 33
NaCl 0,51	-108 ± 52
NaCl 2,0	-144 ± 49
NaCl 5,0	-156 ± 75

**TABELA 4 – VALORES DO  $E_{CORR}$  EM mV vs ECS PARA DIFERENTES LIGAS METÁLICAS EM MEIO DE NaCl 0,15 MOL.L<sup>-1</sup> A 37 °C, \*CP = COMERCIALMENTE PURO**

Material	$E_{corr}$
Ni-Cr-Mo-Ti	-200 ± 40
Au-Pt-Pd	114 ± 5
Ti cp*	12 ± 6



**TABELA 5 – COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DOS  $E_{CORR}$ , EM mV vs ECS, OBSERVADOS PARA OS REVESTIMENTOS DE TÂNTALO SOBRE COBRE EM SOLUÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO**

<i>Meio (% em massa)</i>	<i>Tântalo maciço</i>	<i>Revestimento Ta/Cu (espessura entre 18 e 25µm)</i>
HNO <sub>3</sub> 40%	764 ± 15	813 ± 6
HNO <sub>3</sub> 60%	873 ± 10	873 ± 11

efeito da concentração de íons cloreto no  $E_{corr}$  do aço inoxidável AISI 304, bem como o comportamento do sistema quando se troca cloreto por nitrato. Nota-se que quanto maior a concentração de íons cloreto, mais negativo é o potencial, mostrando que a complexação do ferro por estes íons favorece a dissolução do metal. Nota-se ainda que em meio de nitrato, por não ser um íon complexante, o  $E_{corr}$  é mais positivo do que em meio de cloreto em igual concentração.

#### **Emprego do $E_{corr}$ na caracterização de ligas aplicadas em odontologia (INADA, 2005)**

Na Tabela 4, observa-se o efeito sobre o  $E_{corr}$  da composição de ligas empregadas em odontologia (próteses sobre implante de titânio) quando imersas em solução de NaCl 0,15mol/L a 37 °C. A comparação entre valores para a liga áurica, nobre, e para a liga passivada, mostra que esta apresenta um potencial bem mais negativo, o que pode favorecer o aparecimento de corrosão galvânica.

#### **Efeito da aeração e da natureza do cátion sobre o $E_{corr}$ (ALMEIDA, 1987)**

É comum se verificar, por suas propriedades de adsorção, o efeito do ânion sobre as interfaces eletroquímicas. Por outro lado, quando a concentração do eletrólito é alta, o cátion pode afetar o valor do  $E_{corr}$ , indicando a sua presença na interface. Almeida<sup>5</sup> obteve resultados de  $E_{corr}$  para o nióbio em meios

alcalinos de NaOH e KOH, aerados e desaerados. Nestes experimentos foi mostrado que a troca do íon sódio pelo íon potássio modifica o  $E_{corr}$  da interface e que a presença do oxigênio favorece a formação do filme de óxido hidratado passivante.

#### **Emprego de medidas de $E_{corr}$ na caracterização de eletrodepósitos (PINTO, 1998)**

Pinto<sup>6</sup> estudou o eletrorevestimento de substratos metálicos com tântalo em meios de fluoretos fundidos. A caracterização eletroquímica do revestimento foi feita por comparação de potenciais de corrosão. Na Tabela 5 comparam-se os valores de  $E_{corr}$  obtidos no mesmo meio para tântalo maciço e tântalo eletrodepositado sobre cobre, com o objetivo de verificar o maior ou menor desempenho do eletrodepósito, quando se varia a composição do eletrólito.

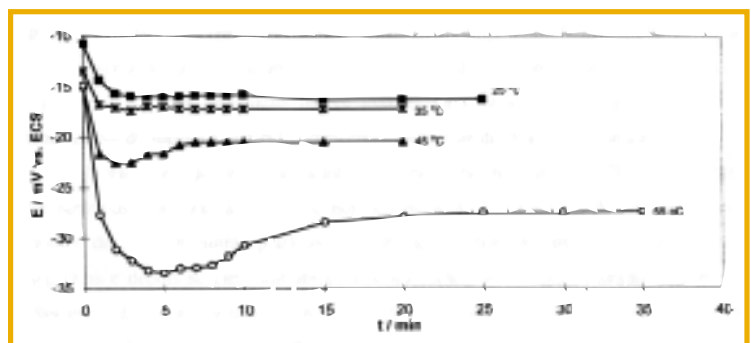
#### **Efeito da convecção forçada sobre o $E_{corr}$ (MACIEL, 1996)**

Maciel<sup>7</sup> observou o efeito da velocidade de um eletrodo de cilindro rotativo da liga cobre-níquel, 90:10, sobre o  $E_{corr}$

quando a liga está imersa em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5mol/L na ausência e presença de íons Fe(III). Foi possível provar o efeito do transporte de massa no mecanismo de oxidação da liga. Na ausência de íons Fe(III) o processo anódico, a oxidação do cobre, é controlado por transporte de massa, enquanto, em meio de Fe(III) o processo catódico é limitado por transporte de massa. Neste trabalho, Maciel adaptou ao cilindro rotativo o modelo descrito por Power et al<sup>8</sup>, para o eletrodo de disco rotativo.

#### **Efeito de um inibidor sobre o deslocamento do $E_{corr}$ (COSTA, 1987)**

Costa<sup>9</sup> observou o efeito da frequência de rotação de um eletrodo de disco rotativo de cobre e da adição do BTAH nos valores de  $E_{corr}$  da interface Cu/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5mol.L<sup>-1</sup>, Fe(III) 6,9mol/L: a elevação do  $E_{corr}$  com o aumento da frequência, através de uma dependência linear, é uma indicação de que o processo catódico é controlado por transporte de massa, tanto na ausência quanto na presença



*Figura 2 – Potencial de circuito aberto para o cobre em meio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5mol/L quando se varia a temperatura*

de BTAH. A mudança de inclinação para concentrações mais elevadas de BTAH indica a mudança de mecanismo do processo. Detalhes sobre os modelos empregados para descrever a dependência entre o  $E_{\text{corr}}$  e a frequência de rotação do disco se encontram no trabalho de Power et al<sup>8</sup>.

### Efeito da temperatura no $E_{\text{ca}}$ , (VILLAMIL, 2000)

A Figura 2 serve para ilustrar o efeito da temperatura sobre o  $E_{\text{ca}}$ . Verifica-se, qualitativamente, que o mecanismo de evolução do  $E_{\text{ca}}$  com o tempo não depende da temperatura, mas, à medida que esta se eleva, os potenciais se tornam mais negativos, um indicativo de que a superfície do cobre, exposta à solução de ácido sulfúrico, se torna mais ativa.

Neste experimento pode-se discutir o efeito da temperatura sobre a presença ou não de óxidos protetores.

### Medidas de $E_{\text{ca}}$ acopladas a curvas de polarização (VIEIRA, 2006)

Os experimentos realizados por Vieira<sup>10</sup> servem para mostrar a importância de se acoplar o acompanhamento do  $E_{\text{ca}}$  a medidas de polarização. Foi estudada uma liga odontológica Ni-Cr-Mo-Ti em que se monitorou o potencial em meio de NaCl 0,15mol/L na ausência (branco) e presença de NaF e de albumina bovina (BSA). Empregou-se o mesmo eletrodo e, sem retirá-lo da solução, foram adicionados os outros dois componentes na ordem indicada no texto.

O monitoramento do  $E_{\text{ca}}$  mostrou que o  $E_{\text{corr}}$  praticamente retorna ao valor inicial após a polarização, que os íons fluoreto deixam a superfície mais ativa e que a albumina torna os potenciais ainda mais

negativos. Pode-se discutir o efeito do fluoreto em modificar a condição passivante do óxido de cromo, bem como a ação complexante da proteína, favorecendo a dissolução da liga.

### Referências bibliográficas

1. CUSTODIO, J. V. *Viabilidade do emprego do Benzotriazol (BTAH) e do cloreto de dodecilmônio (DAC) como inibidores de corrosão para o aço-carbono em processos de hidrojetamento e na composição de tintas à base d'água*. 2006. 116p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 2006.
2. VILLAMIL, R. F. V. *Estudo espectroeletrouímico do dodecilsulfato de sódio na ausência e presença do benzotriazol nas interfaces Cu/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e Cu/HCL*. 2000. 134p. Tese de Doutorado, Instituto de Química-USP-São Paulo, 2000.
3. MICHELI, L. D. E. *Estudo comparativo da resistência à corrosão por pites dos aços inoxidáveis autênticos 254, 316 e 304 em meios de cloreto*. 1994. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 1994.
4. INADA, E. *Estudos eletroquímicos “in vitro” e “in vivo” da liga níquel-cromomolibdênio-titânio aplicada em supraestruturas de implantes orais*. 2005. 157p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Odontologia – USP, 2005.
5. ALMEIDA, S. H. *Estudo da corrosão do nióbio em meio alcalino*. 1987. 137p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 1987.
6. PINTO, D. V. B. S. *Eletrorevestimento de substratos metálicos com tântalo em meio de fluoretos fundidos; caracterização física e eletroquímica dos revestimentos*. 1998. 137p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 1998.
7. MACIEL, J. M. *Construção, caracteri-*

*zação e emprego de um eletrodo de cilindro rotativo no estudo da corrosão da liga cupro-níquel 90:10*. 1996. 133p. Tese de Doutorado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 1996.

8. POWER, G. P. E RITCHIE, I. M. *Electrochim. Acta*, 26, 1976.
9. COSTA, S. L. F. A. *Ação do inibidor benzotriazol (BTAH) na corrosão do cobre por íons Fe (III) em meios de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M e de HCL 1,0 M*. 1987. 188p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 1987.
10. VIEIRA, J. C. *Estudo de interfaces eletroquímicas envolvendo materiais metálicos de uso odontológico*. 2006. 80p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – USP – São Paulo, 2006.

---

#### Silvia Maria Leite Agostinho

Doutora em Ciências (Química) pela USP. Pesquisadora e Professora Associada do IQ-USP

#### Ruth Flávia Vera Villamil Jaimes

Doutora em Ciências (Química) pela USP. Consultora na área de corrosão. Pós-doutoranda do Department of Chemistry of University of Victoria, BC Canada.

#### Luís Gustavo Nunes Barbosa

Estudante de Engenharia de Petróleo da Escola Politécnica da USP. Bolsista Villares Metals.

Contato com os autores:  
smlagost@iq.usp.br



Silvio Tanabe

## Como fazer negócios pelo *Twitter* ?

*Depende da forma como você atua: sendo um “vendedor chato” ou entendendo de que modo funcionam as mídias sociais e como as pessoas interagem com esses canais de comunicação*

A pergunta é natural diante de tantas notícias e reportagens na imprensa sobre quem está se dando bem, principalmente no *Twitter*, a sensação do momento. E a resposta parece ser clara: quanto mais tempo você demorar para participar das redes sociais, menores serão as chances de explorar todas estas oportunidades.

Isso explica a correria das empresas em entrar nessa nova onda. Afinal, é só acompanhar algumas estatísticas: o número de usuários do *Twitter* aumentou 1600% entre julho de 2008 e 2009, sendo que os brasileiros são os que passam mais tempo “tuitando” (cerca de 41,5 minutos por mês de acordo com pesquisa da ComScore). Nas empresas, segundo estudo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NTT/URFJ), 74% dos pesquisados planejam participar das mídias sociais nos próximos 12 meses. Diante de números tão promissores, por que não tentar?

**1. Entenda como as mídias sociais funcionam** – Comunidades, *blogs* e *Twitter* possuem uma dinâmica própria, que só são compreendidas quando se faz parte delas. Portanto, antes de delegar a tarefa a terceiros, é essencial que você participe para ter uma noção mais clara sobre as regras de conduta e formas de abordagem mais apropriadas. Uma das primeiras coisas que descobrirá, por expe-

riência própria, é porque ninguém nesse meio gosta de vendas diretas.

**2. Entenda como o seu público-alvo interage** – Estude como seus clientes, consumidores ou *prospects* participam das mídias sociais. Eles a utilizam para conhecer a opinião de outras pessoas sobre o seu produto, para reclamar ou elogiar? Estão interessados em assuntos profissionais ou pessoais? Quais os sites mais frequentados (Orkut, Facebook, Sonico, MySpace, Via6, Linked In, Plaxo etc.). E se não participam, isso ocorre por falta de tempo, interesse ou dificuldade em acompanhar estas novidades? O que os motivaria a fazer parte de uma rede social?

**3. Defina a estratégia** – As etapas acima são fundamentais para o passo seguinte, definir a estratégia de atuação, que pode se dar em três níveis principais: canais relacionamento (atendimento a reclamações, esclarecimento de dúvidas, interação com clientes e consumidores), comunicação (divulgação de lançamentos ou atualizações de produtos, informações práticas) ou campanhas de fidelização (promoções exclusivas para quem participa ou segue em suas comunidades, *blogs* ou *Twitter*). Independente da escolha, é essencial atuar de forma integrada a outras iniciativas de marketing utilizadas pela empresa, sejam online (*website*, *e-mail marketing*, *links patrocinados*, *banners*) ou *offline* (anúncios, mala direta, assessoria de imprensa etc.).

**4. Crie um diferencial** – Só participar não é o bastante. É preciso participar de forma diferenciada. Seja por meio de conteúdo exclusivo, promoções especiais ou atendimento personalizado. É a melhor maneira de conquistar atenção, fidelidade do público e, principalmente, fazer com que as suas iniciativas sejam divulgadas pelos próprios participantes por meio do boca a boca.

**5. Tenha objetivos claros e mensure os resultados** – Uma das grandes vantagens do marketing digital é dispor de recursos que permitem mensurar os resultados das mais diversas formas. Use isso a seu favor, estabelecendo objetivos e metas claros para cada mídia social. Uma dica para facilitar a tarefa é canalizar as ações das mídias sociais no site da empresa. Por exemplo, em uma promoção pelo *Twitter*, faça com que os internautas tenham de visitar o site para conhecer as regras ou os prêmios.

---

**Silvio Tanabe**

Consultor da Magoweb Marketing Digital e Soluções para Internet  
Contato: [www.magoweb.com/clinicadigital](http://www.magoweb.com/clinicadigital)

## Empresas associadas à ABRACO

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

### ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.

[www.advancetintas.com.br](http://www.advancetintas.com.br)

### AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS

[www.international-pc.com/pc/](http://www.international-pc.com/pc/)

### ALCLARE REVEST. E PINTURAS LTDA.

[www.alclare.com.br](http://www.alclare.com.br)

### API SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM DUTOS LTDA.

[apidutos@hotmail.com](mailto:apidutos@hotmail.com)

### BIESOLD INTRAGÁS DO BRASIL LTDA.

[www.biesold.com](http://www.biesold.com)

### BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

[www.blaspint.com.br](http://www.blaspint.com.br)

### B BOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.

[www.bbosch.com.br](http://www.bbosch.com.br)

### CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA

[www.cepel.br](http://www.cepel.br)

### CIA. METROPOLITANO S. PAULO - METRÔ

[www.metro.sp.gov.br](http://www.metro.sp.gov.br)

### CIKEL LOGÍSTICA E SERVIÇOS LTDA.

[www.cikel.com.br](http://www.cikel.com.br)

### COMÉRCIO E INDÚSTRIA REFIATE LTDA.

[www.vpci.com.br](http://www.vpci.com.br)

### CONFAB TUBOS S/A

[www.confab.com.br](http://www.confab.com.br)

### C & Q CONSULTORIA E TREINAMENTO

[www.ceqtreinamento.com.br](http://www.ceqtreinamento.com.br)

### DEPRAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

[www.depran.com.br](http://www.depran.com.br)

### DETEN QUÍMICA S/A

[www.deten.com.br](http://www.deten.com.br)

### DOERKEN DO BRASIL ANTI-CORROSIVOS LTDA.

[www.doerken-mks.de](http://www.doerken-mks.de)

### DUPONT DO BRASIL S/A

[www.dupont.com.br](http://www.dupont.com.br)

### DUROTEC INDUSTRIAL LTDA.

[www.durotec.com.br](http://www.durotec.com.br)

### ELETRONUCLEAR S/A

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)

### EGD ENGENHARIA

[www.engedutoengenharia.com.br](http://www.engedutoengenharia.com.br)

### EQUILAM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

[www.equilam.com.br](http://www.equilam.com.br)

### FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

[www.firstfischer.com.br](http://www.firstfischer.com.br)

### FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

[www.furnas.com.br](http://www.furnas.com.br)

### GAIATEC COM. E SERV. DE AUTOM. DO BRASIL LTDA.

[www.gaiatecsistemas.com.br](http://www.gaiatecsistemas.com.br)

### G P NIQUEL DURO LTDA.

[www.grupogp.com.br](http://www.grupogp.com.br)

### HARCO DO BRASIL IMP. E EXP.

[www.harco brasil.com](http://www.harco brasil.com)

### HENKEL LTDA.

[www.henkel.com.br](http://www.henkel.com.br)

### HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.

[www.hita.com.br](http://www.hita.com.br)

### IEC INSTALAÇÕES E ENGª DE CORROSÃO LTDA.

[www.iecengenharia.com.br](http://www.iecengenharia.com.br)

### INSPEC NORPROJET INSP., CONSULT. E PROJ. LTDA.

[www.inspec.com.br](http://www.inspec.com.br)

### INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE

[www.mackenzie.com.br](http://www.mackenzie.com.br)

### INT - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

[www.int.gov.br](http://www.int.gov.br)

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

[www.jotun.com](http://www.jotun.com)

### JPI REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS

[www.polyspray.com.br](http://www.polyspray.com.br)

### MANGELS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

[www.mangels.com.br](http://www.mangels.com.br)

### MAX PINTURAS E REVESTIMENTOS LTDA.

[www.maxpinturas.com.br](http://www.maxpinturas.com.br)

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

[www.morkenbrasil.com.br](http://www.morkenbrasil.com.br)

### MTT ASELCO AUTOMAÇÃO LTDA.

[www.aselco.com.br](http://www.aselco.com.br)

### MULTIALLOY METAIS E LIGAS ESPECIAIS LTDA.

[www.multialloy.com.br](http://www.multialloy.com.br)

### NALCO BRASIL LTDA.

[www.nalco.com.br](http://www.nalco.com.br)

### NOF METAL COATINGS SOUTH AMERICA

[www.nofmetalcoatings.com](http://www.nofmetalcoatings.com)

### NOVA COATING TECNOLOGIA, COM. SERV. LTDA.

[www.novacoating.com.br](http://www.novacoating.com.br)

### PERFORTEX IND. DE RECOB. DE SUPERF. LTDA.

[www.perfortex.com.br](http://www.perfortex.com.br)

### PETROBRAS S/A - CENPES

[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)

### PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO

[www.transpetro.com.br](http://www.transpetro.com.br)

### PINTURAS YPIRANGA

[www.pinturasypiranga.com.br](http://www.pinturasypiranga.com.br)

### PPG IND. DO BRASIL TINTAS E VERNIZES

[www.ppgpmc.com.br](http://www.ppgpmc.com.br)

### PPL MANUTENÇÃO E SERVIÇOS LTDA.

[www.pplmanutencao.com.br](http://www.pplmanutencao.com.br)

### PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

[www.promarpintura.com.br](http://www.promarpintura.com.br)

### QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.

[www.tintajumbo.com.br](http://www.tintajumbo.com.br)

### RENNER HERMANN S/A

[www.rennermm.com.br](http://www.rennermm.com.br)

### RESINAR MATERIAIS COMPOSTOS

[www.resinar.com.br](http://www.resinar.com.br)

### ROXAR DO BRASIL LTDA.

[www.roxar.com](http://www.roxar.com)

### RUST ENGENHARIA LTDA.

[www.rust.com.br](http://www.rust.com.br)

### SACOR SIDEROTÉCNICA S/A

[www.sacor.com.br](http://www.sacor.com.br)

### SERPRO IND. DE PROD. QUÍMICOS LTDA.

[www.serproquimica.com.br](http://www.serproquimica.com.br)

### SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL - DIV. SUMARÉ

[www.sherwinwilliams.com.br](http://www.sherwinwilliams.com.br)

### SOCOTHERM BRASIL

[www.socotherm.com.br](http://www.socotherm.com.br)

### SOFT METAIS LTDA.

[www.softmetais.com.br](http://www.softmetais.com.br)

### SURTEC DO BRASIL LTDA.

[www.surtec.com.br](http://www.surtec.com.br)

### TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL

[www.tbg.com.br](http://www.tbg.com.br)

### TECNOFINK LTDA.

[www.tecnofink.com](http://www.tecnofink.com)

### TEC-HIDRO IND. COM. E SERVIÇOS LTDA.

[tec-hidro@tec-hidro.com.br](mailto:tec-hidro@tec-hidro.com.br)

### TECNO QUÍMICA S/A.

[www.reflex.com.br](http://www.reflex.com.br)

### TTS - TEC. TOOL SERV. E SIST. DE AUTOMAÇÃO LTDA.

[info@ttsbr.com.br](mailto:info@ttsbr.com.br)

### ULTRAJATO ANTICORROSÃO E PINT. INDUSTRIAIS

[www.ultrajato.com.br](http://www.ultrajato.com.br)

### UNICONTROL INTERNATIONAL LTDA.

[www.unicontrol.ind.br](http://www.unicontrol.ind.br)

### VCI BRASIL IND. E COM. DE EMBALAGENS LTDA.

[www.vcibrasil.com.br](http://www.vcibrasil.com.br)

### WEG INDÚSTRIAS S/A - QUÍMICA

[www.weg.com.br](http://www.weg.com.br)

### W.O. ENGENHARIA LTDA.

[www.woengenharia.com.br](http://www.woengenharia.com.br)

### ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.

[www.zerust.com.br](http://www.zerust.com.br)

### ZINCOLIGAS IND. E COM. LTDA.

[www.zincoligas.com.br](http://www.zincoligas.com.br)

# PROCESSO ALCALINO DE ZINCO NÍQUEL

## SurTec 716

### CARACTERÍSTICAS

- Três vezes mais duro que o Zn puro
- Excelente distribuição de camada
- Maior estabilidade do eletrólito
- Combina eletroquimicamente com o Al
- Alta resistência térmica até 160°C
- Sem periculosidade com fragilização por hidrogênio
- Resiste a todas substâncias hidráulicas comuns
- Não libera mais níquel metal que o aço Inox 316

### BENEFÍCIOS

- Melhor comportamento tribológico
- Ideal para peças de geometria complexa
- Processo de simples controle
- Enorme redução da corrosão por contato
- Ótimo para peças na região do motor
- Indicado para peças temperadas
- Alta resistência química
- Mínima periculosidade com dermatites



SurTec do Brasil Ltda.  
11 4334.7316 • 11 4334.7317  
centraltec@br.surtec.com  
www.surtec.com.br

**Sur  
Tec**