

# Corrosão & Proteção

**ABRACO**  
Associação Brasileira de Corrosão  
ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão



Ano 9  
Nº 43  
Set/Oct 2012

APORTE  
EDITORIAL

## ENTREVISTA

*Fernando José Gomes  
Landgraf, presidente do  
Instituto de Pesquisas  
Tecnológicas – IPT*

**CENPES**

# O BRAÇO TECNOLÓGICO DA PETROBRAS



# TINTAS NORMATIZADAS FARBEN

A Farben destaca em sua Linha de Produtos Industriais, as Tintas Normatizadas que atendem as Normas Petrobras e ANVISA. São produtos desenvolvidos seguindo os exigentes padrões de qualidade, que oferecem proteção e maior resistência, utilizados na Indústria Naval, Manutenção Industrial e Indústria Geral.

## TINTAS NORMATIZADAS PETROBRAS E ANVISA:

- N 1265/G: Tinta de Alcatrão Epóxi Poliamida
- N 2628: Tinta Epóxi de Alta Espessura
- N 2677/A: Tinta de Poliuretano Acrílico
- N 2198/D: Tinta de Aderência Epóxi Isocianato Óxido de Ferro
- N 1277/C: Tinta de Fundo Epóxi Pó de Zinco Amida Curada
- N 2630/A: Tinta Epóxi Fosfato de Zinco Alta Espessura
- ANVISA 105 Tipo I: Tinta Epóxi Sanitária



SISTEMA DE GESTÃO DA  
QUALIDADE CERTIFICADO



TINTAS  
**FARBEN**<sup>®</sup>  
EMPRESA ZANATTA

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

**Diretoria Executiva – Biênio 2011/2012**

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

*Vice-presidente*  
Eng. Rosileia Montovani – Jotun Brasil

**Diretores**  
Adauto 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. Iêda Nadja S. Montenegro – NUTEC  
Dr. José Antonio da C. P. Gomes – COPPE  
Dr. Luís Frederico P. Dick – UFRGS  
M.Sc. Neusvaldo Lira de Almeida – IPT  
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT  
Dr. Pedro de Lima Neto – UFC  
Dr. Ricardo Pereira Nogueira – Univ. Grenoble – França  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

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

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

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

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

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

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

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

**Gráfica**  
Ar Fernandez

Esta edição será distribuída em Novembro de 2012.

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



**4**

**Editorial**

*Certificação Profissional*

**6**

**Entrevista**

*Nova presidência do IPT comenta sobre suas diretrizes*

**8**

**Indústria Automotiva**

*Perspectivas para os próximos anos em tintas automotivas*

**9**

**Abraco Informa**

**10**

**Centro de Pesquisas**

*CENPES, o braço tecnológico da PETROBRAS*

**16**

**Cursos e Eventos**

**33**

**Notícias de Mercado**

**34**

**Opinião**

*Do sonho à realidade: um caminho para empreender com sucesso*



**Artigos Técnicos**

**11**

**Gestão tecnológica do monitoramento da corrosão de dutos**

*Por Ana Paula Erthal Moreira, Simone Louise D. C. Brasil e Estevão Freire*

**22**

**Camadas fosfatizadas destinadas à conformação mecânica**

*Por Zehbour Panossian e Célia A. L. dos Santos*

**26**

**Avaliação da susceptibilidade à corrosão em frestas de ligas de alta resistência à corrosão por meio de ensaios eletroquímicos**

*Por Cristiane Vargas Pecequillo, Zehbour Panossian, Renata Angelon Brunelli, Juliana Pereira Flor e Gutemberg de Souza Pimenta*

## Certificação *profissional*

**H**OJE, QUANDO A FALTA DE MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA É UM PROBLEMA CRÔNICO, A QUESTÃO DA certificação profissional é mais importante do que nunca na história recente da economia brasileira. A certificação profissional, em linhas gerais, atenta se um profissional está capacitado a exercer determinada função e/ou atividade, a partir da verificação de seu nível de especialização no desempenho do seu trabalho. Normalmente, os níveis de especialização são definidos por normas ou resoluções regidas por organismos independentes.

A situação é tão delicada que, além das empresas, o governo federal já identificou claramente que a demanda por profissionais qualificados é um gargalo contra o a competitividade da economia nacional. Um movimento para minimizar esse problema é criar instrumentos para facilitar o acesso de trabalhadores estrangeiros qualificados ao Brasil. Profissionais de setores estratégicos, como engenheiros da área petroquímica e técnicos de inovação tecnológica, terão sua entrada desburocratizada, com menor exigência de documentos e estímulos para permanência prolongada no País. O programa já tem nome “Brasil de Braços Abertos”.

“Quanto mais profissionais buscarem qualificação e certificação, melhor será para que as indústrias no Brasil tenham condições de oferecer mais oportunidades de trabalho no mercado nacional”

Voltando às especificidades do nosso setor, diversas atividades só podem ser exercidas por profissionais certificados, como é o caso do inspetor de pintura industrial. Nesse caso em particular, a ABRACO contribui de maneira decisiva. Primeiro, por oferecer o Curso de Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial – Níveis 1 e 2, a partir de um acordo firmado com o SEQUI/PETROBRAS em 1988. Nesses 44 anos de atividades, a ABRACO ministrou cerca de 120 cursos de qualificação (sem contar os *in company*) formando mais de 2.650 profissionais.

Também foi a ABRACO que estabeleceu uma sistemática para o funcionamento do Sistema Nacional de Qualificação e Certificação em Corrosão e Proteção (SNQC-CP), que estabelece critérios para a qualificação e certificação de pessoal na área de corrosão e técnicas anticorrosivas. Dessa forma, são avaliados os conhecimentos e habilidades mínimas necessárias ao profissional para exercer adequadamente função na área de corrosão e proteção.

Novas certificações serão oferecidas pela ABRACO a partir de 2013 voltadas aos profissionais com especialização em Proteção Catódica Níveis 1 e 2 e Pintores e Operadores de Jato.

Todos ganham com a iniciativa: empregadores (aumento do nível de excelência, maior produtividade, menor risco de retrabalhos e atendimento a requisitos contratuais) e profissional (atualização contínua, maior possibilidade de desenvolvimento profissional e identificação de pontos de melhoria).

A certificação de Inspectores de Pintura Industrial é realizada no âmbito do SNQC-CP, conforme a norma ABNT NBR 15218, que pode ser adquirida na ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, que é o órgão responsável pela comercialização das normas brasileiras: [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br).

Essa é uma das contribuições da ABRACO para a capacitação e melhoria contínua dos profissionais brasileiros. Quanto mais profissionais buscarem a qualificação e certificação melhor será o ambiente competitivo para que as indústrias estabelecidas no Brasil tenham condições de superar obstáculos e oferecem mais oportunidades de trabalho no mercado nacional (*veja outras novidades na página 9 desta edição*).

CENPES – Prestes a completar 40 anos, o Centro de Tecnologia da PETROBRAS, uma das instituições mais renomadas do país, é destaque nesta edição da **Revista Corrosão & Proteção**.

A reportagem traz um raio X completo da instituição, com particular destaque para as ações relacionadas ao tema corrosão e proteção.

Boa Leitura!

Os editores

# DOSAGEM AUTOMÁTICA PERSONALIZADA

## SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA LINHA DE PRÉ-TRATAMENTO DE PINTURA VERTICAL



- Personalização de *layout* de acordo com cada planta;
- Controle automático de pH, concentração, temperatura e outros;
- Acesso remoto para monitoramento com possibilidade de alteração de configurações;
- Software multiusuário;
- Controle de falhas e alarmes, armazenagem de histórico.



**Tecnologia italiana**



**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



## Nova presidência do IPT *comenta* sobre suas diretrizes

*Novo presidente do IPT, Fernando Landgraf, quer aumentar o impacto e a relevância do Instituto, agora e no futuro*

**F**ernando José Gomes Landgraf assumiu a presidência do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) no dia 27 de agosto de 2012. Landgraf possui graduação em Engenharia Metalúrgica pelo Centro Universitário da FEI (1976), mestrado em Engenharia Metalúrgica pela Escola Politécnica (1987), doutorado em Engenharia Metalúrgica pela Escola Politécnica (1992) e Livre-Docência pela mesma instituição (2007). Trabalhou por 29 anos no IPT e atualmente é professor associado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Antes de assumir o atual cargo, Landgraf era Diretor de Inovação do IPT, posto que vinha exercendo desde julho de 2009. Acompanhe entrevista com o novo presidente do IPT.

### Quais as principais diretrizes da nova gestão do IPT?

**Landgraf** – *Nosso objetivo é aumentar o impacto e a relevância do IPT, agora e no futuro. Temos que aumentá-lo hoje e planejá-lo para o futuro. Esse objetivo traz uma série de implicações. Uma questão importante é como medir isso, então, esse vai ser um dos desafios de curto prazo. Nós desenvolveremos com o apoio de especialistas no assunto, uma metodologia para medir o impacto de uma instituição*

*como o IPT, considerando os benefícios proporcionados à sociedade e à indústria.*

### Mas já existe uma ideia de como será essa metodologia?

**Landgraf** – *Ao falar em medir, refiro-me à nossa capacidade de avaliar, em reais por ano, de maneira que a gente possa ter uma medida da relação entre o que o governo investe no IPT e o retorno disso para a sociedade, em reais. Isso é um desafio importante porque a metodologia para ter essa medida não está dada e por enquanto nem é consensual, portanto, é algo a ser criado. Mais difícil ainda é medir o benefício do IPT para a sociedade, nós sabemos que ele existe e é expressivo. Além da perspectiva quantitativa do impacto, nós temos que levar em consideração a dimensão qualitativa desse benefício se quisermos perseguir o objetivo de dar visibilidade da relevância do IPT para a sociedade.*

### Como o IPT está atuando na área de Corrosão e Proteção?

**Landgraf** – *O IPT realiza um trabalho de excelência nessa área, voltado a prolongar a vida útil dos materiais em suas mais diversas aplicações de engenharia, envolvendo os setores de infraestrutura, petróleo e gás, entre outros. O Laboratório de Corrosão e Proteção rece-*

*beu um investimento de R\$ 11,8 milhões da PETROBRAS em 2009, foi completamente remodelado e modernizado, tornando-se referência para a América Latina. Então, a ideia é manter esse trabalho de excelência, que tem projetos estratégicos para a manutenção de ativos de empresas, sobretudo nos setores petroquímico e de energia, que nos últimos anos demandaram cerca de 50 projetos relacionados à corrosão. Mas empresas de outros setores também nos procuram para que nossos pesquisadores e técnicos identifiquem causas de corrosão em estruturas e equipamentos de um modo geral. Além disso, mantemos mais de 50 ensaios de caracterização de materiais metálicos e orgânicos, que dão subsídios importantes para projetos de proteção, e também estamos avançando em pesquisas que envolvem nanotecnologia e proteção. Portanto, essa é uma área que é estratégica para a atuação do IPT.*

### Como podemos observar, essa é uma área estratégica para a atuação do IPT. Quais os principais projetos que serão conduzidos nesta gestão?

**Landgraf** – *São vários, porém o mais importante projeto que será conduzido nesta gestão é o de uma planta piloto de gaseificação de biomassa, que viabilizará a produção de etanol de segunda gera-*

ção e outros produtos a partir da palha e do bagaço de cana-de-açúcar. O projeto abre a possibilidade de nos prepararmos para o futuro com mais fontes de energias renováveis, fazendo frente aos aumentos do preço do petróleo no mercado internacional. A sustentabilidade depende de quatro pilares: ambiental, econômico, social e político, e o projeto reflete o nosso empenho nessas questões.

### **E qual será a capacidade de processamento dessa planta?**

**Landgraf** – A planta industrial de gaseificação terá capacidade de processar 400 mil toneladas anuais. Isso equivale à metade do bagaço e palha gerados por uma usina típica nos dias de hoje, que faz a moagem de quatro milhões de toneladas de cana. Segundo a nossa projeção, baseada nos 5 % anuais de taxa de crescimento do setor sucroalcooleiro nos últimos 20 anos, 140 novas usinas serão implantadas na próxima década. É nesse universo que estamos focando: as novas usinas, as greenfields da década de 2020.

### **Qual o aporte financeiro destinado para esse projeto?**

**Landgraf** – De R\$ 80 milhões na primeira fase e está em negociação com um grupo de empresas há três anos. A planta piloto será construída no Parque Tecnológico de Piracicaba e terá como parceiros a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP) e empresas como Oxiteno, Raizen (joint venture de Cosan e Shell), PETROBRAS e VSE (Vale Soluções em Energia). O projeto também contará com participação do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e Rede Nacional de Com-bustão.

### **Quantos pesquisadores estão**



### **envolvidos com o projeto da planta de gaseificação?**

**Landgraf** – O trabalho está envolvendo 22 pesquisadores do Instituto, que atuam distribuídos em 13 diferentes etapas do projeto, desde a concepção de engenharia civil (pré-projeto) do laboratório até a análise da viabilidade técnica e econômica de plantas industriais.

### **Ainda sobre energias renováveis, qual a importância do novo Laboratório de Simulador Solar e o Forno de Solidificação Direcional de Silício Grau Solar?**

**Landgraf** – O simulador solar representa um apoio importante para a indústria produzir coletores para aquecimento de água que sejam mais eficientes e de acordo com os novos parâmetros de certificação que estão sendo desenvolvidos pelo Inmetro e representantes dos fabricantes. Já o forno de solidificação direcional de silício vai ajudar a criar uma base de produção de silício grau solar, que é matéria-prima dos coletores solares fotovoltaicos para captação de energia. Caso o IPT consiga, até dezembro de 2013, produzir silício adequado para células solares, a nossa parceira industrial mineira, a Minasligas,

poderá passar de exportadora de silício metalúrgico, a três dólares por quilo, para exportadora de silício grau solar, a 30 dólares por quilo. Em 12 anos o mercado mundial de silício grau solar cresceu cem vezes, de 5 mil toneladas por ano para 500 mil toneladas por ano.

### **Em agosto, o IPT apresentou o primeiro Laboratório de Bionomanufatura da América Latina, quais as principais perspectivas do Instituto neste campo?**

**Landgraf** – O novo núcleo recebeu investimento de R\$ 46 milhões do Governo do Estado. O centro, com oito mil metros quadrados, é destinado ao estudo de biotecnologia, tecnologia de partículas, micromanufatura de equipamentos e metrologia de ultraprecisão, áreas estratégicas para o crescimento da indústria. O núcleo será referência para gerar inovação na indústria e conta com o apoio da Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), que está investindo R\$ 30 milhões no fomento em uma estrutura tripartite de inovação que conta também com a infraestrutura e o conhecimento do novo núcleo do IPT e a contrapartida da indústria que será beneficiada pela inovação.

# Perspectivas para os próximos anos em *tintas* automotivas

*As montadoras devem investir entre 2013 a 2017 cerca de US\$ 30 bilhões, onde US\$ 5 bilhões já foram alocados em novas fábricas de automóveis*



Por Nilo  
Martire Neto

O Brasil já é o quarto maior mercado consumidor de veículos e o sétimo maior fabricante do mundo, com uma produção anual de 3,5 milhões de automóveis e chegará com os investimentos projetados para os próximos cinco anos previstos no recente regime automotivo, a 5,5 milhões de unidades/ano. A relação habitante/automóvel no Brasil é de 6,5/1 enquanto que nos Estados Unidos esta relação é de 1,2/1 já na China, esta relação é de 11/1. Estes números mostram para onde a indústria automotiva está direcionada, havendo assim, ainda muito espaço em nossa terra a ser explorado.

As montadoras deverão investir 0,5 % do seu faturamento em P&D, atingindo 1,5 % em 2015 mantendo-o até 2017. Além destes investimentos, cerca de 1 % de suas receitas deverão dirigir-se também para a melhoria em engenharia de produção.

As pesquisas deverão ser orientadas para produtos “verdes” reduzindo o consumo de combustíveis em 12 % ou seja, a fim de obter uma autonomia até 2017 de 17,6 km/l com gasolina e 11,96 km/l para álcool.

O plano do governo é também o de ver aumentar gradualmente até 2017, o conteúdo de peças nacionais dos atuais 45 % para 70 %. As montadoras devem investir entre 2013 a 2017 cerca de US\$ 30 bilhões, onde US\$ 5 bilhões já foram alocados em novas fábricas de automóveis que estão sendo construídas em nosso território, além de mais US\$ 3,5 bilhões que serão inves-

tidos em fabricas de caminhões.

Quanto ao segmento de químico e em especial o de tintas, a tendência é para produtos de menor agressão ao meio ambiente, com aumento do desempenho estético e funcional, além da redução do custo da peça pintada.

Desta forma os novos materiais e processos de pintura automotiva original (OEM) apresentam maior rendimento por litro de material, além de menor consumo energético.

O processo de pintura de uma carroceria automotiva é, como todos nós sabemos, composto de um pré-tratamento seguido de um fundo anticorrosivo (*E-Coat*) e acabamento final, que proporciona ao produto, cor, desempenho e aparência.

Os novos processos de pré-tratamento vêm sendo direcionados do tradicional fosfato de zinco, para os revestimentos nanocerâmicos. Estes novos materiais consomem menos produtos químicos, água, espaço fabril e energia, atendendo as especificações das montadoras no quesito de proteção.

Quanto ao fundo anticorrosivo, também conhecido com *Primer* Eletroforético Catódico, material este que por imersão e aplicação elétrica envolve toda a parte metálica de uma carroceria automotiva através de um filme de tinta homogêneo e de alta resistência, também apresenta novos desenvolvimentos.

O novo material tem maior eficiência de deposição, reduzindo as diferenças de espessura da parte interna e externa em cerca

de 30 %. Com isto há uma redução de consumo de tinta através de uma melhor distribuição de material sobre a carroceria do veículo. Os novos materiais apresentam também um custo operacional menor, consumindo menos insumos como água e energia.

Com as já conhecidas vantagens dos “base água”, a tendência mundial é para o uso destas tecnologias em fundos preparadores e bases coloridas. Já os vernizes continuam ser a base de solventes orgânicos, utilizando tecnologias mais modernas à base de poliuretanos catalizados.

A grande novidade na pintura automotiva é o sistema conhecido como *3Wet*, ou *EcoConcept*, o qual elimina o uso do fundo preparador, também conhecido como *Surfacer*.

Desta forma, aplica-se diretamente sobre o *E-Coat*, duas camadas da base pigmentada (*Base Coat*) e logo em seguida o filme de verniz (*Clear Coat*), curando as três demãos de tinta em uma única vez em estufa, por 30 minutos a 1400 °C.

As vantagens são na economia de espaço físico da instalação de pintura, com redução em cerca de 12 % em investimento. Também haverá uma importante redução no custo de tinta, tratamento de resíduos, energia, de voláteis orgânicos e emissão de CO<sub>2</sub>.

**Nilo Martire Neto**

*Eritram Paint Consultancy*

Contato:

*nilo.martire@uol.com.br*

## ABRACO anuncia a IMO PSPC

A Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO anunciou mais uma legislação conhecida como IMO PSPC (*Performance Standard for Protective Coatings*), que estabelece padrões rígidos para controle para registro de processo, preparação de superfície e pintura para proteção anticorrosiva de tanques de lastro dedicados para todos os tipos de navios, iguais ou acima de 500 toneladas (bruta) e espaços vazios de navios cargueiros ou tanqueiros (carga líquida) ou graneleiros (carga seca) de casco duplo igual ou acima de 150 metros de comprimento.

Segunda a diretora técnica da Jotun Brasil e vice-presidente da ABRACO Rosileia Mantovani, esta norma se aplica nas seguintes condições: para os contratos assinados em/ou após 01/07/08; na ausência do contrato de construção, os batimentos de quilhas aos quais estejam numa condição similar ao estágio e construção em/ou após 01/01/09; nas entregas efetuadas em/ou após 01/07/12; e nos projetos em atraso (se inicialmente não estava previsto, mas se houver atraso na entrega, deverá atender à IMO PSPC). “Esta legislação prevê uma expectativa de durabilidade de 15 anos nas áreas citadas anteriormente”.

“A habilidade do sistema de pintura em promover esta durabilidade depende do tipo do sistema de pintura, preparação da superfície (aço), aplicação e inspeção da pintura. Todos estes aspectos contribuem para o bom desempenho do sistema de pintura. A inspeção da preparação da superfície e processo de pintura devem ser acordados entre o armador, estaleiro e fabricante de tinta. Para assegurar o cumprimento desta norma, foi estabelecido que toda a inspeção deverá ser conduzida por inspetor de pintura com no mínimo as certificações: NACE Nível 2, FROSIO Nível 3 ou EQUIVALENTE”, revela Rosileia.

Em sua opinião, esta legislação é importante porque afeta os armadores, estaleiros e fabricantes de tintas. “Os armadores são responsáveis por selecionar os sistemas de pintura pré-aprovados e que atendem às exigências da legislação. Os fabricantes de tintas são responsáveis por testarem e obterem aprovações em todos os ensaios com seus produtos e fornecer de acordo com os requisitos da legislação. Em relação aos estaleiros, é muito importante ressaltar que eles são os responsáveis não só por executar como também de documentar todo o processo de preparação de superfície e aplicação da tinta durante a construção do navio. Esta documentação se chama *Coating Technical File* (Arquivo Técnico de Pintura) e é fornecida pelo estaleiro ao armador na entrega do navio”, esclarece Rosileia.

“As principais questões que afetam o estaleiro são em relação ao cumprimento dos requerimentos do armador e instruções do fabricante de tinta, em relação ao preparo da superfície e aplicação do sistema de pintura. Sendo assim, todo o inspetor que for acompanhar este tipo de obra (que atenda à IMO PSPC), seja ele por parte do armador, do estaleiro ou do fabricante de tinta, deverá ser qualificado em uma das três instituições / níveis (NACE 2, FROSIO 3 ou equivalente)”, explica a diretora de Jotun Brasil.

Rosileia disse que este curso serve para qualificar os inspetores que deverão acompanhar obras que devam atender à legislação IMO PSPC. “O curso aborda todas as exigências e respectivos procedimentos de execução durante a inspeção. Visando a formação de profissionais qualificados, a ABRACO é um dos melhores centros de excelência em treinamento. Todos os cursos são ministrados por instrutores com larga experiência acadêmica e ampla vivência profissional proporcionada pela atuação cotidiana em grandes projetos de âmbito nacional e internacional. A ABRACO tem como objetivo alcançar equivalência com outros cursos de outras instituições reconhecidas mundialmente (NACE, FROSIO etc.) e veio com o intuito de ser uma instituição equivalente e capacitada em qualificar inspetores para a IMO PSPC”.

Com isto, após comparação dos conteúdos programáticos (NACE/FROSIO/ABRACO) e posterior auditoria, a sociedade classificadora *Lloyds Register* certificou o curso da ABRACO ao atendimento à IMO PSPC.

O curso é todo ministrado em português, fato que a ABRACO e muitos profissionais reconhecem como uma vantagem no entendimento do conteúdo programático. Por ser uma associação brasileira, é importante inclusive ressaltar que esta conquista é muito importante para o País.

Vale ressaltar que a ABRACO fez uma cerimônia para o anúncio da nova legislação em sua sede e contou com a presença de profissionais do setor de tintas, empresas, armadores, estaleiros entre outros convidados.



# CENPES, o braço *tecnológico* da PETROBRAS

*Prestes a completar 50 anos, o CENPES é responsável pela função tecnologia da PETROBRAS, coordenando e gerenciando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento da companhia*

*Por Alberto Paz*

Como maior empresa brasileira e uma das principais do mundo nas áreas onde atua, a PETROBRAS tem uma visão clara da relevância da inovação para o seu negócio. Reconhecida internacionalmente por sua trajetória de conquistas, a empresa se posiciona hoje como uma das mais inovadoras no setor petrolífero e de energia do mundo. Como relatou a presidente da PETROBRAS, Maria das Graças Foster, no texto de abertura do mais recente Relatório Tecnologia PETROBRAS, “a capacidade da empresa está além da criação de soluções para os desafios impostos pelo mercado. Procuramos antecipar cenários, expandir fronteiras no uso de fontes de energia, diversificar a geração energética com novas matérias-primas e produtos, primando sempre pela sustentabilidade na produção e consumo de energia. E, para isso, a inovação tecnológica é fundamental”.

No documento, Graça Foster relata ainda que o desempenho em inovação resulta, em grande parte, de investimentos significativos em desenvolvimento tecnológico e na qualificação técnica realizados ao longo da história da companhia. E informa que em 2011 a PETROBRAS aplicou US\$ 1,5 bilhão em P&D, um aumento de 47 % em relação a 2010.

“Além de impulsionar os resultados da própria PETROBRAS, os investimentos e esforços dedicados à tecnologia alavancam toda a cadeia da indústria de óleo, gás e biocombustíveis. Investimos em nossa capacidade interna de pesquisa e, paralelamente, mantemos intenso e produtivo intercâmbio com o ambiente externo, atuando em cooperação com instituições, universidades e empresas fornecedoras brasileiras e estrangeiras, que também se destacam pela capacidade de inovar. A atuação em redes permite um crescimento conjunto, em prol do desenvolvimento de conteúdo local para essa nossa indústria, que amplia sua qualificação para prover, com crescente excelência, bens e serviços demandados pelo setor, com segurança, agilidade e eficiência”, finaliza Graça Foster.

A PETROBRAS conta em sua estrutura interna com um dos mais respeitados e produtivos centros de pesquisas mundiais – o CENPES (Centro de Pesquisas da PETROBRAS – Leopoldo Américo Miguez de Mello), o gestor da função tecnologia na empresa, responsável pela coordenação das atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia básica na companhia e também pela articulação com parceiros para o desenvolvimento tecnológico. Respondendo diretamente à Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Materiais, o CENPES ocupa uma área total de 300 mil metros quadrados na Ilha do Fundão, na cidade do Rio de Janeiro, e conta com mais de 1.800 profissionais, dos quais 70 % exclusivamente dedicados à pesquisa e desenvolvimento. Além disso, coordena as Redes Temáticas (veja mais na página 12) e uma série de parcerias estratégicas com outras instituições de ensino nacionais e internacionais e também com empresas.

## A criação do CENPES

Os resultados alcançados pela PETROBRAS ao longo da história não seriam possíveis sem um aporte financeiro contínuo e uma estrutura bem definida em pesquisa e desenvolvimento, focada em atender às necessidades da empresa em seus diversos momentos históricos. Desde sua fundação, em 1953, a companhia mantém uma estratégia tecnológica constantemente renovada e adaptada ao contexto histórico nacional e às metas da empresa.

Até meados dos anos de 1970, a implantação de refino foi o principal direcionador das atividades de P&D. Nesse período, o Brasil era grande importador de petróleo e o grande objetivo era fomentar a capacidade nacional de processamento e produção de combustíveis para abastecer o mercado interno. A PETROBRAS precisava conhecer e assimilar as tecnologias de refino existentes no mundo, para depois aprimorá-las para o contexto nacional. Nesse período de grande ênfase na formação de recursos humanos qualificados para essa indústria foi criado, em 1963, o CENPES.

Essa etapa voltada quase exclusivamente ao refino tem uma mudança de foco quando, em 1974, o campo de Garoupa abre uma nova fronteira com a exploração da Bacia de Campos e dá início a uma série de descobertas dos primeiros campos gigantes em alto-mar. Essa província petrolífera mudou o cenário da indústria de óleo e gás no Brasil e fez com que a PETROBRAS

## Redes Temáticas

*Criada em 2006, as Redes Temáticas são um modelo de parceria tecnológica que prevê a formação de redes colaborativas. A concepção desse modelo foi coordenada pelo CENPES, a partir da identificação de temas estratégicos nas áreas de petróleo e gás, e para cada tema selecionado formou-se uma rede com instituições espalhadas pelo Brasil. Os projetos relacionados à área de corrosão, por exemplo, estão no âmbito do tema Tecnologia de Materiais e Controle de Corrosão, cujo objetivo é elaborar projetos em P&D na área e desenvolver recursos humanos e infraestrutura, quando necessário.*

*As Redes Temáticas atendem a uma diretriz da ANP – Agência Nacional de Petróleo, que regulamentou a cláusula dos contratos de concessão. Pelo regulamento, 1 % da receita bruta dos campos petrolíferos sujeitos à participação especial (grande produção ou lucratividade) deve ser destinado à pesquisa e desenvolvimento. Desse total, até metade pode ser aplicado em pesquisa internas e o restante em instituições externas credenciadas pela ANP.*

*Essas parcerias são geridas pelo CENPES e têm como característica principal gerar resultados positivos para todos os participantes: a universidade ou instituto – que se credencia a ter melhor infraestrutura e, dessa forma, gerar conhecimento de ponta; os alunos – que têm acesso ao material laboratorial e de recursos humanos de alta qualidade, gerando um ambiente propício ao desenvolvimento; ao segmento de petróleo e gás – visto que o processo qualifica recursos humanos para o segmento; a PETROBRAS – visto que as pesquisas vão atender demandas da empresa; e ao Brasil – que tem hoje um parque de pesquisa melhor estruturado e um ambiente para a qualificação de profissionais.*

modificasse significativamente sua estratégia de inovação, pois não era mais possível aprender apenas com o que já havia sido feito no exterior.

Os desafios para o desenvolvimento destes campos eram inéditos e seria necessário desenvolver novas tecnologias para viabilizar a então planejada produção em alto-mar, em águas cada vez mais profundas. O CENPES passa a se estruturar para atender a essa nova demanda e procura estabelecer parceiros onde a competência estivesse, dentro e fora do Brasil.

Depois da fase de refino e de exploração em alto-mar, a “terceira grande onda” de demandas da PETROBRAS tem início com a descoberta do campo de Lula, em 2006, e a consequente confirmação de uma nova fronteira exploratória, com força para elevar a indústria do óleo e gás no Brasil a um novo patamar, o pré-sal. Com a larga experiência prévia em águas profundas, a companhia já tem grande domínio sobre as soluções tecnológicas para este cenário e acumula extenso conhecimento necessário para desenvolver a produção

nesta nova província. Porém, dada a escala destas reservas, é sabido que até mesmo os menores aprimoramentos nos processos e tecnologias podem gerar significativa redução de custos e ganhos em eficiência, e aí entra novamente a atuação eficaz do CENPES para potencializar resultados dessa nova fronteira exploratória.

O pré-sal constitui uma grande oportunidade de mercado para o desenvolvimento de uma nova geração de tecnologias de produção de óleo e gás em alto-mar. Tendo em vista esse cenário a estratégia tecnológica da PETROBRAS foi reestruturada e assentada em três pilares fundamentais: pessoas com excelente qualificação, recursos financeiros de porte adequado aos desafios e laboratórios e infraestrutura experimental de ponta. Esses três pilares se materializam tanto por meio dos recursos próprios da PETROBRAS, como pela rede de parcerias formada com universidades e fornecedores. E o CENPES que é o gestor dessa função tecnológica, responsável por atender as demandas e oportunidades surgidas com o pré-sal.

### Números superlativos

Os números do CENPES são superlativos para um centro tecnológico, porém perfeitamente compatíveis e necessários em função da envergadura da PETROBRAS e sua função estratégica. Atualmente, o CENPES conta com 1.814 empregados, dos quais 70 % são exclusivamente dedicados à P&D. O perfil destes profissionais é de alta qualificação: entre os pesquisadores, 24 % possuem título de doutorado e 43 % de mestrado. No Centro de Pesquisas atuam ainda 314 engenheiros dedicados às atividades de engenharia básica da PETROBRAS, responsáveis pelos primeiros estágios dos projetos de grandes empreendimentos. Este arranjo aproxima os projetistas dos pesquisadores, facilitando a aplicação de inovações tecnológicas nos projetos de engenharia da companhia.

Este efetivo de profissionais dedicados às atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia é apenas parte da grande rede formada pelas parcerias tecnológicas, que ampliam significativamente a capacidade de desenvolvimento da companhia e do Brasil. Um estu-

## P&D e o tema corrosão

### ***Cromo 17 é aprovado para utilização nos campos do pré-sal***

*Após estudos da PETROBRAS confirmarem o potencial do aço inoxidável Cromo 17 para revestimentos de poços e colunas de produção do pré-sal, por sua resistência à corrosão em ambientes com elevado teor de contaminantes, foram produzidos tubos desse material em vários diâmetros para comprovar a viabilidade técnica do processo de fabricação do produto em escala comercial pela siderúrgica japonesa JFE Steel Corporation. Ao longo de 2011, foram realizados ensaios mecânicos nestes tubos, que permitiram a aprovação do uso do Cr<sub>17</sub> pela PETROBRAS em seus projetos de poços. Além da elevada resistência à corrosão, o novo material apresenta custo até 30 % inferior ao do SuperDuplex, solução mais utilizada nos testes de corrosão com outros materiais também alternativos ao SuperDuplex, em desenvolvimento por empresas brasileiras.*

### ***Testes com SuperCromo 13 garantem redução de custos com metalurgia de poços em Cernambi, no pré-sal da Bacia de Santos***

*Os resultados demonstraram que o uso de Aço Supermartensítico (SuperCromo 13), em condições de baixos teores de contaminantes (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S), em materiais para colunas de produção e revestimento não apresenta risco à integridade do poço no campo de Cernambi. Com isso, prevê-se que o custo de poços, apenas no primeiro módulo de Cernambi, se reduza em R\$ 40 milhões, além da diminuição do prazo de fornecimento. Esse material vem substituir a utilização atual do Aço Inoxidável SuperDuplex, convencionalmente aplicado em condições de alta corrosão.*

### ***Concluída a primeira inspeção com pig de ultrassom – tecnologia 100 % nacional***

*Em novembro de 2011, foi concluída a primeira inspeção em dois dutos da Transpetro em Cubatão (SP), com o protótipo de pig de ultrassom para inspeção e controle da integridade de dutos. Esta inspeção, realizada após testes em escala real, no Centro de Tecnologia de Dutos (CTDUT), comprova o funcionamento do pig, desenvolvido em parceria com a PUC – Rio e a USP, capaz de atuar de forma autônoma (sem intervenção humana consistente) e sem cabo umbilical, permitindo a inspeção em dutos de longos trechos (até 200 km). A Petrobras viabiliza assim uma alternativa tecnológica nacional, diminuindo os custos em cerca de US\$ 200 mil/duto do serviço importado de inspeção de dutos, além de flexibilizar sua operação na inspeção de outros acessórios submarinos, como amarras de plataformas e manifolds. A tecnologia já foi licenciada pela empresa nacional Pipeway.*

### ***Novos materiais nanocompósitos para revestimento e junção de dutos e risers testados em laboratórios***

*Produzidos a partir de nanotubos de carbono, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), os nanocompósitos, baseados em poliuretanos, apresentaram grande potencial de aplicação para revestimento e junção de dutos e risers com bom desempenho mecânico. A PETROBRAS e a universidade estão em processo de negociação com possíveis fornecedores para realizar um aumento de escala de produção dos nanocompósitos, visando a um teste em campo no primeiro semestre de 2013.*

### ***Tubos com liner metálico são qualificados para uso em risers e dutos submarinos de metalurgia especial***

*A nova solução, possível graças à extensa avaliação de fadiga de material, propicia a redução de 60 % nos custos de fabricação de risers em relação à solução convencional de tubos cladeados. Os ensaios por ressonância atingiram a classe E de resistência à fadiga da classificadora DNV, superando de forma significativa os requisitos para aplicação em dutos submarinos (classe F1). Serão realizados novos ensaios, replicando o processo de enrolamento e desenrolamento dos tubos de carretel, método que será utilizado para instalação dos risers. A solução será aplicada aos pilotos do pré-sal de Sapinhoá e Lula Nordeste.*

do recente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) estimou que, para cada pesquisador do CENPES, existem cerca de 18 externos, nas universidades, parceiros e fornecedores. Ao considerar apenas as universidades e institutos de pesquisa brasileiros, a estimativa é de que para cada pesquisador interno existam cerca de 15 externos trabalhando em projetos de P&D associados à superação dos desafios tecnológicos da companhia.

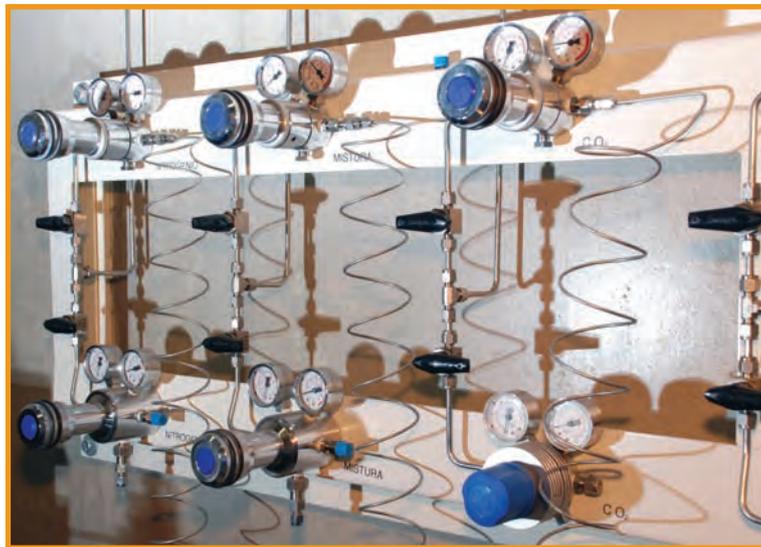
Quanto à infraestrutura, o CENPES possui uma das maiores e

mais avançadas instalações de pesquisa do mundo. O complexo conta com plantas experimentais, laboratórios sofisticados e um Núcleo de Visualização e Colaboração, voltado para a simulação, interatividade e imersão em diversos processos da

indústria de energia. Além das instalações no Rio de Janeiro, o CENPES conta com cinco núcleos experimentais (Fortaleza – CE, Aracaju – SE, Miranga – BA, Taquipe – BA e em São Mateus do Sul – RS) que, localizados próximos às áreas de negócio afins, realizam testes em escala semi-industrial, etapa fundamental para o escalonamento da tecnologia e sua futura disponibilização para uso da PETROBRAS.

A infraestrutura voltada para pesquisa não fica restrita aos muros da empresa. E um grande exemplo foi a criação, em 2006, das Redes Temáticas – modelo que fomentou o aumento de parcerias entre a PETROBRAS e as universidades e institutos de pesquisa brasileiros, e que permitiu que o valor investido em infraestrutura laboratorial crescesse de forma consistente. Apenas, em 2011, foram investidos R\$ 77 milhões em 24 laboratórios inaugurados ou ampliados nas universidades e institutos de pesquisa (recursos usados para a construção e/ou aquisição de equipamentos), entre eles o Laboratório de Corrosão da Universidade Federal do Ceará – UFC, integrante da Rede de Tecnologia de Materiais e Controle de Corrosão, que consumiu investimentos de R\$ 2,7 milhões. Com cerca de 1,5 mil metros quadrados, o laboratório será dedicado ao estudo da corrosão em equipamentos e estruturas metálicas e será ponto de apoio importante para as atividades da PETROBRAS na Região Nordeste.

Outro ponto que pode gerar novas parcerias é o interesse crescente de fornecedores globais do setor de petróleo e gás de se instalar no Parque Tecnológico do Rio, muito próximo do CENPES. Atraídas pelo cenário de grandes oportunidades proporcionadas pelas reservas do pré-



*Laboratório de Ensaio Não Destrutivo, Corrosão e Soldagem – LNDC da UFRJ*

sal, algumas das maiores empresas dessa indústria decidiram instalar no Brasil não apenas suas unidades industriais, mas também centros cativos de pesquisa e plantas experimentais, para desenvolver aqui – em parceria com a PETROBRAS/CENPES e instituições brasileiras de ciência e tecnologia – novas soluções tecnológicas.

### **P&D em corrosão**

Um dos temas mais complexos na atividade da PETROBRAS são as práticas de proteção anticorrosiva, que merecem destaque nos projetos do CENPES. São quatro laboratórios dedicados na planta do Rio de Janeiro (Corrosão 1, Corrosão 2, Autoclaves e Alta Pressão e de Revestimentos – veja box “Perfil dos laboratórios de corrosão do CENPES”), que em conjunto ocupam mais de 300 metros quadrados. No total, o CENPES conta com 48 pesquisadores de nível superior e outros 19 técnicos de laboratório de nível médio dedicados em tempo integral à área de corrosão.

Apenas o valor contratado junto a instituições de P&D e relacionado à corrosão, entre os anos de 2006 e 2012, ultrapassou a casa dos R\$ 188 milhões, principalmente para a consolidação de infraestrutura necessária para pesquisas sobre os fenômenos físico-químicos apresentados na área do pré-sal. Foram 27 convênios no valor de R\$ 149,7 milhões para investimentos em infraestrutura e 11 convênios no valor de R\$ 38,5 milhões para P&D.

Os principais assuntos focados pelo CENPES são: Análise de Falhas; Corrosão por Fadiga; Corrosão Microbiológica; Corrosão Naftênica; Corrosão sob Tensão; Corrosão por H<sub>2</sub>S e/ou CO<sub>2</sub>; Degradação e Seleção de Materiais Não-Metálicos; Inibidores de Corrosão; Monitoração e gerenciamento da Corrosão; Revestimentos Metálicos; Revestimentos Orgânicos; Seleção de Materiais Metálicos; e Seleção de Meios Corrosivos menos Agressivos.

Além disso, o CENPES conta com uma rede de relacionamento com universidades e instituições de pesquisa na área de corrosão, dividida basicamente em duas frentes: a Rede de Tecnologia de Materiais e Controle da Corrosão e a Rede Multitarefa de Materiais Especiais – REMULT.

A Rede de Tecnologia de Materiais e Controle da Corrosão é com-

posta por 14 universidades, sendo cinco relacionadas ao tema corrosão (Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Ceará e Universidade Estadual Norte Fluminense) e dois institutos de pesquisas (Instituto Nacional de Tecnologia e Instituto de Pesquisas Tecnológicas) localizados nas diversas regiões do país. Já a REMULT é composta pelas Universidades Federais da Bahia, Pernambuco, Ceará, Pará, Paraíba e Campina Grande.

Todas as instituições prestam serviços relevantes para a PETROBRAS, sendo que algumas delas se destacam forjando parcerias específicas em algumas áreas do conhecimento, como é o caso da Universidade Federal de Uberlândia (Desgaste e Corrosão-Erosão), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Corrosão e permeação de risers flexíveis), Instituto Nacional de Tecnologia (Biocorrosão e Corrosão por H<sub>2</sub>S), IPT-SP (Corrosão em Biocombustíveis, Pesquisas em Revestimentos e Corrosão em dutos terrestres), Laboratório de Ensaios Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem – LNDC da UFRJ (Corrosão por gases ácidos, em alta pressão), Universidade Federal do Ceará (Corrosão e Soldagem) e Universidade Estadual do Norte Fluminense (Corrosão).

## Resultados globais em P&D

Na PETROBRAS, os projetos de pesquisa são definidos a partir do

planejamento estratégico e do plano de negócios da companhia. Cada projeto está voltado para oferecer soluções que suportem uma ou mais metas de negócios. Os projetos de P&D estão organizados de acordo com os três grandes eixos direcionadores do desenvolvimento tecnológico da PETROBRAS: a expansão dos seus limites atuais de negócios, a agregação de valor e a diversificação de seus produtos e a sustentabilidade da indústria de energia.

Apenas em 2011, mais de 50 projetos foram apresentados à sociedade pela PETROBRAS como resultado direto das ações de P&D coordenadas pelo CENPES. Desse total, apresentamos no box “P&D e o tema corrosão”, cinco exemplos.

## Perfil dos laboratórios de corrosão do CENPES

### Laboratório de Revestimentos – 59 m<sup>2</sup>

#### Principais Equipamentos:

- Câmara ultra violeta
- Cabine de umidade relativa
- Câmara de névoa salina
- Viscosímetros
- Estufas
- Balanças analíticas
- Medidor para teste de abrasão
- Capelas
- Aparelhos diversos de medição em tintas e revestimentos, tais como espessura, dureza, porosidade, ponto de fulgor, etc.

### Laboratório de Corrosão 1 – 106 m<sup>2</sup>

#### Principais Equipamentos:

- Potenciostatos / Galvanostatos
- Balanças analíticas
- Microscópio de foco infinito
- Microscópio Estereoscópio trinocular
- Placas de agitação e aquecimento
- Estufas de rolos
- Eletrodos Rotatórios
- Capelas
- Capela anaeróbica tipo Glove Box
- Purificadores de água
- Amperímetros de resistência nula
- pHmetros
- Medidores de oxigênio

- Analisador de ligas por fluorescência de raios X
- Medidores de resistividade do solo

### Laboratório de Autoclaves e Alta Pressão – 46 m<sup>2</sup>

#### Principais Equipamentos:

- Autoclaves pl ensaios de perda de massa e corrosão por fresta
- Autoclaves pl ensaios eletroquímicos
- Autoclaves pl ensaios de Baixa Taxa de Deformação
- Autoclave pl ensaios de petróleos contendo ácidos naftênicos
- Autoclaves pl ensaios de jato impingimento
- Autoclaves pl ensaios de carga constante
- Multiplexadores

### Laboratório de Corrosão 2 – 90 m<sup>2</sup>

#### Principais Equipamentos:

- Potenciostatos / Galvanostatos
- Balanças analíticas
- Capelas
- Purificadores de água
- pHmetros
- Medidores de oxigênio
- Banhos termostáticos
- Microcromatógrafos de gases
- Loop para avaliação de sequestrantes de gás sulfídrico

## Calendário 2013 – De Janeiro a Junho

CURSOS	HORAS	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
<b>Pintura Industrial</b>							
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ	88	21/1 a 1/2		4 a 15	1 a 12	13 a 24	
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ <sup>1</sup>	88				6/4 a 22/6, exceto 31/5		
Inspetor N1 – São Paulo / SP	88		25/2 a 8/3			6 a 17	
Inspetor N1 – Sorocaba / SP	88				6/4 a 22/6, exceto 31/5		
Inspetor N1 – Salvador / BA	88				8 a 19		
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ <sup>2</sup>	8			9			8
<b>Novo</b> Inspetor N1 – São Luís / MA	88						3 a 14
Inspetor N1 – Recife / PE	88			11 a 22			
Inspetor N1 – Rio Grande / RS	88						17 a 28
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ <sup>3</sup>	40		25/2 a 1/3			6 a 10	
<b>Novo</b> Inspetor N1 – São Paulo / SP <sup>3</sup>	40						24 a 28
Inspetor N2 – Rio de Janeiro / RJ	40						3 a 7
<b>Proteção Catódica</b>							
Profissionais – Rio de Janeiro / RJ	80					6 a 17	

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

<sup>2</sup> Revisão de Aulas Práticas

<sup>3</sup> Curso Intensivo

**Mais informações:**

curso@abraco.org.br

eventos@abraco.org.br

**Atenção:**

Calendário sujeito a alterações

# Referência em Pintura, Montagem e Manutenção Industrial



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

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

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

ISO 9001  
ISO 14001  
OHSAS 18001  
BUREAU VERITAS  
Certification



[WWW.BLASPINT.COM.BR](http://WWW.BLASPINT.COM.BR)

**BLASPINT**  
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampos - SP | CEP 12246-000

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

Caçapava - SP | CEP 12285-810

Rod. João do Amaral Gurgel, 1501  
Telefax: (12) 3654-4040 | blaspin@blaspin.com.br

# Gestão *tecnológica* do monitoramento da corrosão interna de dutos

*Technology management of internal corrosion monitoring of pipeline*

## Resumo

O monitoramento da corrosão interna de dutos tem grande importância na garantia da integridade dos dutos de transporte. Dentre as técnicas de monitoramento e inspeção de dutos, as mais usuais são: cupons de perda de massa, sondas de resistência elétrica, técnicas não intrusivas, análises de fluidos e resíduos, *pigs* instrumentados e ondas guiadas, onde não se têm condições de passar o *pig*. O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo prospectivo do monitoramento da corrosão interna em dutos. Para isso foram realizadas buscas no banco de dados de patentes ESPACENET – *European Patent Office* utilizando palavras-chave previamente escolhidas. Por meio da documentação patentária encontrada foram identificados os principais países detentores de tecnologias na área de monitoração/inspeção da corrosão interna. Os resultados mostraram uma baixa incidência de documentação patentária nesta área em nível nacional, em relação ao observado nos Estados Unidos e em países da Europa.

**Palavras-chave:** corrosão, monitoração, inspeção, duto.

## Abstract

*The monitoring of internal corrosion is very important to ensure the integrity of pipelines. Among the techniques of monitoring and inspection of pipelines, the most common are: weight loss coupons, electrical resistance probes, non-intrusive techniques, analyses of fluids and waste, ins-*

*trumented pigs and guided waves if it is not possible to use pigs. This paper aims to present a prospective study of monitoring internal corrosion in pipelines. The search was carried out in patent database ESPACENET using preselected keywords. Through the patent documents found, the main countries with technologies in the area of monitoring/inspection of internal corrosion could be identified. The results showed a low incidence of patent documentation in this area in Brazil, compared to United States and European countries.*

**Keywords:** corrosion, monitoring, inspection, pipeline.

## Introdução

O crescimento da produção de petróleo, derivados e gás natural tem como consequência o aumento significativo da malha de dutos para transporte e escoamento da produção e de distribuição de combustíveis. Hoje estão em construção ou em planejamento mais de 160 mil km de gasodutos, oleodutos e polidutos em todo o mundo. O Anuário Estatístico 2006 da ANP divulgou que a malha de dutos no Brasil alcançava 15 mil km.

Os elevados custos associados a possíveis processos corrosivos nos dutos justificam o esforço em se buscar métodos de prevenção, controle, monitoramento e identificação dos processos corrosivos. A corrosão externa de um duto está relacionada ao meio ao qual o metal está exposto como, por exemplo, água do mar ou solo. A corrosão interna, por sua vez, se relaciona com o produto trans-

portado (óleo combustível, gasolina, diesel, álcool, GLP, queosene, água de formação, gás natural e outros). Várias técnicas são usadas em campo para o monitoramento da corrosão interna de dutos e equipamentos<sup>(1-3)</sup>. As técnicas mais usuais, aplicadas na avaliação da corrosão interna em estudo são:

- cupons para avaliação da perda de massa;
- sondas corrossimétricas de resistência elétrica;
- técnicas de monitoração não intrusiva (*Field Signature Method* e *sensor ultrasonic*);
- amostragens de resíduos e fluidos liberados após passagem de *pig* de limpeza/arraste;
- PIGs (*Pipeline Inspection Gadget – MFL – Magnetic Flux Leakage*, UT – Ultrassom, palito, e ressonância acústica);
- ondas guiadas;
- tomografia magnética;
- video laser;
- sensor ultrassônico.

Visando avaliar os principais detentores das técnicas, as tendências tecnológicas do setor e a situação brasileira em relação ao desenvolvimento destes métodos de monitoramento, foi feito um estudo de prospecção tecnológica através de buscas em bancos de dados de documentos de patentes na Europa (ESPACENET – *European Patent Office*)<sup>(4)</sup>. Esse tipo de estudo pode ser uma valiosa ferramenta para fundamentação dos processos de tomada de decisão em diversas áreas do conhecimento<sup>(5,6)</sup>. Nesse trabalho, esse tipo de análise foi utilizada vi-



Por Ana Paula Erthal Moreira



Simone Louise D. C. Brasil



Estevão Freire

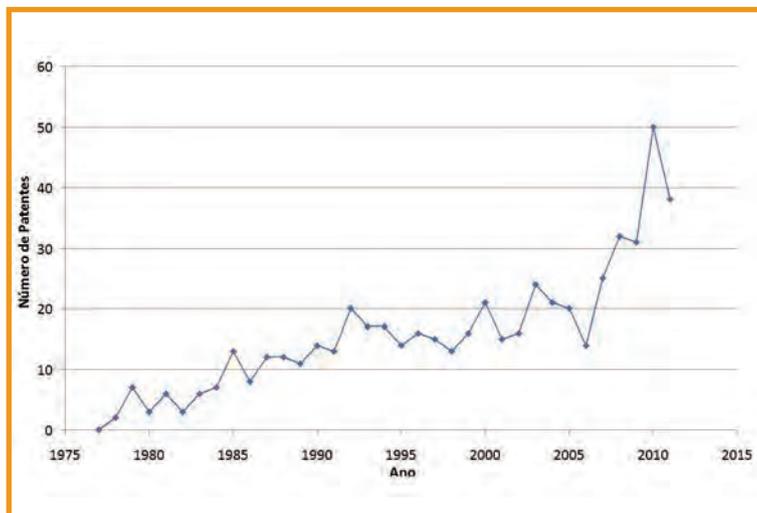


Figura 1 – Comportamento temporal macrossetorial dos documentos de patentes (ESPACEENET)

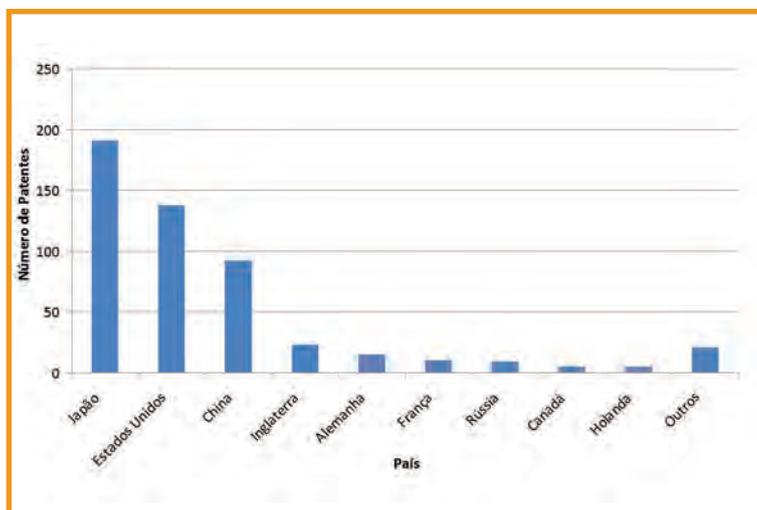


Figura 2 – Distribuição de documentação patentária por país – análise macrossetorial

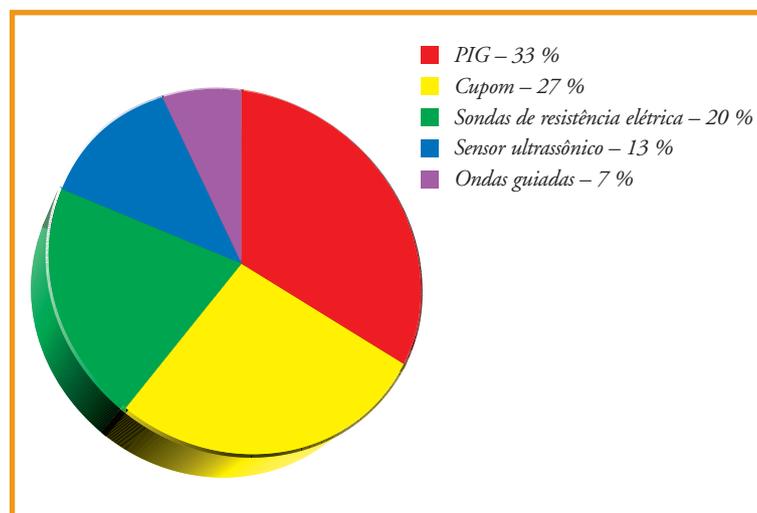


Figura 3 – Distribuição das documentações de patentes por técnica de monitoramento

sando as técnicas de monitoramento de corrosão interna de dutos.

### Metodologia

Foi realizada uma busca de documentos de patentes na base de dados ESPACENET ao longo do mês de dezembro de 2011, utilizando o método de palavras-chave (Tabela 1). Para que boa parte dos resultados não relevantes fosse descartada, a pesquisa contou apenas com termos característicos referentes ao setor, que estivessem contidos no título ou no resumo do documento da patente. A fim de obter resultados comparativos, os mesmos termos foram utilizados na busca em cada uma das bases de patentes.

A partir da coleta dos documentos de patente, os mesmos foram classificados segundo o número do documento, o ano de publicação, o depositante, o título e o titular. Foram analisados somente os pedidos de patentes concedidas. Por último, foi feito um levantamento de pedidos de patentes nos últimos 10 anos.

O ESPACENET é uma base mais generalizada e por isso costuma ser a mais utilizada em projetos de pesquisa com perfil semelhante a este. Uma coletânea de documentos de patentes referentes a mais de 80 países apresentada neste.

Algumas precauções devem ser tomadas nesse tipo de pesquisa. A primeira se refere ao número de resultados por busca. Quando uma busca excede um valor de 20 a 30 documentos de patentes, o site apenas apresenta uma aproximação para o número total de resultados. Essa aproximação se torna mais grosseira à medida que esse número aumenta. Assim, a única maneira de se verificar o número real é examinando cada caso. A segunda dificuldade é quanto

**TABELA 1: PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NAS PESQUISAS REALIZADAS NO BANCO DE DADOS ESPACENET**

<i>Palavras-chave</i>	<i>Palavras-chave</i>
<i>corrosion and pipe* (abstract)</i>	<i>coupon and corrosion (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion (abstract)</i>	<i>coupon and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>corrosion and pipeline* (abstract)</i>	<i>coupon and corrosion (title)</i>
<i>monitoring and corrosion and method (abstract)</i>	<i>coupon and corrosion and pipe* (title)</i>
<i>monitoring and corrosion and method and pipeline* (abstract)</i>	<i>coupon (title) + corrosion (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion and method and pipe* (abstract)</i>	<i>coupon (title) + corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>monitoring and internal and corrosion (abstract)</i>	<i>probes and corrosion (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion and technique (abstract)</i>	<i>probes and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>corrosion and pipe* (title)</i>	<i>probes and corrosion (title)</i>
<i>monitoring and corrosion (title)</i>	<i>probes and corrosion and pipe* (title)</i>
<i>corrosion and pipeline* (title)</i>	<i>probes (title) + corrosion (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion and method (title)</i>	<i>probes (title) + corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion and method and pipeline* (title)</i>	<i>pig and corrosion (abstract)</i>
<i>monitoring and corrosion and method and pipe* (title)</i>	<i>pig and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>monitoring and internal and corrosion (title)</i>	<i>pig and corrosion (title)</i>
<i>monitoring and corrosion and technique (title)</i>	<i>pig and corrosion and pipe* (title)</i>
<i>(monitoring or inspection) and method and corrosion and pipe* (abstract)</i>	<i>pig (title) and corrosion (abstract)</i>
<i>(monitoring or inspection) and corrosion and pipe* (abstract)</i>	<i>pig (title) and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>(monitoring or inspection) and corrosion and pipe* (title)</i>	<i>electrical and resistance and corrosion (abstract)</i>
<i>(monitoring or inspection) and method and corrosion (title)</i>	<i>electrical and resistance and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>guided and waves and corrosion and pipe* (title)</i>	<i>electrical and resistance and corrosion (title)</i>
<i>guided and waves (title) and corrosion (abstract)</i>	<i>electrical and resistance and corrosion and pipe* (title)</i>
<i>guided and waves (title) and corrosion and pipe* (abstract)</i>	<i>electrical and resistance (title) and corrosion (abstract)</i>
<i>ultrasonic and sensor and corrosion (abstract)</i>	<i>electrical and resistance (title) and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>ultrasonic and sensor and corrosion and pipe* (abstract)</i>	<i>guided and waves and corrosion (abstract)</i>
<i>ultrasonic and sensor and corrosion (title)</i>	<i>guided and waves and corrosion and pipe* (abstract)</i>
<i>ultrasonic and sensor and corrosion and pipe* (title)</i>	<i>guided and waves and corrosion (title)</i>
<i>ultrasonic and sensor (title) and corrosion (abstract)</i>	<i>ultrasonic and sensor (title) and corrosion and pipe* (abstract)</i>

ao número máximo de resultados exibidos por busca. O site apenas permite que os primeiros 500 documentos de patentes sejam exibidos e, portanto, para qualquer valor excedente a este é necessário um refinamento da busca.

Essa análise é importante a fim de comparação dos resultados obtidos para uma mesma busca de palavras-chave em cada uma delas.

## Resultados

Os resultados da pesquisa

mostraram que a maioria dos documentos das patentes refere-se a processos diversos relacionados ao estudo da corrosão, não representando especificamente as técnicas de monitoração da corrosão contempladas neste trabalho.

A comparação entre os resultados encontrados permitiu verificar quais os termos-chave mais utilizados. Não foram encontrados muitos documentos de patentes utilizando o termo *inspection* e sim o mais frequente que é *monitoring*.

Outra especificação pouco comum é a palavra *technique*, sendo *method* o mais empregado nas patentes.

Uma das características mais importantes no diagnóstico de prospecção tecnológica é o comportamento do setor ao longo dos anos. O monitoramento histórico permite inferir um padrão de desempenho e determinar se o futuro tende a reproduzir os fenômenos já ocorridos. A evolução temporal registrada a partir em 640 patentes obtidas pelo ESPACENET

NET é mostrada na Figura 1.

Claramente observa-se um crescimento nas últimas três décadas do número de documentos de patentes relacionados aos métodos de monitoração de corrosão. O crescimento observado refere-se aos métodos de monitoração da corrosão em todos os segmentos relacionados e não especificamente a dutos.

A distribuição dos países verificada está representada na Figura 2, onde são observadas características semelhantes à análise macro.

A Figura 2 mostra que o Japão é o país com maior número de patentes concedidas, seguido pelos Estados Unidos e China. Esse fato permite concluir que estes países são os que mais investem em pesquisa e desenvolvimento de técnicas de monitoração e inspeção de corrosão.

Em uma análise mais refinada, foram selecionadas as documentações de patentes que especificavam o nome da técnica em seus títulos e incluíam os termos *corrosion and pipe* nos seus resumos. O termo *pipe* foi truncado na pesquisa para um maior número de resultados. Esta é uma técnica bastante empregada nos estudos de prospecção tecnológica e, no caso deste trabalho, permitiu incluir a busca de termos como *pipes* e *pipeline*.

A Figura 3 mostra que as técnicas de pig, cupom e sonda de resistência elétrica apresentam o percentual mais elevado por serem métodos já consolidados no mercado. O pig apresenta o maior número de documentos de patentes por ser uma técnica específica para cada situação de defeitos da tubulação. Isso implica que, em cada uma das situações, é necessária uma nova patente, justificando assim, o maior percentual em relação às demais técnicas. Além disso, é uma técnica con-

sagrada por apresentar resultados confiáveis quando se trata da integridade de um duto.

As técnicas de ondas guiadas e sensores ultrassônicos, apesar de ainda não estarem plenamente consolidadas, vêm aumentando em importância na sua utilização sendo, por exemplo, alternativas aos pigs instrumentados. Ainda assim o percentual apresentado é significativo e demonstra o interesse industrial em apostar nestas inovações tecnológicas como boa possibilidade de substituição das técnicas anteriores. Foi observado um maior número de documentos de patentes nos sensores ultrassônicos devido a maior abrangência do termo em relação às ondas guiadas.

Demais técnicas como video laser, tomografia magnética e ressonância acústica, as quais não foram encontradas nas patentes selecionadas, são percebidas principalmente através das pesquisas publicadas em artigos científicos. Isto é, estão em fase inicial de desenvolvimento e melhorias. Para técnicas já consolidadas industrialmente, houve dificuldades nas buscas por documentos de patentes que mencionassem explicitamente o termo, o que já era esperado nesse tipo de análise.

A técnica de video-laser e a tomografia magnética são muito recentes e podem estar patenteadas através da descrição do método e não com esta nomenclatura. Por isso, provavelmente a metodologia empregada nesse trabalho não foi capaz de detectá-las. Ainda assim, busca-se testá-las como alternativas aos métodos clássicos, mostrando interesse no desenvolvimento tecnológico. Essa é uma boa iniciativa nacional para o domínio destas técnicas que, conforme verificado na base INPI e apresentado em prévio não é satisfatório<sup>(7)</sup>.

## Conclusões

Neste trabalho, o estado da arte do setor de monitoração da corrosão interna de dutos foi caracterizado através da análise de documentos de patentes de diversos países.

A análise dos documentos de patentes publicada na base de dados consultada (SPACE-NET) permitiu verificar um crescimento nas últimas três décadas de estudos e desenvolvimento de novas tecnologias referente a métodos de monitoração da corrosão em todos os segmentos relacionados e não especificamente a dutos.

Dentre os principais países envolvidos nesta corrida pelo domínio das técnicas de monitoração da corrosão interna de dutos destacam-se Japão e Estados Unidos. Quando as técnicas de monitoramento foram analisadas separadamente nas buscas por patentes, ficou evidente que os três métodos mais estudados são: *pigs* instrumentados, cupons e sondas de resistência elétrica. Essa pesquisa identificou estas tecnologias como as mais consolidadas na prática.

Os resultados da análise dos documentos de patente mostram que as técnicas de ondas guiadas e sensores ultrassônicos, apesar de ainda não estarem plenamente consolidadas, vêm aumentando em importância na sua utilização, mostrando, portanto uma tendência tecnológica na área.

Demais técnicas como video-laser, tomografia magnética e ressonância acústica ainda se encontram na fase inicial de desenvolvimento e melhorias. Assim, a tendência é que as técnicas clássicas continuem sendo as mais empregadas, ao menos a curto e médio prazo.

## Referências bibliográficas

1. ASTM G96-90, *Standard Guide for Online Monitoring in Plant Equip-*

ment (Electrical and Electrochemical Methods), 2008

2. ASTM G4-01, *Standard Guide for Conducting Corrosion Tests in Field Applications*, 2008
3. JOOSTEN, M.W., FISCHER, K.P., STROMMEN, R., LUNDEN, K.C.: "Internal Corrosion Monitoring of Subsea Oil and Gas Production Equipment", *Materials Performance*, April 1995, pp.44-48.
4. ESPACENET – *European Patent Office*. Disponível em "[http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP)"[http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP)
5. ARAÚJO, V. M. R. H. *Uso da informação contida em patentes nos países em desenvolvimento. Ciência da Informação*, v. 13, n. 1, p.53-56, 1984.

6. CABRAL, L. L. *Como acessar e utilizar a informação tecnológica contida nos documentos de patentes*. In: II Encontro de Propriedade Industrial e Comercialização de Tecnologia, 1999.
7. MOREIRA, A. P. E., BRASIL, S. L. D. C., FREIRE, E., *Gestão Tecnológica do Monitoramento da Corrosão Interna de Dutos*, INTERCORR, 2012

---

#### **Ana Paula Erthal Moreira**

Engenheira Química, com Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ.  
Diretora técnica da Vector Laboratório de Análise de Água e Corrosão, gerente de projetos da Oceaneering Brasil e coordenadora de equipe da Service Engenharia.

#### **Simone Louise Delarue Cezar Brasil**

Professora da Escola de Química da UFRJ, com Mestrado e Doutorado em Corrosão pelo Programa de Engenharia

Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ.

#### **Estevão Freire**

Professor da Escola de Química da UFRJ, com Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas da UFRJ.

Contato com os autores:

Ana Paula – [ap\\_ertal@yahoo.com.br](mailto:ap_ertal@yahoo.com.br)

Simone Brasil – [simone@eq.ufjf.br](mailto:simone@eq.ufjf.br)

Estevão Freire – [estevao@eq.ufjf.br](mailto:estevao@eq.ufjf.br)

## SMARTCOAT

### Tecnologia em hidrojateamento e preocupação com meio ambiente.

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



#### **Taubaté:**

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

#### **Macaé:**

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

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

# Camadas fosfatizadas destinadas à conformação mecânica

*Phosphated layers for using in mechanical forming*



Por Zebbour  
Panossian



Por Célia A. L.  
dos Santos

## Resumo

As camadas fosfatizadas são revestimentos de conversão química extensivamente utilizados em chapas metálicas nos processos de conformação mecânica (dobramento, repuxo e estampa-gem profunda) e processos de forjamento a frio, em que uma deformação severa é produzida. Estes revestimentos podem impedir o contato metal-metal entre a ferramenta e as superfícies da chapa desde a fase inicial da deformação. Em geral, um lubrificante é aplicado sobre a camada fosfatizada antes das operações de conformação (pós-tratamento). Atualmente, a adição de sabão (por exemplo, o estearato de sódio) está estabelecida como um procedimento tecnológico.

## Abstract

*Phosphated layer is a chemical conversion coating extensively used in sheet metal forming (bending, stretching and deep-drawing) and cold forging processes in which high level deformation is produced. These coatings can prevent metal-to-metal contact between the tool and the sheet surfaces in the early stage of deformation. In general, a lubricant is applied on the zinc phosphate layer before forming operations (post-treatment). Nowadays, the addition of soap (i.e. sodium stearate) has been established as a technological procedure.*

O uso de camadas fosfatizadas nas operações de conformação já era conhecido desde 1934 por Singer (JAMES, 1961; RAUSCH, 1990). Durante a Segunda Guerra Mundial, a fosfatização foi muito utilizada na Alemanha nas operações de conformação

de metais ferrosos, particularmente para produção de munições. De 1944 até 1960, a importância do uso de camadas fosfatizadas para conformação foi aumentando. Em 1960, a importância da fosfatização para conformação foi comparável à da resistência à corrosão. No entanto, a partir de 1960, a aplicação das camadas fosfatizadas como base de pintura foi superando à da conformação devido ao crescente aumento da indústria automobilística, que utiliza camadas fosfatizadas para melhorar o desempenho de tinta.

A conformação mecânica engloba muitos processos, dentre os quais se pode citar: trefilação de fios, extrusão de tubos, conformação a frio, estampagem e conformação a frio de cabeças de elementos de fixação. Todas estas operações envolvem deformação sem um pré-aquecimento do metal e numa condição em que a temperatura durante a deformação não ultrapassa a temperatura de 500 °C. Assim, todas estas operações requerem uma boa lubrificação da superfície a ser deformada, o que só se consegue através da aplicação de um tratamento de conversão, visto que estas camadas aumentam a capacidade de retenção dos lubrificantes. Entre os tratamentos de conversão, sem dúvida nenhuma, a fosfatização é uma das mais eficientes. As vantagens do uso de camadas fosfatizadas são muitas, citando-se (FREEMAN, 1988; RAUSCH, 1990):

- camadas fosfatizadas favorecem a retenção de lubrificantes: superfícies fosfatizadas apresentam uma capacidade de retenção de óleo muito maior do

que a de superfícies não-fosfatizadas. Utilizando o mesmo tipo de óleo, foi verificado que uma superfície de aço que é capaz de reter 1 g/m<sup>2</sup> de óleo passa a reter 2,3 g/m<sup>2</sup> após fosfatização (RAUSCH, 1990). Dependendo de tipo de óleo utilizado e da rugosidade superficial inicial do substrato, a capacidade de retenção pode ser ainda maior: superfícies fosfatizadas podem chegar a reter uma quantidade de óleo dez vezes maior que as não-fosfatizadas. Mesmo quando se utilizam lubrificantes sólidos como grafite e dissulfeto de molibdênio, esta propriedade é verificada;

- camadas fosfatizadas reduzem de maneira significativa o coeficiente de atrito. Grosso modo, 50 % da energia necessária para efetuar uma determinada operação de conformação é gasta na fricção. A fosfatização mais a lubrificação reduzem muito o coeficiente de atrito e, portanto, este gasto de energia. Por exemplo, com um lubrificante emulsionável e sob pressão de 1440 N/m<sup>2</sup>, o fosfato de zinco determina uma redução do coeficiente de atrito de 0,70 para 0,043;
- camadas fosfatizadas não sofrem destacamento mesmo sob deformação severa e não são desgastadas: camadas fosfatizadas são altamente aderentes e esta aderência continua durante todo o processo de deformação. Os cristais de fosfato de zinco apresentam microdureza comparável ao do substrato de aço (1300 N/mm<sup>2</sup>) e praticamente não são desgastados durante a deformação. Acredita-se que no início das opera-

ções de deformação, parte dos cristais de fosfatos é transformada em um pó finamente dividido. Este pó fino, juntamente com o lubrificante, forma uma pasta que adere à camada remanescente de fosfato, formando uma superfície vítrea. Após uma deformação de 15 %, não se detecta mais a estrutura cristalina inicial da camada de fosfato quando se analisa por difração de raios-X. A superfície vítrea funciona como um excelente lubrificante facilitando ainda mais a deformação subsequente. Após este estágio inicial, não ocorre mais desgaste da camada, o seu afinamento ocorre simplesmente devido à extensão da superfície do substrato (FREEMAN, 1988);

- camadas fosfatizadas evitam o contato metal/metal: quando se usa somente lubrificantes, durante a conformação a frio, sempre se tem a possibilidade de ocorrer contato metal/metal entre a ferramenta e a superfície em deformação. Devido às altas pressões e altas temperaturas que podem ser atingidas durante a conformação, é possível a ocorrência de ruptura da camada lubrificante. Nestes locais, ocorre contato metal/metal com remoção de partículas de metal que ficam entre as duas superfícies acabando por danificar tanto a superfície em deformação quanto a superfície das ferramentas. Mesmo que se usem lubrificantes sólidos com partículas de grafite, mica ou dissulfeto de molibdênio, o fato descrito é dificultado, porém não eliminado totalmente. O uso de lubrificantes especiais, que contêm substâncias que reagem com o metal em deformação formando um filme mais difícil de ser rompido, é uma alternativa adequada para evitar este problema. Estes, no entanto, são efetivos somente a altas tempe-

raturas e pressões. Com o uso de camadas fosfatizadas, que são altamente aderentes e apresentam alta dureza e resistência a altas pressões, isto não ocorre porque a camada fosfatizada aumenta a capacidade de retenção dos lubrificantes e mesmo que, condições adversas determinem a ausência transitória de lubrificante, a camada fosfatizada age como uma barreira efetiva evitando o contato metal/metal. Para evitar o contato metal/metal, deve-se tomar o cuidado de aplicar uma camada fosfatizada de espessura tal que, acabada a operação de deformação desejada, ainda reste camada fosfatizada sobre as superfícies submetidas à deformação;

- camadas fosfatizadas permitem aumentar a velocidade das operações de deformação: quando se utilizam camadas fosfatizadas, consegue-se deformação severa sem a necessidade de tratamentos térmicos intermediários;
- camadas fosfatizadas aumentam a vida útil das matrizes e das ferramentas: devido às propriedades anteriormente discutidas, tem-se um aumento significativo da vida útil das matrizes e ferramentas utilizadas nas operações de conformação;
- camadas fosfatizadas reagem com o sabão estearato de sódio: camadas fosfatizadas à base de fosfato de zinco reagem com o estearato de sódio formando o estearato de zinco. Acredita-se que a camada assim formada comporta-se como um fluido altamente viscoso nas condições de temperatura e pressão estabelecidas durante a conformação;
- camadas fosfatizadas não são afetadas durante a conformação: durante as operações de conformação, são alcançadas altas pressões e temperaturas de até 500 °C. Estas condições

não afetam a funcionalidade e a aderência das camadas fosfatizadas, apesar de determinarem a perda de água de cristalização;

- camadas fosfatizadas determinam a obtenção de superfícies com alto grau de acabamento superficial: após a deformação, as peças fosfatizadas ficam com um excelente acabamento superficial que oferece até um certo grau de proteção contra corrosão. Depois da conformação, a superfície fica brilhante, devido à formação da superfície vítrea, denominada "*phosphate drawing mirror surface*";
- as camadas fosfatizadas resistem às altas temperaturas: durante os processos de conformação, a temperatura do metal pode facilmente alcançar o valor de 100 °C e, em condições mais severas, pode-se alcançar até 500 °C. As camadas de fosfato de zinco utilizadas nos processos de conformação, apesar de perderem água de cristalização, não apresentam deterioração capaz de torná-las inadequadas para os processos de conformação;
- as camadas fosfatizadas são facilmente removíveis: após a conformação, as camadas fosfatizadas remanescentes podem ser facilmente removidas por imersão em soluções ácidas ou alcalinas, nos casos em que se necessita superfície isentas de qualquer tipo de revestimento. Nos casos em que o produto submetido à deformação é revestido por eletrodeposição, a camada fosfatizada poderá ser retirada com soluções alcalinas. Estas soluções retiram em uma única etapa a camada fosfatizada e a camada de sabão. Após esta operação, o produto poderá ser diretamente imerso nos banhos de eletrodeposição;
- as camadas fosfatizadas são altamente aderentes: Esta alta

**VALORES DE MASSA POR UNIDADE DE ÁREA PARA CAMADAS À BASE DE FOSFATO DE ZINCO UTILIZADAS PARA CONFORMAÇÃO (ISO 9717, 1990; BS 3189, 1991)**

<i>Aplicação</i>	<i>Massa por unidade de área (g/m<sup>2</sup>)</i>
Trefilação de fios	5 a 15
Extrusão de tubos de aço soldados	3 a 10
Extrusão de tubos de precisão de aço	4 a 10
Conformação a frio	5 a 20
Estampagem com redução de espessura de parede	2 a 5
Estampagem sem redução de parede	5 a 15

aderência é consequência, em parte, do crescimento epitaxial. Durante a conformação, a aderência será mantida mesmo se ocorrer aumento de temperatura (a camada fosfatizada perde água de cristalização, mas não a aderência).

Dentre as camadas de fosfato, aquelas obtidas a partir de banhos à base de fosfato de zinco, (RAUSCH, 1990) são as mais adequadas para operações de conformação, devido à (FREEMAN, 1988):

- temperatura de operação dos banhos de fosfatização à base de fosfato de zinco ser menor do que a dos banhos à base de ferro e de manganês;
- reação entre o zinco e o sabão que se aplica sobre a camada de fosfato formando o estearato de zinco;
- redução no coeficiente de atrito obtida com o fosfato de zinco é maior do que a redução obtida com o fosfato de ferro ou de manganês (RAUSCH, 1990). O fosfato de zinco é o mais utilizado, porém os fosfatos de manganês e de ferro, obtidos a partir de banhos de fosfato de metais alcalinos, também o são. O fosfato de manganês é utilizado quando são requeridas condições de pressão muito elevadas. Camadas obtidas a partir de fosfatos de metais alcalinos são utilizadas quando se requer superfícies sem resíduos de fosfatização após a conformação (RAUSCH, 1990).

As camadas destinadas à conformação mecânica são exclusivamente obtidas por imersão. As camadas fosfatizadas destinadas à conformação mecânica recebem lubrificantes para melhorar o seu desempenho. Emulsões, óleos, graxas e sabões são utilizados como lubrificantes. O sabão estearato de sódio é largamente utilizado como meio lubrificante. Ele reage com a camada fosfatizada formando o estearato de zinco. É consenso na literatura de que o desempenho do estearato é superior aos dos lubrificantes mais comuns, no que diz respeito ao desgaste de ferramentas. Compostos sólidos como grafite e dissulfeto de molibdênio são também utilizados nos casos de deformação severa. Quanto mais severa for a deformação, maior a tendência do uso de lubrificante de maior viscosidade. A escolha da camada fosfatizada mais adequada para uma determinada operação de conformação não tem regras rígidas e é feita com base em experiências. Um ponto é de extrema importância: a camada deve ser uniforme. Como regra geral, deve-se optar por camadas mais espessas para operações que requerem deformação severa. Para deformação menos severa, a opção deverá ser a de camadas finas. Camadas com espessura muito acima da necessária não são recomendadas (JAMES, 1961). O importante é que nos últimos momentos de operação de conformação ainda reste uma camada de fosfato para

evitar o contato metal/metal. Por exemplo, no caso de trefilação de fios, adota-se como espessura de saída adequada o intervalo entre 0,55 g/m<sup>2</sup> e 1,0 g/m<sup>2</sup> (RAUSCH, 1990). A tabela acima apresenta os valores de massa por unidade de área de camadas fosfatizadas utilizadas para operações de conformação recomendadas por normas internacionais.

No caso de bobinas de chapas destinadas à conformação, a fosfatização pode ser aplicada de maneira contínua. Por exemplo, chapas com 400 mm de comprimento e espessura variando entre 0,5 mm e 3 mm, podem ser fosfatizadas com banhos à base de fosfato de zinco acelerado com nitrato/nitrito operando a 60 °C, com um tempo de imersão de dois minutos. Após a fosfatização, as chapas são submetidas a uma lavagem seguida de imersão em sabão a 70 °C e tempo de imersão de um minuto. O excesso de sabão é retirado através de rolos e a secagem pode ser feita com lâmpadas infravermelhas. A superfície das chapas deve estar completamente seca antes do bobinamento (RAUSCH, 1990).

Após a conformação, a superfície metálica poderá ser submetida a outros tratamentos superficiais, tais como, eletrodeposição, zincagem por imersão a quente, pintura ou simplesmente a aplicação de óleos ou graxas para proteção contra corrosão. No caso de pintura, basta desengratar, pois a camada remanes-

cente será capaz de garantir a aderência da tinta. No entanto, deve-se lembrar que o desengraxeamento com solvente só funcionará se, como meio lubrificante de conformação, for utilizado óleo mineral. Se, no entanto, for utilizado outro tipo de lubrificante, como sabão ou óleos não removíveis com solvente, tornar-se-á necessária a remoção da camada de fosfato e aplicação de outra camada de fosfato adequada para pintura. No caso de eletrodeposição, de zincagem por imersão a quente ou quando a superfície necessita ser protegida contra corrosão através de uma camada pesada de fosfato oleada, deve-se remover a camada de fosfato remanescente, qualquer que seja o meio lubrificante utilizado durante a conformação. A remoção da camada remanescente é normalmen-

te feita por imersão em desengraxantes alcalinos fortes seguida de decapagem ácida. Muitas vezes, após a conformação pode-se necessitar um tratamento térmico. Caso este tratamento térmico seja realizado em atmosferas oxidantes, tanto o lubrificante como a camada de fosfato serão removidos durante o tratamento. No entanto, se o tratamento térmico for realizado na ausência de ar ou na presença de gás inerte, a camada remanescente deverá ser removida. Esta remoção pode ser feita expondo o produto fosfatizado a um tratamento preliminar em ambiente oxidante ou através do processo já citado (desengraxeamento seguido de decapagem). Pode-se, neste caso, também adotar remoção mecânica, por exemplo, através de jateamento (RAUSCH, 1990).

## Referências Bibliográficas

- FREEMAN, D. B. 1988. *Phosphating and metal pre-treatment*. 1st ed. New York : Industrial Press, 229p.
- JAMES, D. 1961. *Phosphate coating and lubrication steel for cold extrusion*. Sheet Metal Industries Special conference, p. 171-189, 207, March.
- RAUSCH, Werner, 1990. *The phosphating of metals*. 1st.ed. Great Britain : Redwood Press, 416p.

### Zebbour Panossian

Diretora de Inovação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP – IPT. Doutora em Ciências (Físico-Química) pela USP

### Célia A. L. dos Santos

Pesquisadora do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP – IPT. Doutora em Química (Físico-Química) pela USP.

Contato com as autoras:

zep@ipt.br / clsantos@ipt.br

fax: (11) 3767-4036

# Se o problema é corrosão, você pode contar, com o Grupo RUST & RESINAR.

O Grupo RUST & RESINAR desde 1989 possui know-how técnico no combate à corrosão, onde projeta, faz o detalhamento da especificação, desenvolve e aplica sistemas de revestimentos anticorrosivos de alto desempenho.

Conheça alguns dos nossos sistemas de revestimentos anticorrosivos:

FIBERGLASS | RESICOR® | FLAKEGLASS® | PRIMER | PLACAS E TIJOLOS  
RESILIT | POLICRETE | GLASSGUARD | RESILAM | GLASSCOTE 3000

Entre em contato e solicite uma visita de nossa equipe de engenheiros.

Grupo RUST & RESINAR: Sistemas de revestimentos eficazes no combate à corrosão.



EMPRESA CERTIFICADA

ISO 9001:2008

CADASTRO PETROBRAS



MATRIZ | Diadema/SP: (11) 3140-1500 | rust@rust.com.br  
FILIAL | Camaçari/BA: (71) 3644-9650 | rustba@rust.com.br

WWW.GRUPORUSTRESINAR.COM.BR

# Avaliação da susceptibilidade à corrosão em frestas de ligas de alta resistência à corrosão por meio de ensaios eletroquímicos

*Susceptibility evaluation of high corrosion resistance alloys regarding crevice corrosion through electrochemical tests*



Por Cristiane Vargas Pecequillo



Zebbour Panossian

## Resumo

O uso de ligas de alta resistência à corrosão, como os aços inoxidáveis dúplex, vem crescendo decorrente das condições mais agressivas dos novos campos de petróleo e gás, como os de pré-sal. Assim sendo, a avaliação das propriedades destes materiais no que se refere aos vários tipos de corrosão localizada passa a ser um fator de extrema importância. Muitos ensaios de laboratório para a seleção de ligas tradicionalmente usadas, como os aços inoxidáveis austeníticos, são bastante confiáveis e aceitos, pois já se tem acumulado dados sobre o desempenho em campo destes materiais por longos tempos. Tais ensaios também têm sido utilizados para a avaliação das ligas de alta resistência à corrosão, citando-se o ensaio eletroquímico de verificação da susceptibilidade à corrosão por pite e em frestas da norma ASTM G 61<sup>(1)</sup>. No entanto, um estudo desenvolvido pelos autores<sup>(2-4)</sup> mostrou que para aços de alta resistência, os resultados obtidos pelos ensaios eletroquímicos ainda merecem ser tratados com mais cuidado. Neste estudo, o aço de alta resistência à corrosão, o superdúplex SAF 2507, quando submetido a ensaio eletroquímico segundo a norma ASTM G 61<sup>(1)</sup>, não mostrou susceptibilidade à corrosão por pite e em frestas. Este mesmo aço apresentou corrosão em frestas em en-

saio de imersão realizados em campo no Flutuante Isabel<sup>a</sup>. Corpos de prova desta liga, com acabamento superficial jateado e lixado até grana 600, com dispositivos formadores de fresta (confeccionados com base na norma ASTM G 78<sup>(5)</sup>), foram expostos nas águas rasas do canal da cidade de São Sebastião, litoral de São Paulo. Após 150 dias de exposição, foi verificada corrosão nas frestas dos corpos de prova com acabamento jateado. O presente trabalho apresenta uma explicação desta discordância para o aço inoxidável superdúplex SAF 2507. Para isto, foi realizado o monitoramento do pH da interface liga/eletrólito durante o levantamento de curvas de polarização potenciodinâmicas em NaCl 3,56 % desaerado. Vale destacar que, tais ensaios eletroquímicos basearam-se na norma ASTM G 61<sup>(1)</sup>, mas com uma modificação. A modificação foi necessária, pois foi verificado em ensaios preliminares, que frestas aleatórias eram formadas na região de contato do corpo de prova com o seu suporte, mesmo quando cuidados extremos eram tomados para evitar a formação de frestas na referida região. Assim, decidiu-se utilizar uma célula com uma fresta proposital, cuja formação foi conseguida por meio de um anel de vedação (de Viton<sup>®</sup>) colocado entre o cilindro de vidro da célula e o eletrodo de trabalho.

## Abstract

*The use of high corrosion resistance alloys, such as duplex stainless steels, has grown due to more aggressive conditions of new oil and gas fields, such as the pre-salt. Thus, evaluation of properties of these materials related to localized corrosion became a factor of utmost importance. Many laboratory tests for the selection of traditionally used alloys such as austenitic stainless steels are very reliable and accepted, because there are available data of the field performance of these materials. Such tests have also been used for the evaluation of the susceptibility to pitting and crevice corrosion for high corrosion resistant alloys, such as the ASTM G 61 test method. However, studies showed that there is no agreement between the results obtained in long term field tests with those obtained in electrochemical tests for high corrosion resistance alloys. This paper presents an explanation for the discrepancy observed for the superduplex SAF 2507 stainless steel. For this objective, the pH of the electrolyte near the working electrode was monitored during the potentiodynamic polarization of this alloy in de-aerated 3.56 % NaCl solution. Such electrochemical tests were based on ASTM G 61, but with a modification. The latter was necessary as, in preliminary tests; crevice corrosion was detected in the alloy/holder interface, even when extreme care was taken to avoid formation of crevices in that region. Thus, it was decided to use a creviced working electrode, whose formation is achieved by means of*

a. O Flutuante Isabel é uma estação de corrosão instalada no canal da cidade de São Sebastião, SP. Foi construído com recursos da FINEP e da PETROBRAS, com o objetivo de ensaiar materiais metálicos expostos a ambientes *offshore*.

**TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO INOXIDÁVEL SUPERDÚPLEX SAF 2507**

Elemento	Resultado (%)	Elemento	Resultado (%)	Elemento	Resultado (%)
Carbono	0,02	Fósforo	0,02	Níquel	7,2
Silício	0,26	Enxofre	< 0,01	Molibdênio	3,6
Manganês	0,73	Cromo	24,6	Nitrogênio	0,27

a sealing ring (Viton®) placed between the glass cylinder of the cell and the working electrode.

## Materiais e Métodos

O estudo da susceptibilidade à corrosão em frestas foi feito por meio do levantamento de curvas de polarização tendo como base a norma ASTM G 61<sup>(1)</sup>, mas com modificação. A modificação foi necessária, pois foi verificado em ensaios preliminares, que frestas aleatórias eram formadas na região de contato do corpo de prova com o seu suporte, mesmo quando cuidados extremos eram tomados para evitar a formação de frestas na referida região.

Assim, decidiu-se utilizar uma célula com uma fresta proposital. Para isto, foi desenvolvida uma célula de ensaio similar à célula eletroquímica de Tait, com área exposta aproximada de 12,56 cm<sup>2</sup>. A formação de uma fresta proposital foi conseguida por meio de um anel de vedação (de Viton®) colocado entre o cilindro de vidro da célula e os eletrodos de trabalho conforme mostram a Figura 1a. As curvas de polarização foram feitas com o monitoramento do pH do eletrólito junto à interface metal/solução.

As seguintes condições foram adotadas para o levantamento das curvas de polarização:

- **eletrólito:** solução de NaCl a 3,56 %, sendo o pH inicial igual a 7,55;
- **eletrodo de trabalho:** corpos de prova (100 mm x 70 mm x 4 mm) de aço inoxidável superdúplex SAF 2507, de composição química apresentada na Tabela 1, lixados a seco com

lixas grana 120, 360, 400 e 600, seguido de lavagem com água e detergente, desengraxe com acetona e secagem;

- **eletrodo de referência:** calomelano saturado (ECS);
- **capilar de Luggin:** foi utilizada a mesma solução dos ensaios, ou seja, NaCl a 3,56 % no capilar, de acordo com o indicado na norma ASTM G 61<sup>(1)</sup>;
- **eletrodo auxiliar:** platina, no formato de um cesto cilíndrico e área aproximada de 54 cm<sup>2</sup>;
- **desaeração do eletrólito:** com borbulhamento de N<sub>2</sub> por 60 minutos;
- **velocidade de varredura:** 0,167 mV/s, de acordo com o indicado na ASTM G 61<sup>(1)</sup>;
- **corrente de inversão:** 5 mA/cm<sup>2</sup>, de acordo com o indicado na ASTM G 61<sup>(1)</sup>. Dessa forma, para o eletrodo de trabalho utilizado, a corrente de inversão foi 62,8 mA. Além deste valor, dois outros menores de densidade de corrente de inversão foram adotados, a saber: 0,002 mA/cm<sup>2</sup> (24 µA para 12,56 cm<sup>2</sup>) e 0,003 mA/cm<sup>2</sup> (40,8 µA para 12,56 cm<sup>2</sup>).

Antes da polarização, os eletrodos de trabalho foram expostos por 24 h a uma atmosfera controlada (23 °C ± 2 °C e 60 % de umidade relativa) com o objetivo de se obter um grau similar de passivação das superfícies de todos os eletrodos de trabalho ensaiados. Para o levantamento das curvas, foi utilizado o potenciostato marca PAR, modelo 273 A. O monitoramento do pH nas vizinhanças da interface liga/eletrólito durante o levantamento das curvas de polarização

potenciostáticas foi realizado por meio do pHmetro marca Metrohm, modelo 780.

Após cada ensaio, as superfícies dos eletrodos de trabalho foram examinadas utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV) do tipo FEG – *Field Emission Gun*, marca FEI, modelo Quanta 400.

## Resultados e Discussão

A curva de polarização cíclica obtida com o aço superdúplex SAF 2507 com corrente de inversão igual a 62,8 mA (5 mA/cm<sup>2</sup>), juntamente com os valores de pH medidos a diferentes potenciais está apresentada na Figura 2. Nesta figura, são apresentadas imagens detalhadas, obtidas por MEV/FEG, da superfície do eletrodo de trabalho, após o levantamento das curvas de polarização.

Analisando a curva de polarização da Figura 2a, observam-se os seguintes eventos:

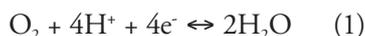
- **região I** – na faixa compreendida entre o potencial de circuito aberto e o potencial correspondente ao aumento brusco de corrente (-0,95 V (ECS)), região de passivação, verifica-se a ligeira diminuição do pH;
- **ponto P<sub>1</sub> seguido da região II** – no ponto P<sub>1</sub> observa-se mudança brusca da inclinação da curva a partir do qual se inicia a região II, região esta em que se observa um aumento significativo de corrente com o aumento do potencial. Nesta região, observa-se uma diminuição acentuada do pH da solução junto ao eletrodo de trabalho;
- **ponto P<sub>2</sub> e região III** – no ponto P<sub>2</sub> ocorre a inversão imposta pelo potenciostato.

Nas proximidades deste ponto, o pH cai significativamente assumindo valores negativos; em seguida, o pH aumenta um pouco;

- **ponto P<sub>3</sub>** – neste ponto é observada nitidamente a transição da corrente anódica para catódica;
- **região IV** – nesta região, a corrente aumenta significativamente com a diminuição de potencial, observando-se pouca influência no valor do pH;
- **região V** – observa-se nitidamente a ocorrência de polarização por concentração.

As Figuras 2e e 2f mostram as imagens obtidas no MEV/FEG da região de fresta proposital sob o anel de Viton® e da região central do eletrodo de trabalho, respectivamente. Pode-se verificar que ocorreu ataque da liga em ambas as regiões (fora e dentro da fresta). Cabe mencionar que em nenhum caso, foi observada corrosão localizada tipo pite. Quando a corrosão se manifestava, ocorria de maneira generalizada dentro e fora da fresta. Uma observação mais detalhada da morfologia da corrosão mostrou que estava ocorrendo corrosão preferencial da fase ferrítica.

Para poder interpretar a curva de polarização da Figura 2a, é necessário primeiramente verificar se a mudança brusca de inclinação ocorreu antes ou depois do potencial de equilíbrio da reação de oxirredução de oxigênio:



Para o eletrólito usado, NaCl a 3,56 %, pH inicial igual a 7,55, porém na condição aerada naturalmente (pressão parcial de oxigênio igual a 0,2 atm), este potencial pode ser obtido usando a equação de Nernst (veja o quadro acima).

Para uma condição desaerada, adotada para o levantamento da curva de polarização da

#### POTENCIAL OBTIDO USANDO A EQUAÇÃO DE NERNST

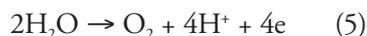
$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,228 + 0,0147p_{\text{O}_2} - 0,0591\text{pH} \quad (2)$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,228 + 0,0147 \times 0,2 - 0,0591 \times 7,55 \quad (3)$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 0,785 \text{ V (EH)} = 0,544 \text{ V (ECS)} \quad (4)$$

Figura 2a, o potencial de equilíbrio do oxigênio ( $E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}$ ) é menor ainda. Considerando, para a condição desaerada, o valor da pressão parcial do oxigênio igual a  $10^{-6}$  atm, o potencial de equilíbrio estimado seria de 0,541 V (ECS).

O valor do potencial para o qual se observou o aumento brusco (ponto P<sub>1</sub>) é da ordem de ~0,95 V (ECS), potencial este muito maior do que o potencial de equilíbrio  $E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}$  estimado. Isto mostra que quando a curva de polarização atinge o valor do potencial igual a 0,541 V (ECS) começa a ocorrer a reação (1) no sentido da oxidação, ou seja, ocorre a decomposição da água com formação de gás oxigênio:



Obviamente, logo que se atinge este potencial, a velocidade desta reação é muito baixa e aumenta com o aumento da polarização anódica. No entanto, neste caso, a corrente continua baixa por cerca de 400 mV acima do potencial de equilíbrio do oxigênio decorrente da alta resistência à corrosão do aço superduplex: a camada passiva formada sobre a liga polariza a reação da decomposição da água. A ocorrência da reação de redução do oxigênio pode ser percebida pela diminuição gradativa do pH do eletrólito nas proximidades do eletrodo de trabalho.

No ponto P<sub>1</sub> da curva de polarização, o aumento brusco da corrente pode estar associado a dois fatos:

- valor suficiente de potencial capaz de vencer a camada passiva, ou seja, a reação de decomposição da água pode estar ocorrendo através da camada passiva (condução eletrônica através da camada de óxidos);
- quebra da camada passiva, decorrente aos altos valores de potencial.

A ocorrência de uma ou outra hipótese apontada será discutida mais adiante.

Após o ponto P<sub>1</sub>, na região II, observa-se um rápido aumento da corrente acompanhada por uma diminuição expressiva do pH, o que corrobora a hipótese apontada da ocorrência da reação de decomposição da água. A histerese depois da reversão do potencial indica que além da reação de decomposição da água, está ocorrendo a dissolução do eletrodo de trabalho, fato claramente constatado pela observação da superfície do eletrodo de trabalho após o término da polarização cíclica.

Um fato importante a ser verificado é o cruzamento da curva ascendente com a curva descendente: este cruzamento ocorre a um valor de potencial muito alto (cerca de 0,8 V (ECS)), indicando que a liga se repassivou rapidamente.

Depois do cruzamento, tem-se o ponto P<sub>3</sub> que indica transição da corrente anódica para catódica. Observando os valores de pH nas vizinhanças do ponto P<sub>3</sub>, verifica-se que este ponto se encontra entre os valores 2,9 e 3,1, sendo razoável considerar que, no referido ponto, o pH se-

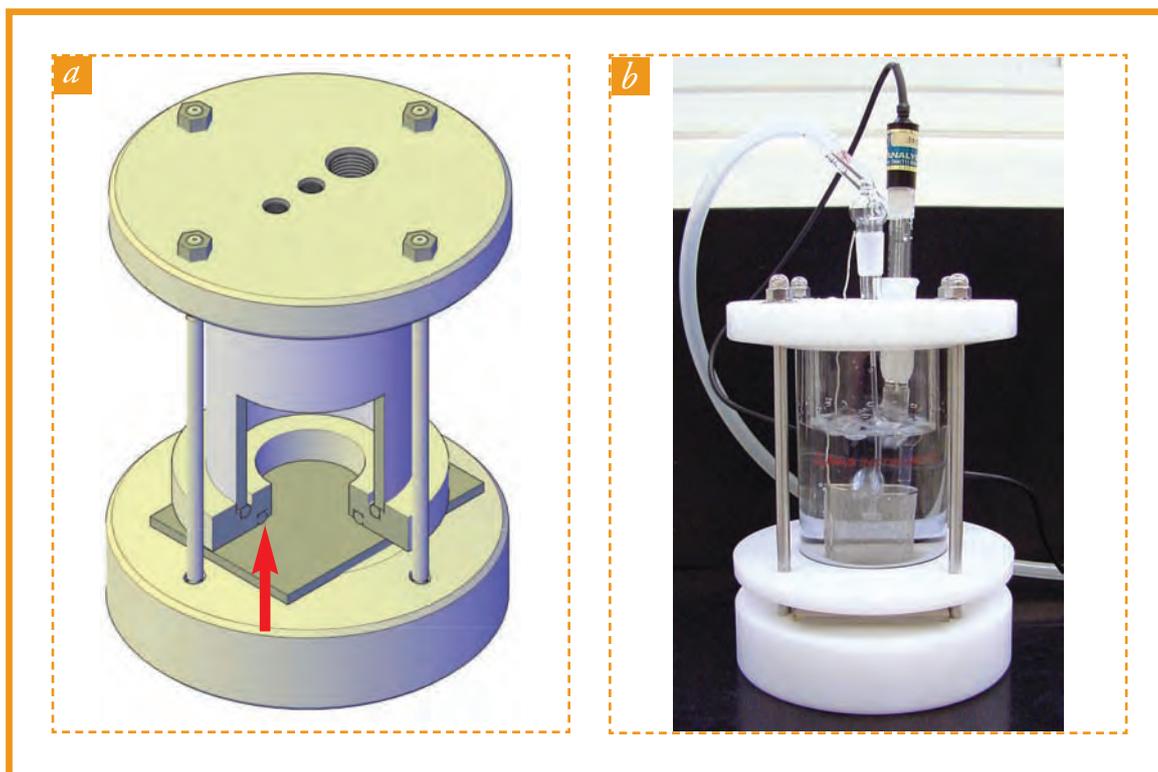


Figura 1 – a. Representação esquemática da célula desenvolvida no laboratório semelhante à célula de Tait. A seta vermelha mostra a fresta circunferencial formada. b. Imagem da célula montada, com a solução de ensaio (NaCl a 3,56 %), mostrando o posicionamento do contraeletrodo de platina e do capilar de Luggin com o eletrodo de referência de calomelano saturado. Desaeração da solução por meio do borbulhamento de gás nitrogênio

ja muito próximo de 3,0. O potencial de equilíbrio calculado a partir da equação 3, para pH 3,0 e pressão parcial de oxigênio igual a 1 atm (notar que está sendo gerado gás oxigênio que está escapando para a atmosfera) é de 0,795 V (ECS), valor este muito próximo do valor do potencial correspondente ao ponto P<sub>3</sub>. Isto mostra que a transição corrente anódica para catódica refere-se ao ponto de equilíbrio da reação 1.

Agora é fácil concluir que a curva descendente depois do ponto P<sub>3</sub> representa a curva catódica da reação de redução do oxigênio ( $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ ), sendo a curva na região V a curva de polarização por concentração do oxigênio com uma corrente limite um pouco superior a  $10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup>.

Cita-se que num eletrólito em contato com ar atmosférico,

a corrente limite do oxigênio é da ordem de  $10^{-5}$  A/cm<sup>2</sup> (6). Como neste caso, a curva catódica do oxigênio foi obtida logo após a produção de gás oxigênio (curva anódica, regiões II e III), portanto na condição de saturação com oxigênio, era de se esperar que a corrente limite do oxigênio assumisse valores maiores do que  $10^{-5}$  A/cm<sup>2</sup>, uma vez que a corrente limite é proporcional à pressão parcial de oxigênio que é maior na condição saturada do que na condição de simples contato do eletrólito com ar atmosférico.

Resta analisar as hipóteses levantadas para o aumento brusco da corrente no ponto P<sub>1</sub>, se decorrente da ocorrência da decomposição da água através da camada de óxidos ou se decorrente da quebra da própria camada de óxidos. Para tentar apontar a hipótese mais provável

foram levantadas mais duas curvas de polarização semelhantes ao da curva da Figura 2, a saber:

- **1ª curva de polarização:** varrendo o potencial até um ponto logo após o ponto P<sub>1</sub> (0,002 mA/cm<sup>2</sup> que correspondeu a 988 mV (ECS)), suspendendo a varredura e examinando a superfície do eletrodo de trabalho no MEV/FEG;
- **2ª curva de polarização:** varrendo o potencial até um ponto logo após o ponto P<sub>1</sub> (portanto igual ao anterior, ou seja, 988 mV (ECS)), porém mantendo o eletrodo de trabalho neste potencial por 30 minutos com registro tanto da corrente como do pH em função do tempo.

Observando a imagem do eletrodo de trabalho após a polarização, nenhuma alteração foi verificada no aspecto do eletrodo de trabalho, não se notando a

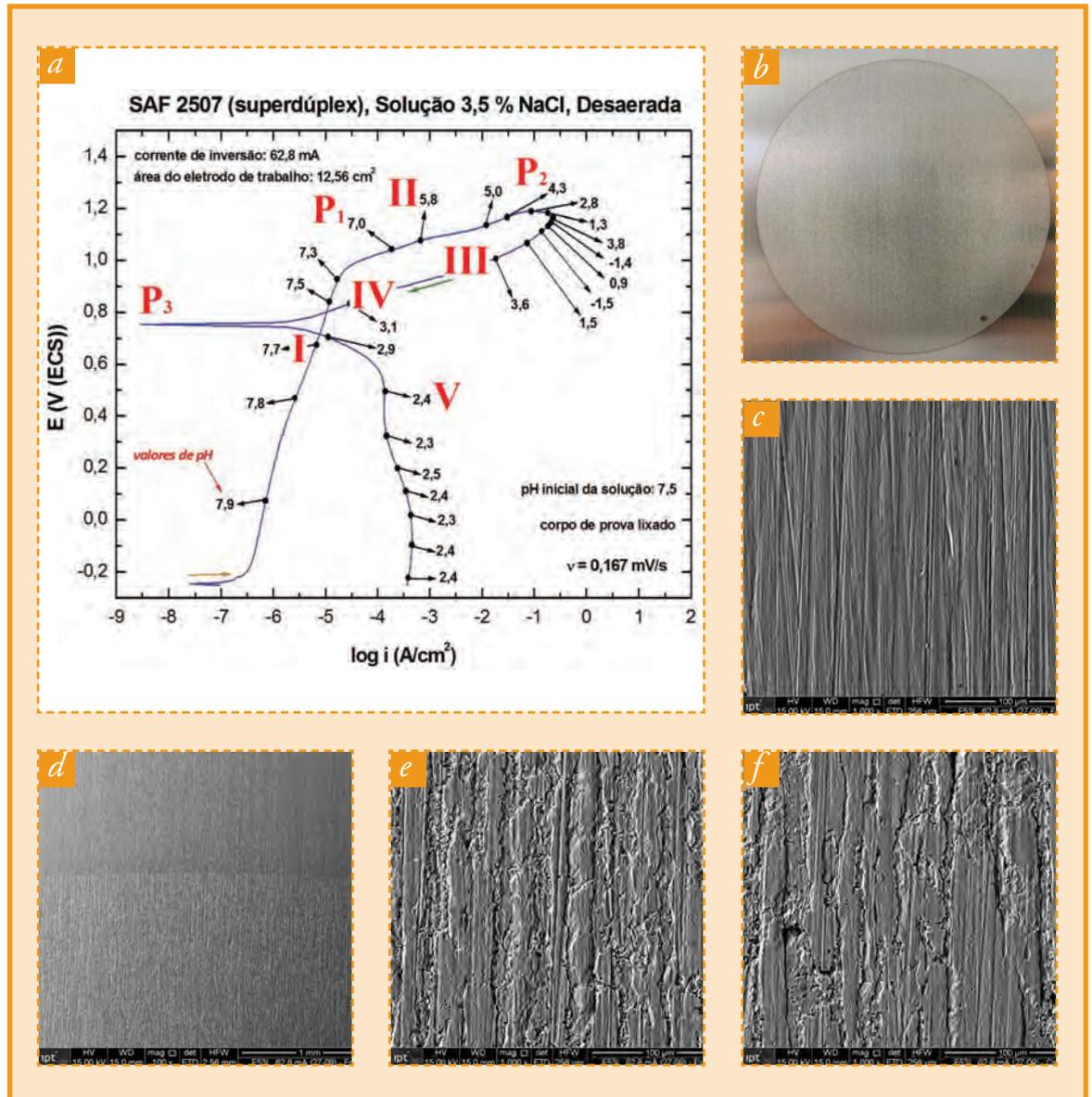


Figura 2 – a. Curva de polarização potenciodinâmica cíclica do aço inoxidável superdúplex SAF 2507, com o monitoramento de pH e densidade de corrente de inversão igual a 5 mA/cm<sup>2</sup> (62,8 mA para a área de 12,56 cm<sup>2</sup>);

b. Eletrodo de trabalho após ensaio;

Imagens MEV/FEG:

c. região não ensaiada (aumento: 1000 x);

d. interface região não ensaiada / região ensaiada (aumento: 100 x);

e. dentro da fresta circunferencial (aumento: 1000 x);

f. região ensaiada – centro (aumento: 1000 x).

região circular delimitada pelo anel de Viton®, o que leva a supor que não ocorreu ataque da liga. No entanto, poder-se-ia levantar a seguinte questão: o tempo foi muito curto para se notar um ataque significativo. Por esta razão, levantou-se a segunda curva de polarização.

Novamente observando a imagem do eletrodo de trabalho após a segunda polarização, verificou-se que, conservando tal eletrodo polarizado a um potencial imediatamente após o ponto P<sub>1</sub> da Figura 2a, ocorreu apenas um leve manchamento circunferencial, mas que o exame no

MEV/FEG não revelou sinais de ataque da liga. Isto leva a concluir que o aumento da corrente após o ponto P<sub>1</sub> decorre da decomposição da água que se dá através da camada de óxidos que continua protegendo a liga.

Como após o levantamento da curva de polarização da Figu-

ra 2a, o eletrodo de trabalho apresentava-se corroído, pode-se supor que a acidificação excessiva do eletrólito junto ao eletrodo de trabalho, associada ao aumento do potencial, tenham determinado a quebra da camada passiva formada sobre a liga. Para confirmar esta hipótese, resolveu-se levantar mais duas curvas de polarização, porém para um valor de densidade de corrente mais afastado do ponto  $P_1$ , como, por exemplo,  $0,003 \text{ mA/cm}^2$ , que correspondeu a  $1,04 \text{ V (ECS)}$ . Desta maneira, observou-se corrosão do eletrodo de trabalho somente dentro da fresta na condição em que o mesmo foi mantido polarizado por 30 minutos. Vale ressaltar que, durante a aplicação do potencial, o pH da solução junto ao eletrodo de trabalho atingiu valores da ordem de 3,0. Provavelmente, no interior da fresta proposital, valores menores de pH foram atingidos.

Estes resultados mostram que o aumento brusco da densidade de corrente observado na curva de polarização do aço inoxidável superdúplex SAF 2507 em meio NaCl 3,5 %, pH 7,55, mostrado na Figura 2a, é devido à reação da decomposição da água e a corrosão generalizada observada em toda a superfície da liga após o levantamento das curvas (Figuras 2e e 2f) decorre da acidificação do meio nas imediações do eletrodo de trabalho.

Resta discutir a interpretação da curva de polarização da Figura 2a no que se refere à susceptibilidade à corrosão por pite e em frestas. Em meios naturais, valores de potenciais de circuito aberto tão altos quanto  $0,95 \text{ V (ECS)}$ , potencial correspondente ao aumento brusco de corrente, não podem ser alcançados, visto que a reação de maior potencial de equilíbrio é a da oxirredução do oxigênio (reação 1): o potencial de circuito aberto de um metal imerso num meio assume neces-

sariamente um valor entre seu potencial de equilíbrio e o potencial de equilíbrio mais positivo dentre as possíveis reações que ocorrem na interface metal/meio.

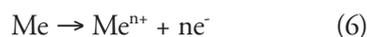
Isto indicaria que este material não é susceptível à corrosão localizada do tipo pite, por exemplo, em água do mar, porque, antes da iniciação do pite, o pH na superfície livre de uma estrutura ou equipamento confeccionado com aço SAF 2507 manter-se-ia igual ao pH da água do mar (quase neutra).

No entanto, não se poderia afirmar que a liga estudada não é susceptível à corrosão em frestas. Isto porque somente a existência de uma fresta pode determinar a acidificação do eletrólito nele confinado, especialmente no caso de ligas ricas em cromo, como é o caso da liga do presente estudo. Alguns autores inclusive afirmam que as técnicas de verificação da susceptibilidade à corrosão por pite, como os ensaios em cloreto férrico e os ensaios eletroquímicos, não são adequados para prever o desempenho de ligas em campo <sup>(7)</sup>.

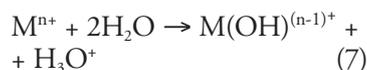
Quando um aço inoxidável contendo frestas é imerso em meios cloretados, como a água do mar, e se mantém passivo, as velocidades de corrosão são muito baixas e iguais à corrente de passivação: a liga é oxidada e o oxigênio reduzido. No início da imersão, as velocidades de corrosão são iguais dentro e fora da fresta. No entanto, mesmo para valores muito baixos de velocidade de corrosão, passado algum tempo, o oxigênio junto à superfície metálica é consumido, sendo repostado por difusão, fora da fresta, não ocorrendo o mesmo dentro desta. Passado algum tempo, a concentração do oxigênio dentro da fresta chega a níveis muito baixos, podendo inclusive ser nula (na fresta ocorre desaeração).

Como resultado da diminui-

ção da concentração de oxigênio dentro das frestas, a redução do mesmo limita-se a ocorrer, em grande escala, fora das frestas. Ao mesmo tempo, dentro das frestas, ocorre a dissolução anódica dos constituintes destas ligas, segundo a seguinte reação:

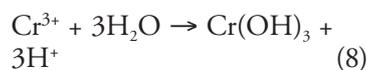


onde  $M = \text{Fe, Cr, Ni, Mo}$ . Em seguida, estes cátions podem sofrer hidrólise, ocorrendo a produção simultânea de íons hidrogênio (hidrônio), segundo a reação:



Esta reação determina a acidificação do eletrólito dentro da fresta. Além disto, ocorre enriquecimento de íons cloreto dentro da fresta: para manter a eletroneutralidade, os íons cloreto se dirigem do seio da solução para dentro da fresta e, no sentido oposto, outros cátions não envolvidos nas reações de hidrólise (como, por exemplo, o  $\text{Na}^+$ ) saem das frestas para o seio da solução. Assim, um eletrólito muito agressivo (mais rico em cloreto e mais ácido) se forma dentro da fresta.

Dentre os metais constituintes dos aços inoxidáveis, o teor de cromo exerce um papel muito importante no mecanismo descrito, pois a constante de hidrólise dos íons de cromo é muito maior do que a dos íons de ferro e de outros metais presentes na fresta<sup>(8)</sup>, conforme mostra a Tabela 2. Portanto, a acidez dentro da fresta aumenta principalmente devido à hidrólise dos íons de cromo, de acordo com a seguinte reação:



Segundo a literatura<sup>(9)</sup>, valores da na faixa de 0 (zero) a 2 já

foram encontrados em frestas de aços inoxidáveis.

Diante do exposto, pode-se entender a discordância observada entre o ensaio eletroquímico e o ensaio de campo do estudo realizado pelos autores. Muito provavelmente, no ensaio de campo de longa duração (150 dias), o tempo foi suficiente para que o eletrólito dentro das frestas se modificasse assumindo valores de pH suficientemente baixos para quebrar a camada passiva dentro da fresta expondo a liga a um eletrólito mais agressivo, tanto em termos de pH como em termos de concentração de cloretos.

Assim, acredita-se que o ensaio da norma ASTM G 61<sup>(1)</sup> não é adequado para classificar a susceptibilidade à corrosão em frestas das ligas mais resistentes à corrosão como o do presente estudo (aço inoxidável superduplex), devendo este ensaio ser substituído por outro em que se considere a acidificação do meio. Os autores estão conduzindo ensaios com levantamento de curvas de polarização com a mesma solução sugerida pela ASTM G 61<sup>(1)</sup>, porém com valores de pH mais baixos e já verificaram que quando se abaixa o pH da solução de cloreto de sódio 3,56 %, o aumento brusco de corrente ocorre em potenciais abaixo do potencial da oxirredução de oxigênio (reação 1). Espera-se que estes ensaios permitam o estabelecimento de uma metodologia mais segura para avaliar a susceptibilidade de corrosão em frestas dos aços do tipo estudado neste trabalho.

## Conclusões

O levantamento de curvas de polarização do aço inoxidável superduplex em NaCl a 3,56 %, com monitoração do pH do eletrólito nas vizinhanças do eletrodo de trabalho, permitiu a interpretação das curvas de polarização.

Verificou-se que no sistema estudado, o aumento brusco da corrente, que ocorre depois do potencial de equilíbrio da reação de oxirredução do oxigênio, é devido à decomposição da água que determina a diminuição do pH do eletrólito a níveis muito baixos capazes de determinar, juntamente com os altos valores de potencial, a quebra da camada passiva do aço superduplex e, conseqüentemente, a corrosão generalizada da liga.

Este estudo mostrou também que a norma ASTM G 61<sup>(1)</sup> não é adequada para classificar a resistência à corrosão em frestas da liga estudada, sendo necessário um estabelecimento de uma metodologia de ensaio que simule melhor as condições observadas em campo.

## Referências Bibliográficas

1. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1986 (Reapproved 2009). G 61: *Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt-Based Alloys*. Pennsylvania. 5 p.
2. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, Cristiane V.; MATOS, R. B.; ALMEIDA, N. L.; PIMENTA, G. S. *Avaliação do desempenho dos aços inoxidáveis AISI 316L e superduplex AISI F53 quanto à corrosão em frestas*. In: 11ª Conf. sobre Tecnologia de Equipamentos, 11, 2011, Porto de Galinhas. Anais. Porto de Galinhas: Assoc. Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção, 2011. 1 CD 11a Coteq.
3. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; ALMEIDA, N. L.; MATOS, R. B.; PIMENTA, G. S. *Avaliação por meio de ensaios de imersão da resistência à corrosão em frestas dos aços AISI 316L e AISI F53*. *Corrosão e proteção*, v. 8, p. 28-32, 2011.
4. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; ALMEIDA, N. L.; PIMENTA, G. S. *Performance evaluation of AISI 316L and super duplex AISI F53 stainless steels regarding crevice corrosion*. In:

*18th International Corrosion Congress, 2011, Perth. 18th International Corrosion Congress, 2011.*

5. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2001 (Reapproved 2007). G 78: *Standard Guide for Crevice Corrosion Testing of Iron-Base and Nickel-Base Stainless Alloys in Seawater and Other Chloride-Containing Aqueous Environments*. Pennsylvania. 8 p.
6. OHBA, M. *Corrosão por aeração diferencial*. *Dissertação (Mestrado em Engenharia)* – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 210 p. Apêndice II-6.
7. CARPENTER, M.D.; FRANCIS, R.; PHILLIPS, I.M.; OILFIELD, J.W. *Electrochemical tests to assess resistance to crevice corrosion in sea water of some duplex stainless steels*. *British Corrosion Journal*, v. 21, n. 1, p. 45-48, 1986.
8. OLDFIELD, J. W.; SUTTON, W. H. *Crevice corrosion of stainless steels: I. Mathematical Model*. *British Corrosion Journal*, v. 13, n. 1, p. 13-22, 1978.
9. BETTS, A. J.; BOULTON, L. H. *Crevice corrosion: review of mechanisms, modelling and mitigation*. *British Corrosion Journal*, v. 28, n. 4, p. 279-295, 1993.

---

### **Cristiane Vargas Pecequilo**

Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Escola Politécnica da USP (2008).  
Pesquisadora assistente do IPT.

### **Zebbour Panossian**

Doutora em Ciências, Diretora de Inovação do IPT.

### **Renata Angelon Brunelli**

Técnica Química do IPT.

### **Juliana Pereira Flor**

Técnica Metalurgista do IPT.

### **Gutemberg de Souza Pimenta**

Mestre, Engenheiro Mecânico – CEN-PES/PETROBRAS.

Contato com a autora:  
vargas@ipt.br

## Smartcoat investe em equipamentos e aposta em renovação

A Blasprint – Pintura Industrial alterou sua razão social para SMARTCOAT – Engenharia em Revestimentos Ltda. A mudança faz parte de uma série de alterações visando preparar a empresa para atender com excelência desafios futuros. Todos os contatos no escritório central, localizado em Taubaté (SP), estão mantidos, bem como os da base operacional de Macaé (RJ). O site passa a ser [www.smarcoat.com.br](http://www.smarcoat.com.br).

Especializada em serviços de preparação de superfícies e pintura de plataformas marítimas, oferecendo um série de soluções por jateamento ou hidrojateamento, a Smartcoat apresenta melhorias concluídas recentemente, tais como as reformas das unidades de Taubaté e Macaé, substituição dos equipamentos do canteiro de Macaé, automação do recolhimento de abrasivos da cabine de jateamento e construção de nova oficina para máquinas de hidrojato.

Destaque ainda para dois investimentos: a aquisição de mais de 19 máquinas de hidrojato de 3 bicos (totalizando 43 máquinas de hidrojato e 105 bicos operacionais) e a aquisição de mais uma unidade robótica da Flow (Hydrocoat). Estes novos investimentos têm por objetivo ampliar ainda mais as melhores condições de trabalho para os colaboradores e o atendimento aos clientes.

### Foco no off-shore

Por ser focada em serviços *off-shore*, a Smartcoat tem no hidrojateamento seu principal pro-



*Start-up da unidade robótica na base de Macaé*

cesso de preparação de superfície, atividade que minimiza os danos ambientais, visto que não necessita abrasivo e, portanto, gera apenas os resíduos removidos das superfícies. Atualmente, a empresa conta com a maior quantidade de equipamentos de hidrojatos no Brasil, por empresa.

A nova unidade de robótica para preparação de superfícies conta com o sistema HydroCat, composto pelo FlowVac, sistema de filtragem e por um robô multidirecional que se prende através do vácuo à qualquer superfície horizontal ou vertical e remove 100 % dos resíduos a uma taxa de até 90 m<sup>2</sup> por hora, com apenas um operador.

## Boas-vindas

### A ABRACO dá as boas-vindas às novas empresas associadas

#### VECTOR LABORATÓRIO

A Vector Laboratório de Análises de Água e Corrosão Ltda. atua no mercado desde 2011 na área de corrosão e análises ambientais. Realiza ensaios para o gerenciamento de corrosão interna de dutos e desenvolvemos soluções biotecnológicas que contribuem para a sustentabilidade. A Petrobras e a Transpetro são os maiores parceiros e clientes da empresa. Realiza ensaios líquidos e sólidos: Detecção de Matéria Orgânica e Inorgânica, Taxa de Corrosão Generalizada (cupom), FRX – Fluorescência de Raio X por Energia Dispersiva, Perda de Massa (decapagem de corpos de prova), Medição de Pit, Ensaio Nace - Corpos de Prova (2 e 3 apresentando corrosão por fluidos), Isolamento, Identificação e Caracterização Fisiológica, Detecção de Bactérias Solubilizadoras de Fosfato, Biocontrole, Detecção e Quantificação de Bactérias (BRS).



*Mais informações:* (19) 3454.5664 / [www.vectorlaboratorio.com.br](http://www.vectorlaboratorio.com.br)



Marcus Andrade

## Do *sonho* à realidade: um caminho para empreender com sucesso

*Fundamentar uma missão de vida em um sonho, em uma paixão, pode transformar o mundo*

Cada vez, é mais comum o número de jovens universitários e profissionais de atitude que abandonam seus empregos para se arriscarem no mundo do empreendedorismo, no Brasil. Neste contexto, posso dizer que há poucos anos me tornei parte da estatística e tenho orgulho disto. Dizem os especialistas que crises econômicas são os melhores momentos para se empreender. Seguindo esta observação, no início de 2009, deixei de lado um emprego estável no mercado farmacêutico e decidi abrir meu próprio negócio, em busca de novas oportunidades.

Meu sonho profissional sempre foi trabalhar em algo que tornasse o mundo em um lugar melhor para as pessoas. Quando percebi que, através da educação continuada para farmacêuticos, poderia especializar profissionais para produzir qualidade de vida, saúde e cura aos brasileiros, não quis mais saber de outra coisa e assim fiz de minhas intenções empreendedoras uma realidade.

Apesar da vontade e atitude, perguntas e dúvidas (ora criadas por mim, ora criadas por agentes externos) abalavam a crença de que minhas intenções empreendedoras poderiam se tornar realidade. Qual seria a primeira ação a tomar para ter uma empresa? Como empreender com recursos financeiros limitados? Onde buscar referências? O que poderia considerar? E o que deveria ignorar?

Neste período, aprendi que não são apenas os contatos que se tem, nem os estudos mercadológicos que você faz e nem mesmo a educação universitária que você investe. É preciso muito mais do que isso... Antes de tudo, o sonho tem que existir junto com um propósito maior, que resulte em benefícios – não somente para você, mas para toda a sociedade. Fundamentar uma missão de vida em um sonho, em uma paixão, pode transformar o mundo. Henry Ford, Santos Dumont, Bill Gates e Steve Jobs – grandes empreendedores do mundo contemporâneo estão aí para provar isto.

É ilusório pensar que todo empreendedor, no papel de empresário, fica rico no primeiro ano e tem mais tempo para fazer o que deseja. Confesso que no princípio pensava assim, mas logo percebi que “dono de negócio” precisava pensar o oposto. Foi, então, que precisei decidir: continuar ou parar? O sonho falou mais alto e apliquei minha própria filosofia: observe, compreenda e viva o seu propósito (sonho – missão de vida)!

Se não existisse um sonho, na primeira falta de recursos em caixa ou na primeira reclamação de um cliente, a minha decisão de abandonar o negócio seria tomada de forma irreversível. Quando existe uma causa, tudo o que se faz é realizado com dedicação, transpiração, persistência.

Em 2012, após três anos de realizações, acompanho o dia a dia de centenas de farmacêuticos em busca de um mundo melhor, através dos melhores ensinamentos do mercado pelos cursos de pós graduação no ICTQ – Instituto de Ciência, Tecnologia e Qualidade. No trabalho conjunto com minha equipe, contribuo na evolução profissional de pessoas que se desenvolvem com mais qualidade. Em consequência disso, eles ganham mais, viajam mais e compartilham momentos sem preço com a família.

Se você pretende empreender, observe que a base de sustentação para qualquer empreendimento ou negócio está no sonho, no desejo e nas atitudes de realização de cada um. Pergunte-se: qual é o propósito de minha vida? Como posso servir as pessoas, com os meus valores, com a minha visão de mundo?

---

### **Marcus Vinicius de Andrade**

Formado em Administração de Empresas, é fundador e diretor executivo do ICTQ – Instituto de Ciência, Tecnologia e Qualidade

Contato: [www.ictq.com.br](http://www.ictq.com.br)

# Empresas associadas à ABRACO

**ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.**

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

**AIR PRODUCTS BRASIL**

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

**AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS**

[www.akzonobel.com/international/](http://www.akzonobel.com/international/)

**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)

**AXSON – BS COATINGS**

[www.bs-coatings.com](http://www.bs-coatings.com)

**BERNARDI LTDA.**

[joseroberto@pinturasbernardi.com.br](mailto:joseroberto@pinturasbernardi.com.br)

**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)

**CBSI – COMP. BRAS. DE SERV. DE INFRAESTRUTURA**

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

**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)

**D. F. OYARZABAL**

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

**DETEN QUÍMICA S/A**

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

**DUPONT DO BRASIL S/A**

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

**ELETRONUCLEAR S/A**

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

**EGD ENGENHARIA**

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

**GAIA TEC. 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.br](http://www.harco brasil.com.br)

**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)

**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)

**ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN**

[qualidade@icnavais.com](mailto:qualidade@icnavais.com)

**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)

**MARIA A. C. PONCIANO – ME**

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

**MUSTANG PLURON QUÍMICA LTDA.**

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

**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)

**OPEMACS SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA.**

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

**PORTCROM INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.**

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

**PRESSERV DO BRASIL LTDA.**

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

**PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.**

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

**QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.**

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

**RENNER HERMANN S/A**

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

**RESINAR MATERIAIS COMPOSTOS**

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

**REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.**

[bernardi@pinturasbernardi.com.br](mailto:bernardi@pinturasbernardi.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)

**SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL - DIV. SUMARÉ**

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

**SMARTCOAT – ENG. EM REVESTIMENTOS LTDA.**

[www.smartcoat.com.br](http://www.smartcoat.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.tbq.com.br](http://www.tbq.com.br)

**TECNOFINK LTDA.**

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

**TECNO QUÍMICA S/A.**

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

**TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.**

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

**ULTRAJATO ANTICORROSÃO E PINT. INDUSTRIAIS**

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

**UTC ENGENHARIA S.A.**

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

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

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

**VECTOR LAB. DE ANÁLISES DE ÁGUA E CORR. LTDA.**

[zilda@vector-tecnologia.com.br](mailto:zilda@vector-tecnologia.com.br)

**WEG TINTAS**

[www.weg.net](http://www.weg.net)

**W&S SAURA LTDA.**

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

Mais informações: Tel. (21) 2516-1962  
[www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)

# Alianças duradouras, valiosas, resistentes. Assim como o níquel.

Transformar barreiras em oportunidades é a chave para o sucesso.  
Há mais de 30 anos, nos transformamos em um parceiro de negócios capaz de oferecer a segurança que a sua empresa precisa.



#### Distribuidores

Alpha Galvano  
Comercial Cometa  
Dileta  
IBFL  
Metal Coat

#### Telefones

11 4646 - 1500  
11 2105 - 8787  
11 2139 - 7500  
11 4447 - 9100  
19 3936 - 8066

#### Escritório de Vendas

Votorantim Metais  
Tel. 11 2159 - 3259  
Fax 11 2159 - 3260  
[www.vmetais.com.br](http://www.vmetais.com.br)

 **Votorantim**  
Metais