

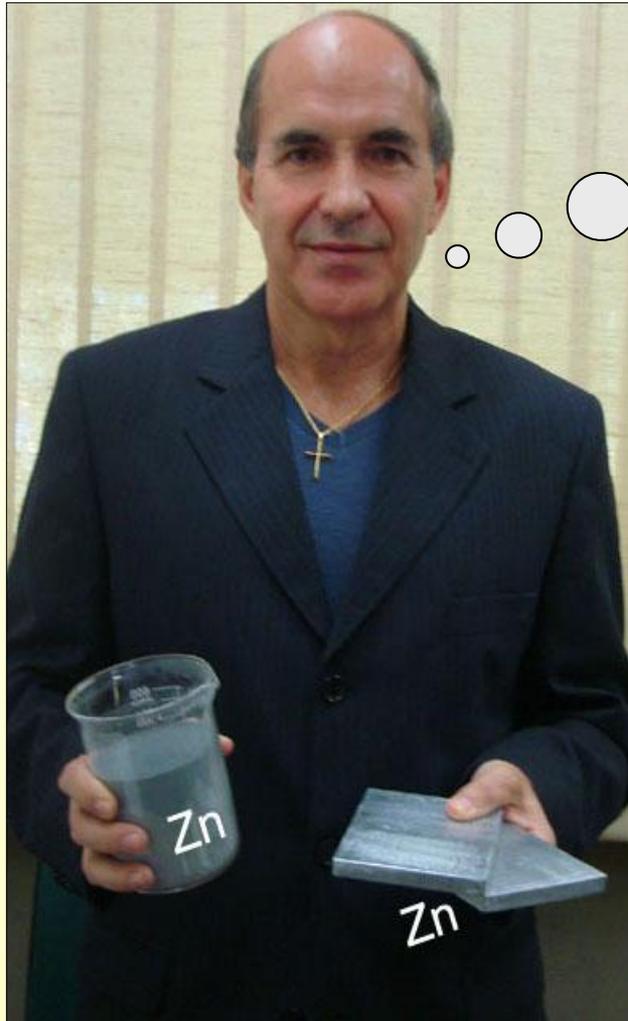


# Galvanização & Pintura no Setor Elétrico



**Fernando de Loureiro FRAGATA**  
**DTE – Departamento de Tecnologias Especiais**





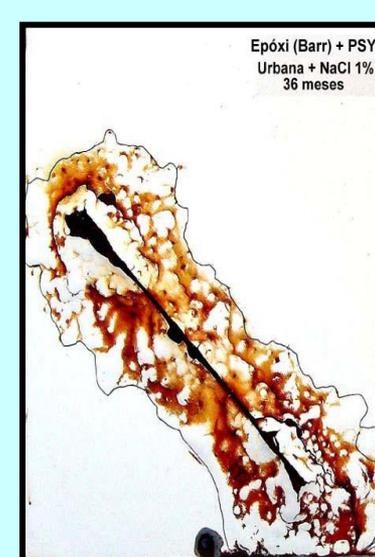
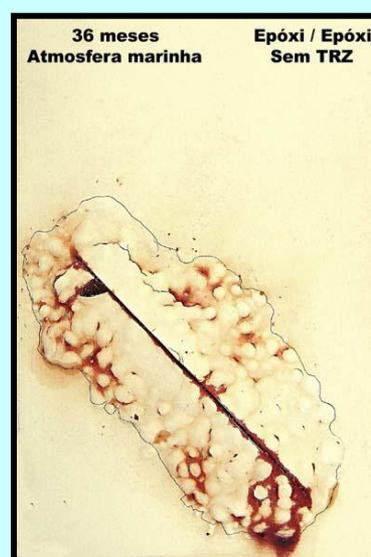
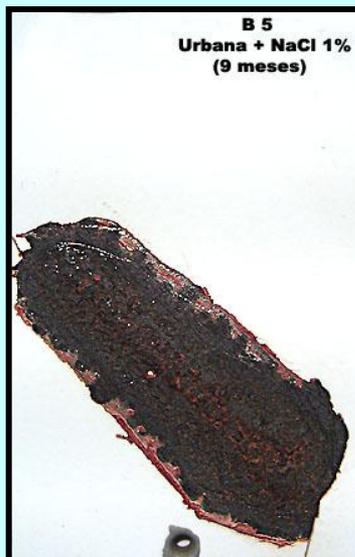
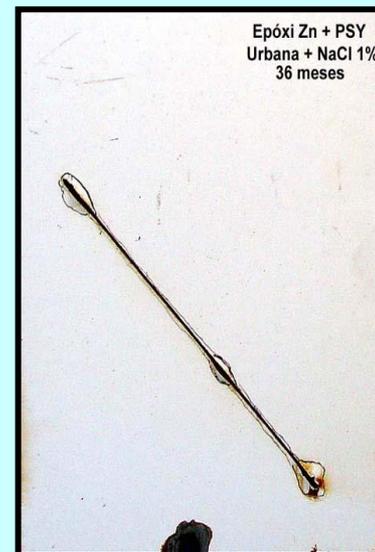
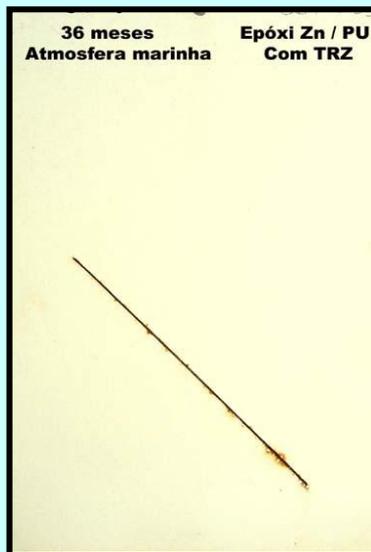
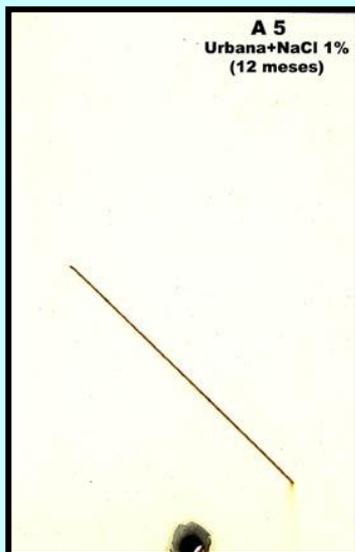
**Por que sou fã do zinco?**

**Resposta Simples !**

**Porque funciona, quando corretamente especificado em função das condições de exposição e de trabalho.**

**No campo da proteção anticorrosiva, proporciona excelente relação custo/benefício.**

# Esquemas de Pintura Com e Sem Tintas de Fundo Ricas em Zinco



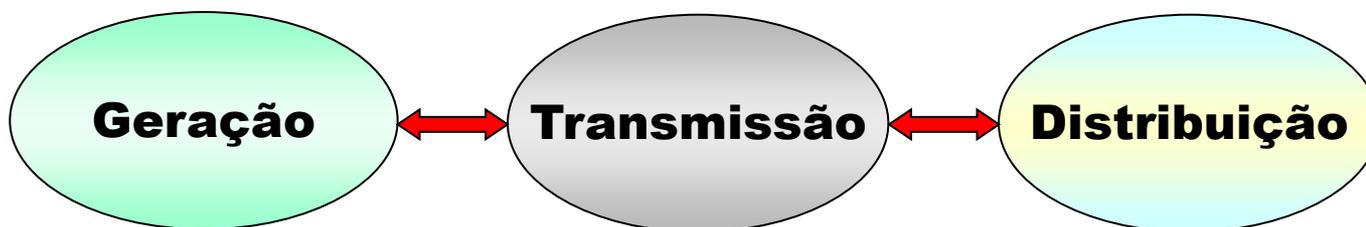
## Em relação aos esquemas de proteção por barreira:

- ❖ **Melhor (muito) proteção na região de falhas do revestimento. Significa também aumento da vida útil dos equipamentos e das estruturas metálicas.**
- ❖ **Maior tolerância a sais solúveis na superfície. Portanto, melhor desempenho à corrosão.**
- ❖ **Redução dos custos de manutenção e do número de paradas dos equipamentos para realização de tais serviços.**

# Aço Zincado por Imersão a Quente (AZIQ) no Setor Elétrico (Eletrobras)



❖ Uma das principais técnicas de proteção anticorrosiva das estruturas metálicas e dos equipamentos elétricos nas áreas de:



**Para facilitar a apresentação, AZIQ = Aço Galvanizado**

**Análise feita pelo Laboratório de Corrosão do IPT  
(Dra. Zebhour Panossian e Sidney Oswaldo)**



## Opinião de Técnicos do Setor

**Resistência à corrosão**, embora se saiba que a durabilidade é função das condições de agressividade do meio.

**Resistência à abrasão**, técnicos sobem e caminham pelos perfis da estruturas metálicas.

**Resistência ao impacto**, suporta queda de ferramentas de alturas elevadas.

**Relação custo / benefício altamente favorável.**

## Zinco, o suplemento-promessa do momento

Pesquisas apontam atuação do mineral na gripe e na libido: 300 enzimas do organismo dependem dele

Viviane Nogueira

• Depois do cálcio, do ferro e da vitamina D, chegou a vez do zinco. Com atuação no crescimento, no sistema imunológico, nos hormônios sexuais e em processos enzimáticos importantes, o zinco foi alçado à condição de suplemento da vez nas pesquisas.

Há cerca de um mês, uma revisão de pesquisas mostrou que um comprimido, tablete ou xarope de zinco tomado em até 24 horas depois do primeiro espirro poderia aliviar os sintomas e diminuir a duração da gripe. Logo depois, alimentos tidos como afrodisíacos — como ostras e chocolate — tiveram seu alto nível de zinco enfatizado. E, no início deste mês, a Academia de Odontologia Geral americana alertou para a quantidade de zinco consumida pelos usuários de dentaduras, já que o excesso de uso dos adesivos fixadores (que contêm zinco) pode causar náusea, dor de estômago e irritação na boca. Mas afinal, o zinco é mesmo tão importante?

Segundo a professora Sílvia Cozzolino, titular da Faculdade de Ciências Farmacéuticas da Universidade de São Paulo,



Fotos de Leonardo Azeite

AS OST  
têm a r  
concent  
do min  
carênci  
pode  
prejudi  
libido

decilitro. Pessoas que ficam muitas vezes resfriadas ou doentes podem estar deficientes — alerta.

Segundo o Instituto de Metais Não Ferrosos, o corpo humano adulto tem entre 2 e 3 gramas de zinco e 2 Kg de metais totais incluindo zinco — mais da metade do total é cálcio, seguido do

envolvimento, a cicatriza imunidade e o desenvolve sexual — exemplifica.

Para melhorar a digestão, a solução pode estar em mudanças de hábitos mentais, como beber mais líquidos às refeições, e, menos, reduzir a ingestão de carne e usar chás digestivos.

# Importância de se Difundir as Propriedades do AZIQ (Aço Galvanizado)



- ❖ **Apesar de ser um material de boa resistência à corrosão atmosférica, o AZIQ não está imune ao desconhecimento dos fatores básicos de proteção anticorrosiva.**
- ❖ **Inúmeros casos de corrosão poderiam ter sido evitados utilizando-se, corretamente, os conhecimentos básicos de corrosão. Outros podem requerer estudos adicionais para se obter maior durabilidade do revestimento obtido por galvanização.**

## Casos de Corrosão em Subestações, Torres e Outros

## Taxa de Corrosão do Zinco em Diversas Atmosferas (MICAT, CYTED) (\*)

Local	Atmosfera	Taxa de Corrosão	
		(μm / ano)	
		Aço ao carbono	Zinco
Caratinga (MG)	Rural	9	0,8
Ipatinga (MG)	Rural / Industrial	53	1,1
São Paulo	Urbana	23	1,5
Belém	Rural (úmido)	19	1,1
Cubatão	Industrial	99	2,0
Fortaleza	Marinha	118	5,5
Sines (Port)	Marinha/cost.	411	3,8
Ubatuba (SP)	Marinha	219	7,8

(\*) Os valores das taxas de corrosão podem variar em função de um grande número de fatores (ex.: condições de estocagem, de operação, de exposição, do projeto das estruturas e dos tipos de agente agressivo)

## Manutenção não é Custo , é Investimento

- ❖ **Os sistemas de proteção anticorrosiva necessitam de manutenção e esta atividade é importante para:**
  - **Preservar a integridade física dos equipamentos e das estruturas metálicas evitando, portanto, a perda dos mesmos.**
  - **Evitar acidentes**
  - **Evitar a ocorrência de paradas não programadas**

# Falta de Manutenção

O GLOBO

23/02/2007

RIO • 15

## Enferrujado, poste de sinal de trânsito tomba na Av. Atlântica

Por sorte, ninguém atravessava. Cidade tem problemas de conservação

O GLOBO 23/02/2007

CAINDO DE PODRE

Distrito Gemma

Colômbia

• Um po  
tombou,  
de ontem  
da Atlânt  
blica do  
Segundo  
por sorte  
o sinal e  
guém at  
ra. A ba  
CET-Rio  
veitou p  
em outro

A falt  
do patri  
dia ma  
Criado  
1993, o  
miu ma  
em obr  
de 15 b  
mã cons  
peças d  
como al  
cos, ran  
nárias  
ção, em  
No inic



• Um poste de sinal de trânsito, que calu ontem de manhã, na esquina da Avenida Atlântica com a Rua República do Peru, em Copacabana. A falta de conservação tem deixado entregues ao abandono peças do mobiliário urbano, como bancos e abrigos de ônibus. **Página 15**

# Falta de Manutenção

11/07/2010 13h18 - Atualizado em 11/07/2010 13h32  
**Poste cai em Ipanema e quase acerta senhora  
que fazia exercícios**

Apesar do susto, idosa não se feriu e passa bem.  
Acidente foi na altura da Rua Joana Angélica.



Uma senhora de 69 anos fazia alongamento no calçadão da praia de Ipanema, na Zona Sul do Rio, na manhã deste domingo (11), quando um poste de sinal de trânsito caiu sobre seus ombros. Apesar do susto, a idosa não se feriu e passa bem. O acidente aconteceu na altura da Rua Joana Angélica. **(Foto: Márcio Alves / Agência O Globo).**

# Falta de Manutenção



BAIXADA EXTRA 23-06-2011

## Menina morre ao ser atingida por um poste

Erica da Silva, de 4 anos, voltava de posto de Saúde em Nova Iguaçu

■ ALINE CUSTÓDIO  
aline.custodio@extra.inf.br

O poste a atingiu na cabeça.  
— Dois meninos soltavam

CLAYTON JUNIOR



Moradores contaram que já haviam feito o pedido de troca do poste de madeira, que estava podre. Em nota, a Light lamentou a morte e informou que funcionários foram ao local prestar assistência à família. O caso foi registrado na 56ª DP (Comendador Soares). **Extra 23/06/2011**



**ERICA FERNANDES DA SILVA:** a menina foi atingida na cabeça

Mundialmente conhecido como  
Sistema "Duplex"

**Por Que Pintar Aço Galvanizado  
(AZIQ)?**

**Fatores Importantes na Pintura  
do AZIQ**

**Dependendo da agressividade do meio:**

$$D_{\text{duplex}} = 1,5 \text{ a } 2,3 (D_{\text{zinco}} + D_{\text{pintura}})$$

**Fonte : J.F.H. Van EIJSBERGEN, Duplex Systems, Elsevier, p7, London (1994).**

# O Pintor é um Profissional Fundamental Para o Sucesso de um Revestimento por Pintura

ZICA DÁ DICA PRA CUIDAR DOS CACHOS. PÁG. 27

# EXPRESSO

SÓ R\$ 0,50

DA INFORMAÇÃO

TERÇA-FEIRA, 3 DE NOVEMBRO DE 2009 - ANO IV - Nº 1110



## Mirella e Samambaia juntinhas na cama

Calma, galera! As gatas vão só acordar famosos na TV.

CONTA TUDO



### GUERRA NA VILA KENNEDY

# BANDIDOS TORTURAM PINTOR NA ZONA OESTE

Traficantes da Vila Aliança confundem o trabalhador com um integrante da facção rival e espancam o homem. PÁGINA 3

Marido de Claudia Leite é acusado de dar uns tapas em jornalista

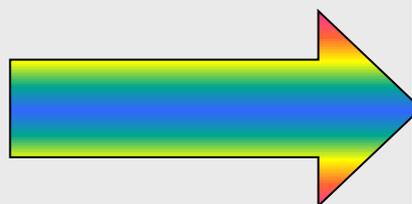


Susto no vuco-vuco! Bando rouba motel e pega até a roupa dos clientes



### Cara de pau leva celular de Tom Cavalcante

Ele estava dando autógrafa para fãs.



# Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Detalhes Prévios Importantes

“ Sempre que Possível, em Estruturas de Grande Complexidade Geométrica, Aplicar o Esquema de Pintura, Antes da Montagem ”.

Obviamente que esta decisão envolve uma análise da relação custo/benefício, a qual vai depender em muito da necessidade da aplicação de esquema de pintura.

## Características deste Processo

- ❖ **Evita-se a contaminação da superfície**
- ❖ **Melhores condições operacionais para execução da preparação de superfície e redução de riscos quanto à eficiência na remoção de contaminantes.**
- ❖ **Maior facilidade para aplicação das tintas e, como consequência, menor possibilidade de ocorrências de falhas no revestimento.**
- ❖ **Facilidade para a realização dos serviços de inspeção e fiscalização e menor risco de falhas nos serviços de manutenção futuros.**
- ❖ **Custo inicial mais elevado, porém pode-se tornar atrativo para condições de elevada agressividade.**

## Cuidados na Montagem das Estruturas

As peças têm que ser transportadas, manuseadas e instaladas com cuidado para evitar danos no revestimento. **Pense no seu carro e faça o mesmo.**

Após instalação, executar serviços de retoque (de acordo com a especificação) nas regiões eventualmente danificadas.

## Condições Superficiais do Revestimento de Zinco

**Novo**

**Envelhecido**

**Diferentes Estágios de Oxidação**

O Conhecimento das condições superficiais do revestimento de zinco é fundamental para especificação correta do esquema de pintura, especialmente no que diz respeito à preparação de superfície e aos tipos de tinta a serem utilizados.

# AZIQ Novo

**Processo de galvanização recente onde a superfície apresenta-se, em sua totalidade, com brilho e aspecto metálico bem característico. Esta definição é para fins de orientação.**

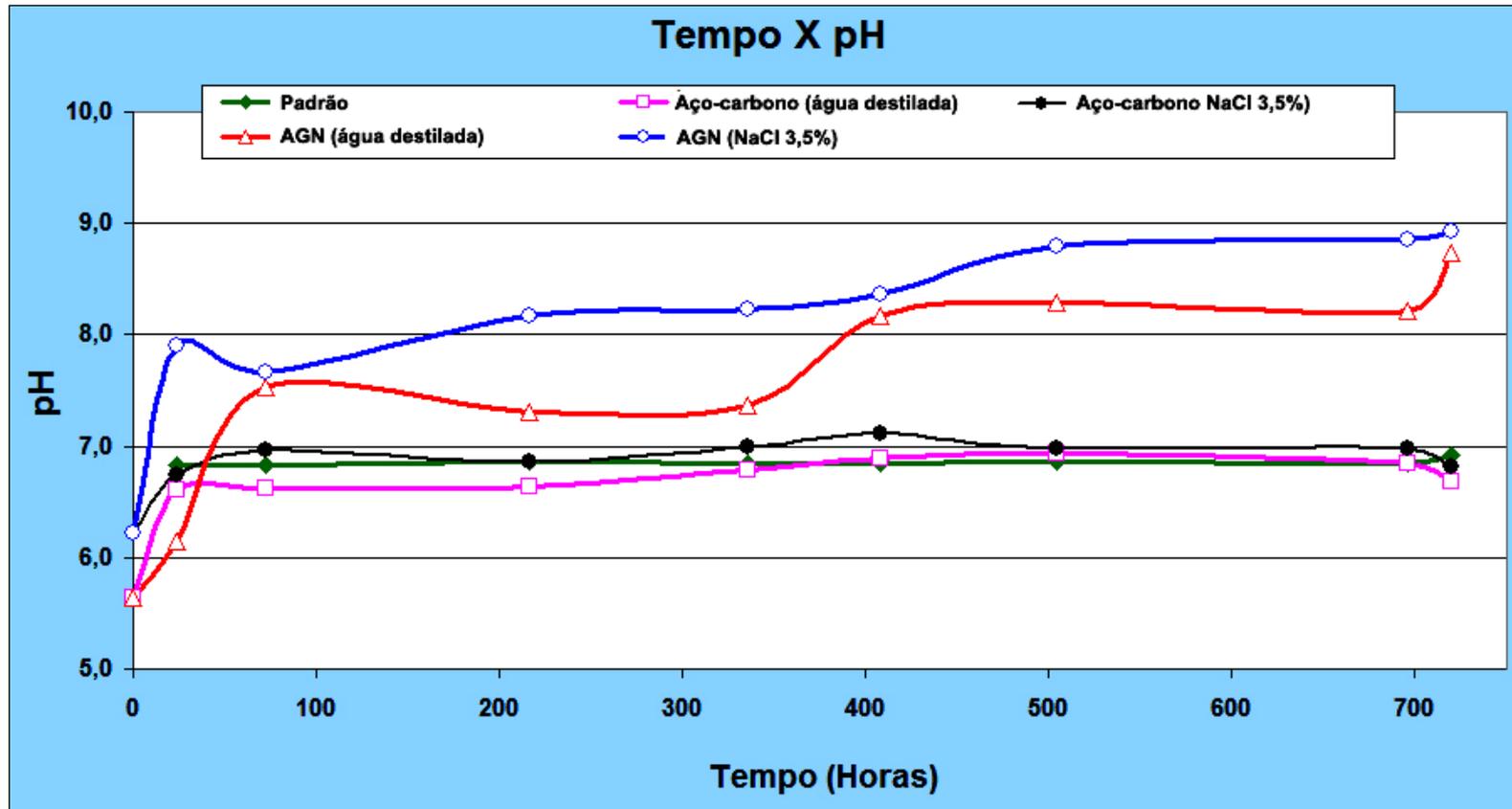


# Aspectos Técnicos Importantes na Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Novo

Muitos dos Fatores Apresentados a Seguir Aplicam-se Também para o Aço Galvanizado (AZIQ) Envelhecido.

## ❖ Tipos de tinta em contato com a superfície de zinco

- Não se deve aplicar tintas saponificáveis (ex.: esmalte sintético) diretamente sobre as superfícies de zinco.



# Aspectos Técnicos Importantes na Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Novo

**Muitos dos Fatores Apresentados a Seguir Aplicam-se Também para o Aço Galvanizado (AZIQ) Envelhecido.**

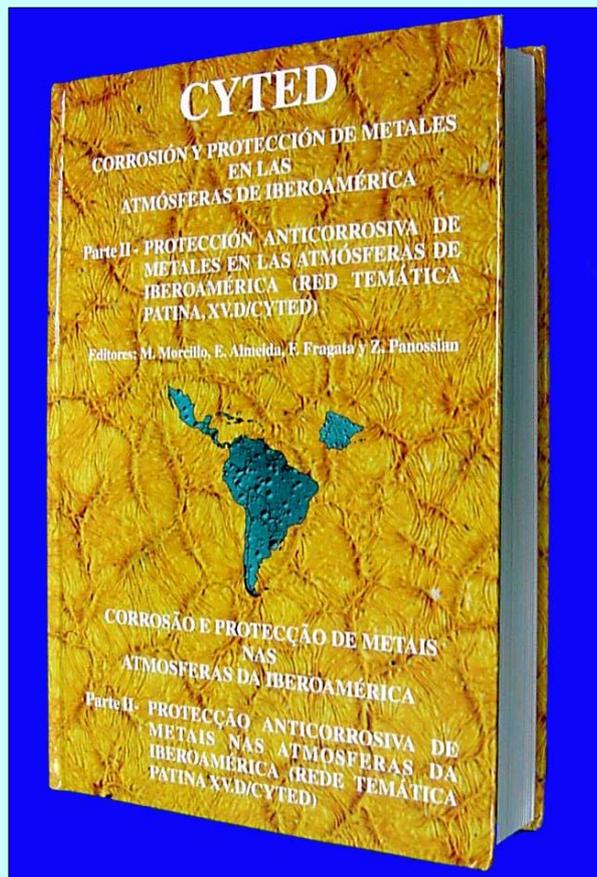
**Espessura total do revestimento e de cada demão de tinta :  
Sempre deve-se ter em mente que o substrato a ser pintado é um revestimento de zinco, até porque a resistência à transmissão ao vapor d'água / umidade é também função da espessura.**

**Qualidade das tintas e eficiência na aplicação das mesmas :**

**A espessura de cada demão de tinta do esquema de pintura também tem que ser compatível com as condições de exposição do revestimento (resistência à radiação solar, a variações térmicas, à umidade, aos agentes químicos, etc)**

# Aspectos Técnicos Importantes na Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Novo

**Condição Prévia da Superfície do Aço Galvanizado (AZIQ), quanto à presença de contaminantes no revestimento metálico, especialmente cloreto (Cl<sup>-</sup>), provenientes do processo de galvanização. Experiência inicial obtida no projeto PATINA (CYTED)**



**Manuel Morcillo  
CENIM - Espanha**

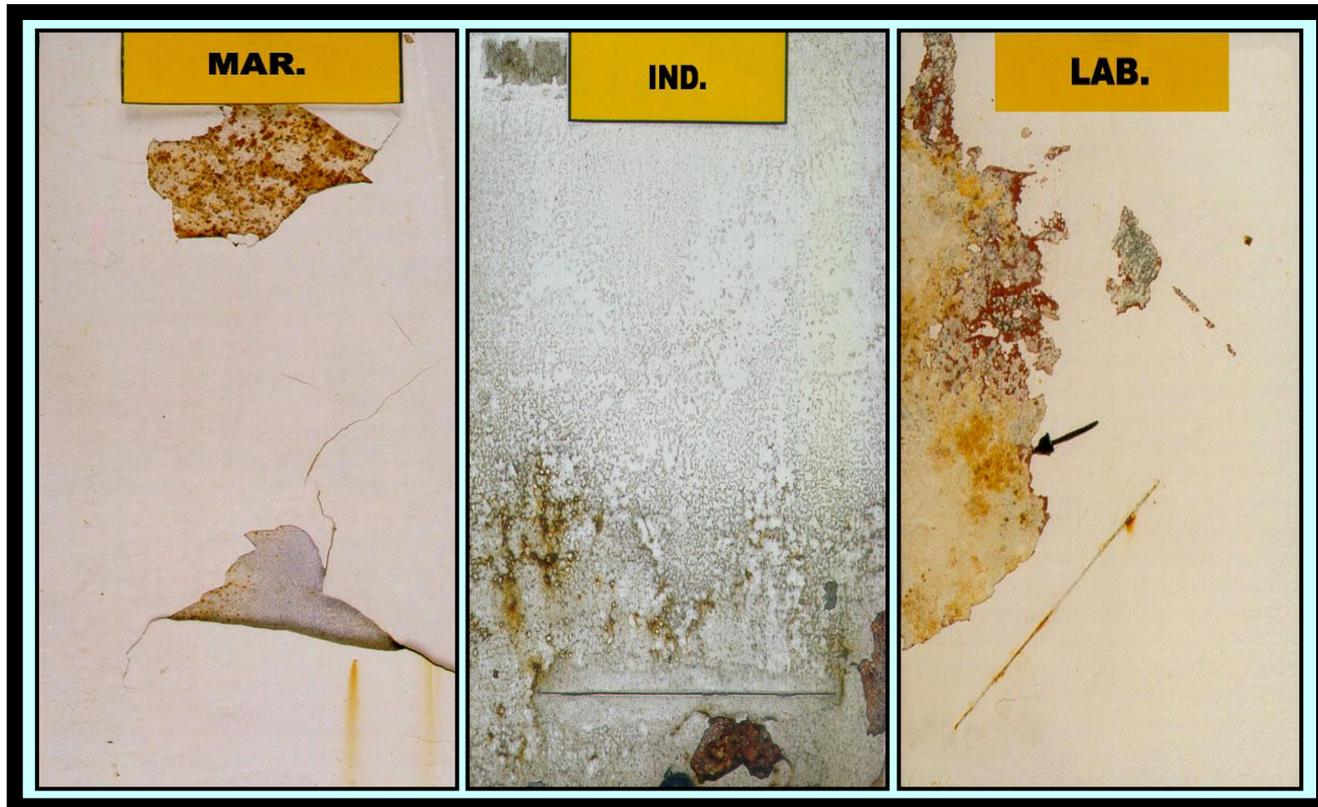
**Elisabete Almeida  
INETI - Portugal**

**Fernando Fragata  
CEPEL - Brasil**

**Zebhour Panossian  
IPT - Brasil**

# Problema Ocorrido

**Falha prematura nos esquemas de pintura aplicados sobre as superfícies com o condicionamento 1 (desengorduramento + “wash primer”), principalmente nas atmosferas marinha e industrial e nos ensaios de laboratório. Nas demais atmosferas, houve perda de aderência**



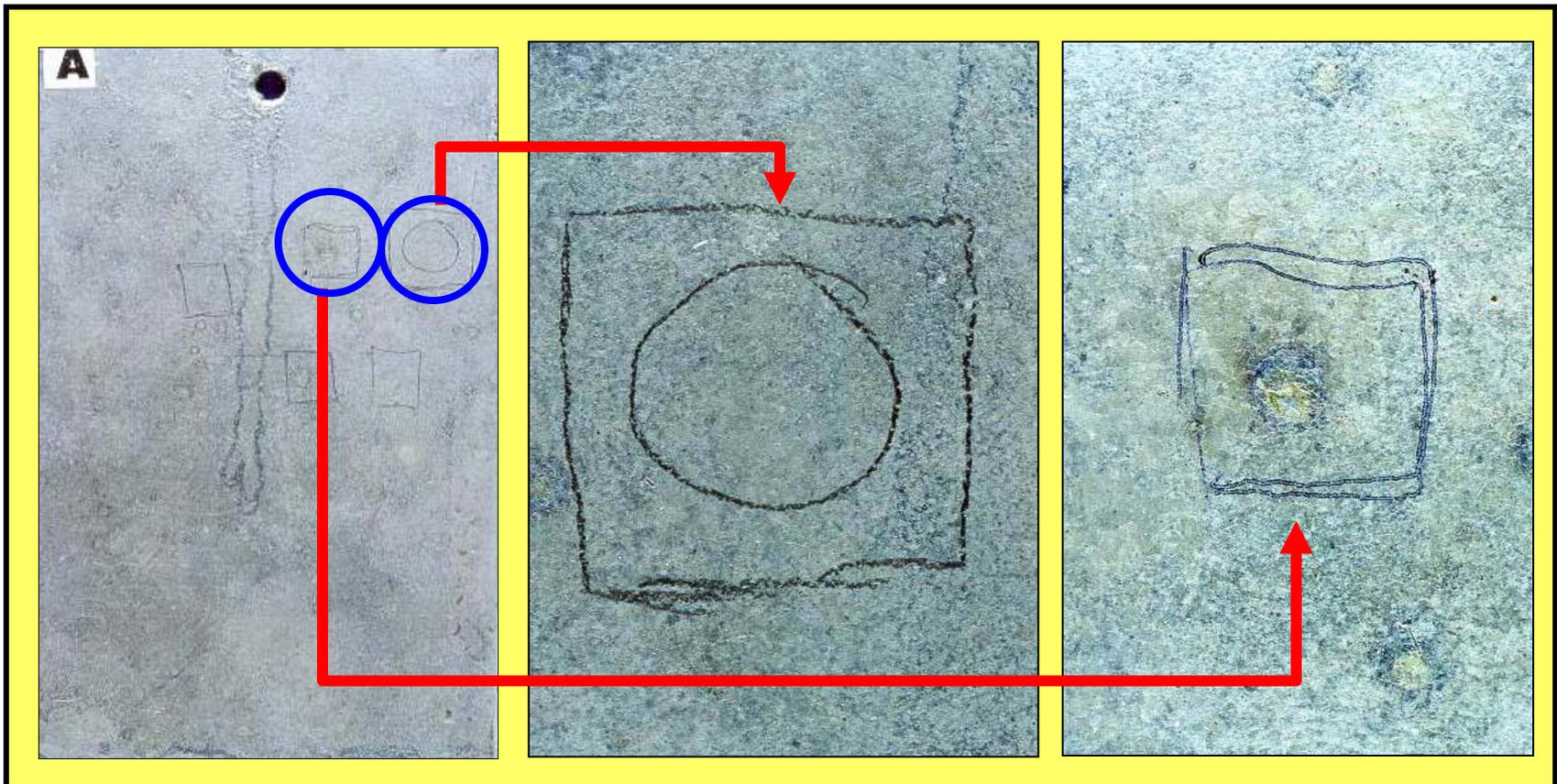
## Inspeção das Chapas de Aço Galvanizado sem Pintura (Sobras Guardadas em Laboratório)

- ❖ **Após a etapa de limpeza com solventes orgânicos, o revestimento de zinco apresentava-se com o brilho metálico característico e, aparentemente, em condições normais.**

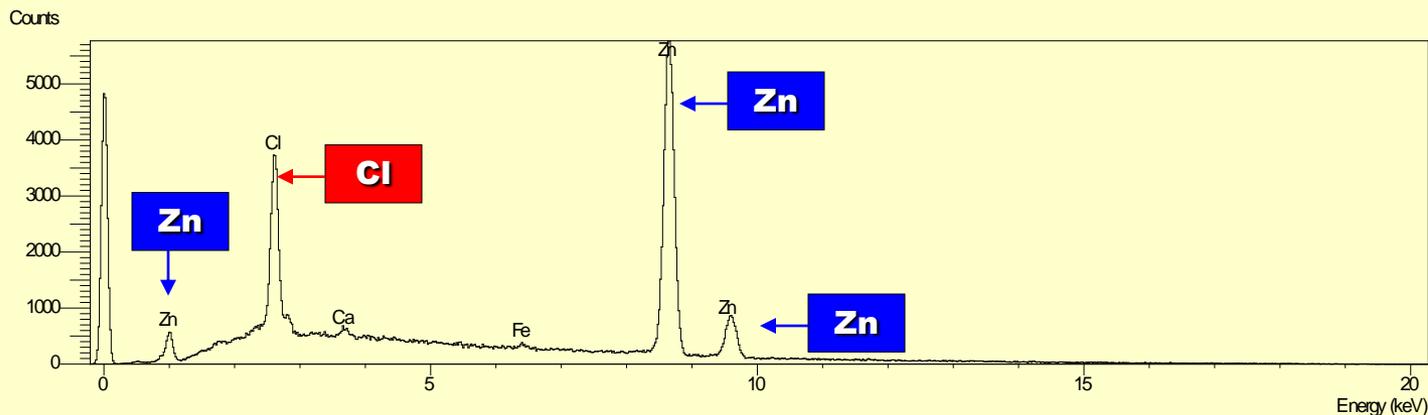


# Inspeção das Chapas de Aço Galvanizado sem Pintura (Sobras Guardadas em Laboratório)

- ❖ **Análise das chapas por meio de microscópio ótico:**
  - ⇒ **Manchas na superfície. Com aumento de 10x observou-se a presença de depósitos esbranquiçados.**



# Análise da Superfície por Dispersão de Energia



- **Teor de cloreto (Cl<sup>-</sup>) : (3 a 7)  $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$**
- **Condutividade do extrato aquoso : (9 a 21)  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$**
- **Condutividade da água destilada utilizada :  $< 1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$**

- ❖ **Em laboratório, as chapas galvanizadas foram manipuladas com cuidado para evitar, exatamente, a contaminação das mesmas.**
- ❖ **Fonte provável de cloreto : processo de galvanização**

**Um resultado negativo, ou não  
esperado, pode ser tão  
importante quanto um positivo**

*Fernando Fragata*

# **Questões (Algumas Já Respondidas com os trabalhos Realizados pelo IPT)**

- ❖ **Qual a influência do processo de galvanização, no que diz respeito aos contaminantes salinos no revestimento e ao desempenho dos esquemas de pintura ?**
  - ❖ **Como detectar e quantificar os contaminantes salinos na superfície do revestimento de zinco ?**
  - ❖ **Quais os métodos mais adequados e eficazes para a eliminação destes contaminantes ?**
- ❖ **A presença de cloreto na superfície do zinco tem um efeito catastrófico (isso mesmo!!!!) no desempenho dos revestimentos por pintura.**
- ❖ **A cromatização (passivação) também afeta o desempenho do revestimento por pintura (e.: aderência) e deve ser evitada quando for prevista, a curto prazo, a aplicação de esquema de pintura sobre o AZIQ.**

**SUGESTÃO : ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE PINTURA DE AZIQ NOVO E ENVELHECIDO**

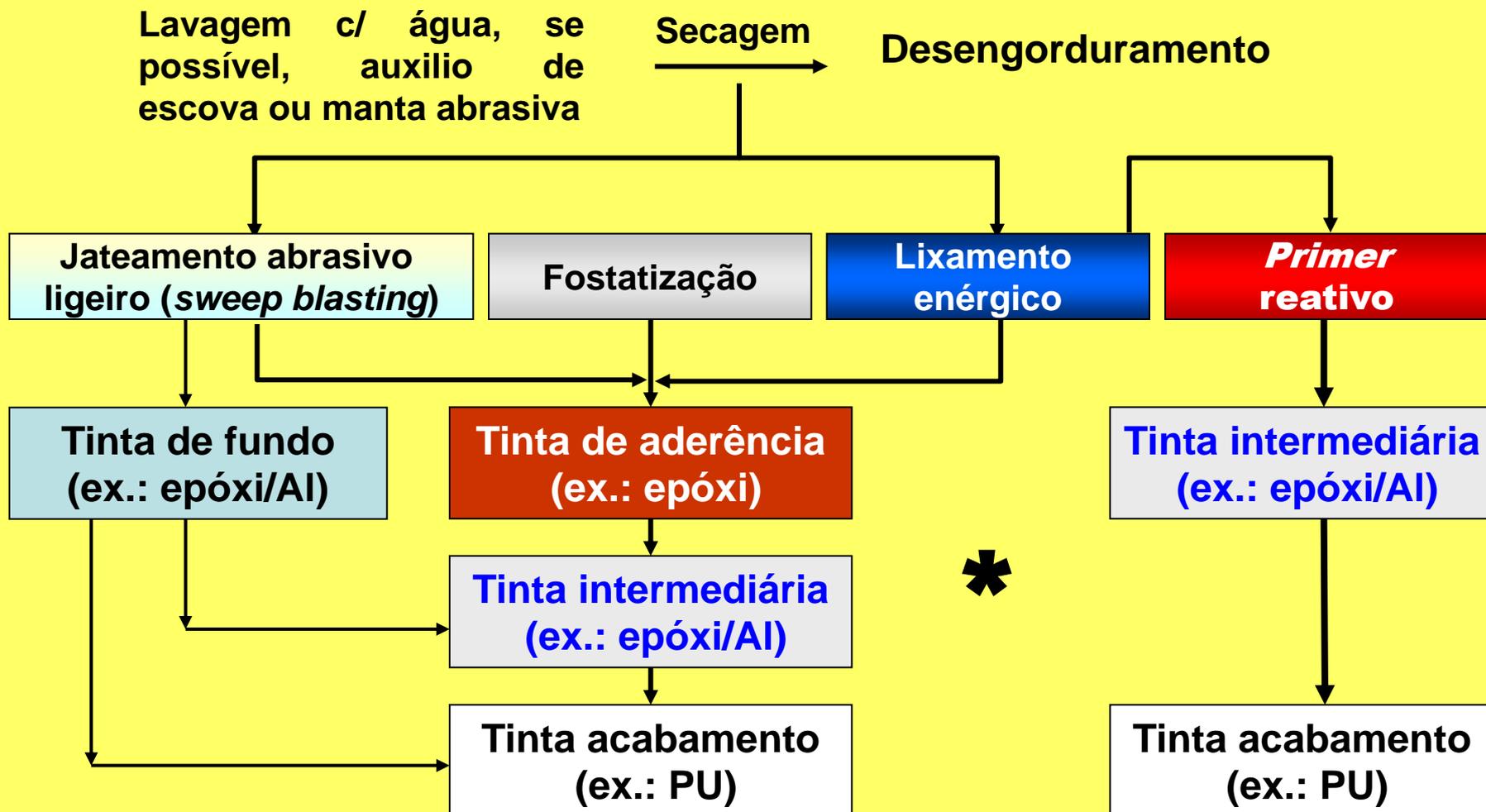
- ❖ Pintura de aço zincado por imersão a quente (aço galvanizado) – Falha devido à presença de contaminantes salinos provenientes do processo de zincagem (Evento : **EBRATS 2003**)
- ❖ Avaliação do desempenho de pré-tratamentos do aço-carbono zincado por imersão a quente para a aderência de tintas (Evento : **LATINCORR 2006**)
- ❖ Superficial chemical characterization and verification of performance of painted hot-dip galvanized steel submitted to different surface preparations for painting (Evento : **EUROCORR 2006**)
- ❖ Desempenho de tintas aplicadas sobre aço zincado por imersão a quente com diferentes níveis de contaminação (Evento : **INTERCORR 2008**)
- ❖ Contaminação superficial do aço-carbono zincado por imersão a quente cromatizado e não-cromatizado (Evento : **INTERCORR 2008**)
- ❖ Contaminação da superfície do aço-carbono zincado por imersão a quente com sais solúveis provenientes do processo de zincagem (Evento : **8ª COTEQ**)
- ❖ Influência da cromatização do aço-carbono zincado por imersão a quente na aderência de tintas (Evento : **8ª COTEQ**)
- ❖ The influence of chromate quenching and chloride contamination level on the performance of the painted hot-dipped galvanized steel (duplex system) : **J. Coat. Technology. Res., 8(5), 629-631, 2011**

# Aspectos Técnicos Importantes na Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Envelhecido

Superfície mais rugosa, o que facilita a aderência de determinados tipos de tinta.

Porém, é importante saber onde os produtos de corrosão foram formados, a fim de se eliminar os sais solúveis da superfície. Caso isto não seja feito, falhas prematuras poderão ocorrer no revestimento.

# Pintura de Aço Galvanizado (AZIQ) – Novo



**(\*)** A especificação completa do esquema de pintura vai depender das condições de agressividade do meio.

# Pintura de Aço Galvanizado (AZIQ) – Novo (Tintas em Pó)

## Esquema de Pintura com Tinta em Pó

**Fosfatização**

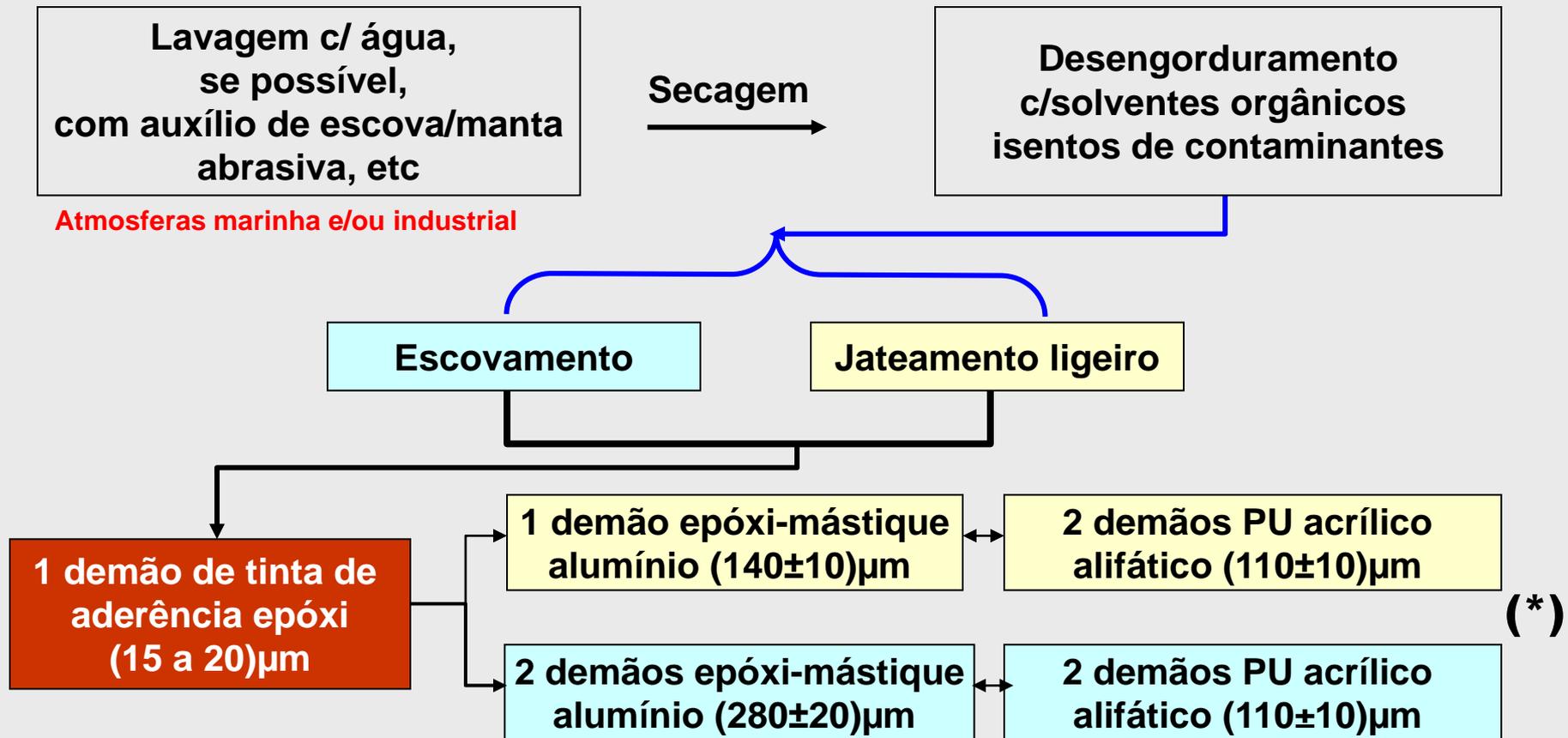
Tinta de fundo epóxi em pó (120  $\mu\text{m}$ )

Pré-cura

Tinta de acabamento poliéster em pó (100  $\mu\text{m}$ )

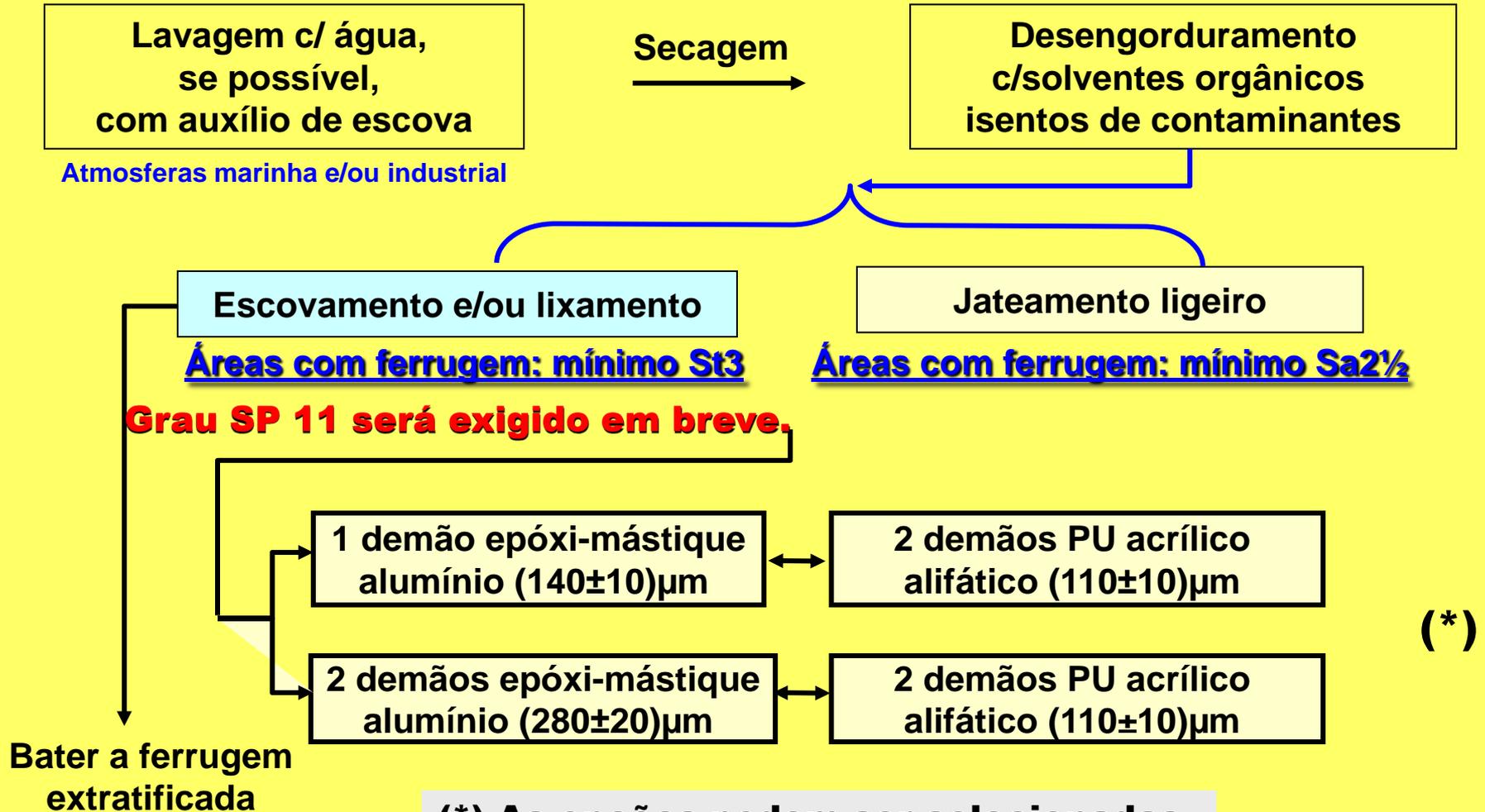


# Pintura de Aço Galvanizado Envelhecido A (setor elétrico)



(\*) As opções podem ser selecionadas em função da agressividade do meio.

# Pintura de Aço Galvanizado Envelhecido B (setor elétrico)



**(\*) As opções podem ser selecionadas em função da agressividade do meio.**

**(\*)**

❖ **Jateamento abrasivo ligeiro (para aço zincado pelo processo descontínuo de imersão a quente) : elimina contaminantes da superfície e cria perfil para a aderência mecânica dos revestimentos por pintura. **Tem sido utilizado, principalmente, para Aço Galvanizado Novo (AGN), embora se possa utilizá-lo também para AGE. Previsto na ASTM D 6386-99.****

- **Ocorre apenas a quebra do brilho metálico do revestimento de zinco. O perfil é de (5 a10)µm.**
- **As condições operacionais (pressão, granulometria do abrasivo, etc) têm que ser bem controladas.**
- **Tem que ser feito por profissional com qualificação adequada, a fim de evitar a remoção excessiva do revestimento metálico.**
- **Após o jateamento, o pó da superfície deverá ser removido por meio de aspirador / ar comprimido / vassoura de pelo, etc.**

- **Lixamento Manual (para criar rugosidade) : Tem que ser executado de forma minuciosa para não deixar áreas sem tratamento. Lixas com grana 60 – 120 podem ser utilizadas, assim como outros métodos que confirmam rugosidade à superfície.**

**Após o lixamento, remover resíduos com trapos embebidos em solvente orgânico adequado e isento de contaminantes oleosos.**

**Lixamento mecânico : mais rápido, porém deve-se ter muito cuidado para evitar o polimento da superfície, sob risco de comprometimento da aderência. Mais adequado ao AGE-A e AGE-B (áreas com ferrugem).**

- ❖ **Fosfatização** : Tratamento bastante eficaz em promover aderência de esquemas de pintura em aço galvanizado. Trata-se de um processo de conversão química, com a formação de cristais de fosfato, em geral de zinco.
- ❖ A camada de fosfato, além de propiciar condições para aderência, melhora substancialmente o desempenho do sistema global de proteção.
- ❖ É indicado para AGN e sobre ele pode-se aplicar esquemas de pintura com tintas líquidas ou em pó.
- ❖ É aplicado em linhas de tratamento químico e tem que ser executado por empresas que tenham experiência no assunto.
- ❖ **Erros na execução deste tratamento conduzem a falhas graves, de forma prematura, no sistema global de proteção.**

# Fosfatização



XXXXXXXXXX

## Especificação Técnica de Esquemas de Pintura

Outubro 2011

- ❖ Tem que ser clara e não pode conter dúvidas.
- ❖ Presença de inspetor(es) de pintura qualificado(s).
- ❖ Reunião prévia (“pre-job conference”) entre as partes envolvidas.
- ❖ Definição e execução das atividade
  - Preparação da superfície
  - Aplicação das tintas
  - Ensaios de controle de qualidade
- ❖ Normas de controle de qualidade.
- ❖ Especificação das tintas e critérios para controle de qualidade.

# CONCLUSÕES

- ❖ **Na opinião do F2 (Fernando Fragata), o Setor Elétrico deve agradecer todos os dias ao “Santo” AZIQ (aço galvanizado) pelo seu excelente desempenho à corrosão, na maioria das atmosferas, o qual reflete diretamente, de forma positiva:**
  - **No vida útil dos equipamentos elétricos e das estruturas metálicas;**
  - **Na redução dos custos de manutenção e,**
  - **Na segurança do sistema do setor elétrico, no que diz respeito ao aspecto de corrosão, resultando na redução dos riscos de desligamentos não programados.**
- ❖ **O sistema “duplex” (AZIQ+esquema de pintura), desde que corretamente aplicado, constitui-se num sistema de proteção anticorrosiva de alta eficiência. Tem sido utilizado com muito sucesso no aumento da durabilidade do sistema de proteção anticorrosiva dos equipamentos elétricos e das estruturas metálicas em geral (Ex.: Torres de linhas de transmissão), principalmente em atmosferas de elevada agressividade.**

# CONCLUSÕES

**Apesar do avanço verificado no ensino da corrosão, observa-se que é importante seguir o caminho que vem sendo adotado no país, a fim de que engenheiros e técnicos das áreas de projeto e de manutenção tenham os conhecimentos mínimos para atuar no combate à corrosão.**

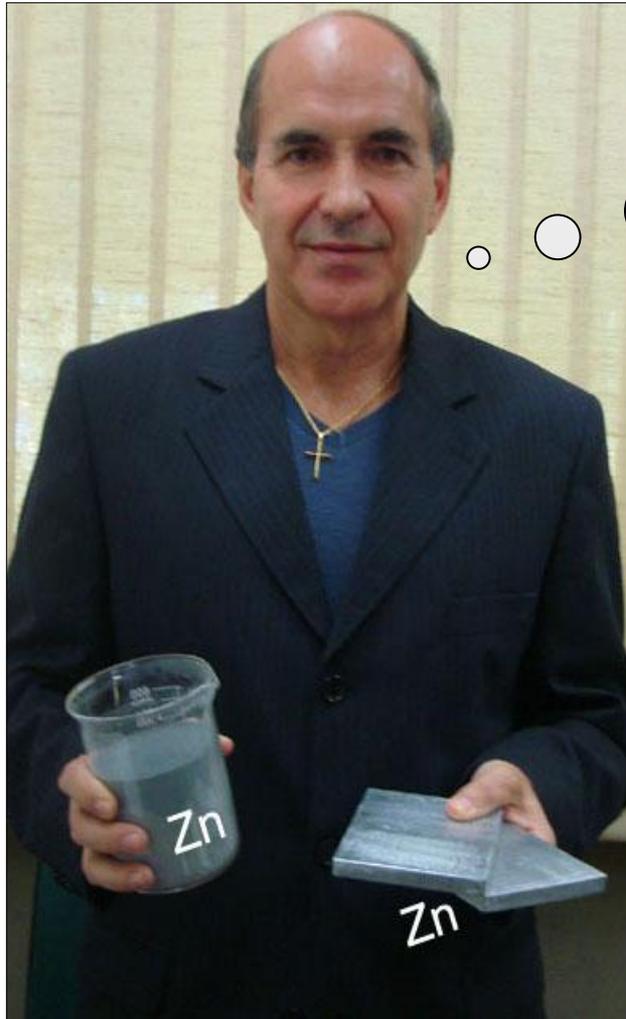
**Nenhuma técnica de proteção anticorrosiva é eterna. A manutenção é uma atividade fundamental para aumentar a durabilidade dos sistemas de proteção. Manutenção não é custo, é investimento e segurança.**

**FIM**

# AGRADECIMENTOS

- Ao Grupo de Corrosão do IPT, coordenado pela Dra. Zebhour Panossian
- Ao Renieri Paula Salai (Eletrobras-Eletrosul) pelo envio de fotografias de SE's e torres de linhas de transmissão.
- Aos engenheiros Bartolomeu Neves Cordeiro e Paulo Ivo, ambos da Eletrobras- Chesf, por disponibilizarem fotografias para esta apresentação.
- Ao amigo Heron Mendes, pela constante colaboração no envio de fotografias de revestimentos por pintura e metálicos .
- Às empresas Mangels e B.BOSH pela atenção e envio de amostras

# MUITO OBRIGADO A TODOS PELA ATENÇÃO



Espero ter  
passado, pelo  
menos, um  
tostão de  
conhecimento.