



Congresso Internacional de
Corrosão, Integridade,
Pintura e Revestimentos
Anticorrosivos



Pintura do Aço Zincado (Sistema *Duplex*) pelo Processo Descontínuo de Imersão a Quente (Aço Galvanizado) – Algumas Causas de Falhas Prematuras

Fernando FRAGATA

Felipe NACIUK





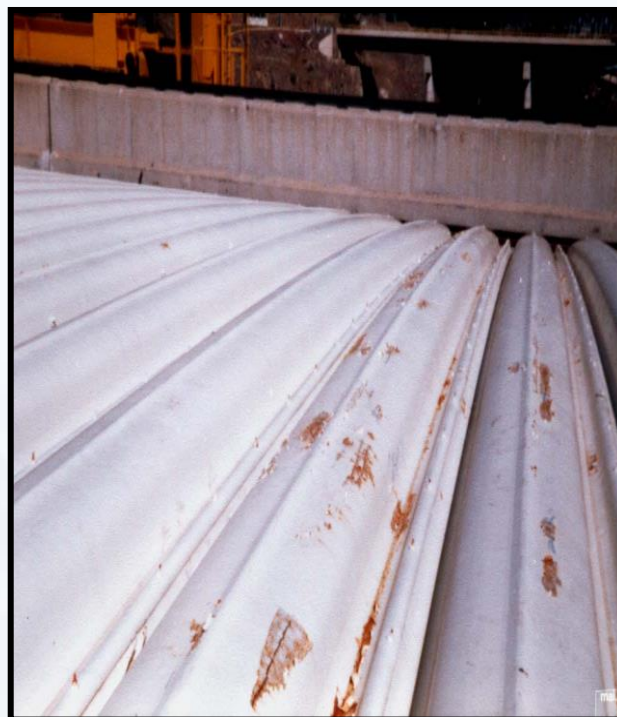
- **Resistência à Corrosão**
 - Na maioria das condições de agressividade atmosférica
- **Resistência ao impacto**
- **Resistência ao desgaste natural por abrasão**
- **Relação custo/benefício atraente**

Por Que Pintar o Aço Galvanizado?

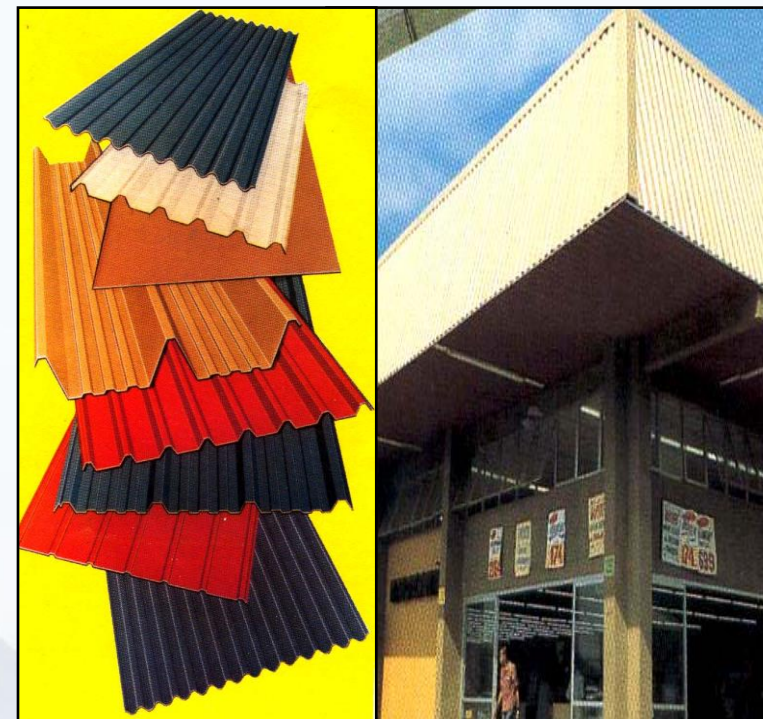
Sinalização



Redução da Absorção de Calor



Efeitos Estéticos/Decorativos



Taxa de Corrosão do Aço-carbono e do Zinco Segundo a ISO 12944-2

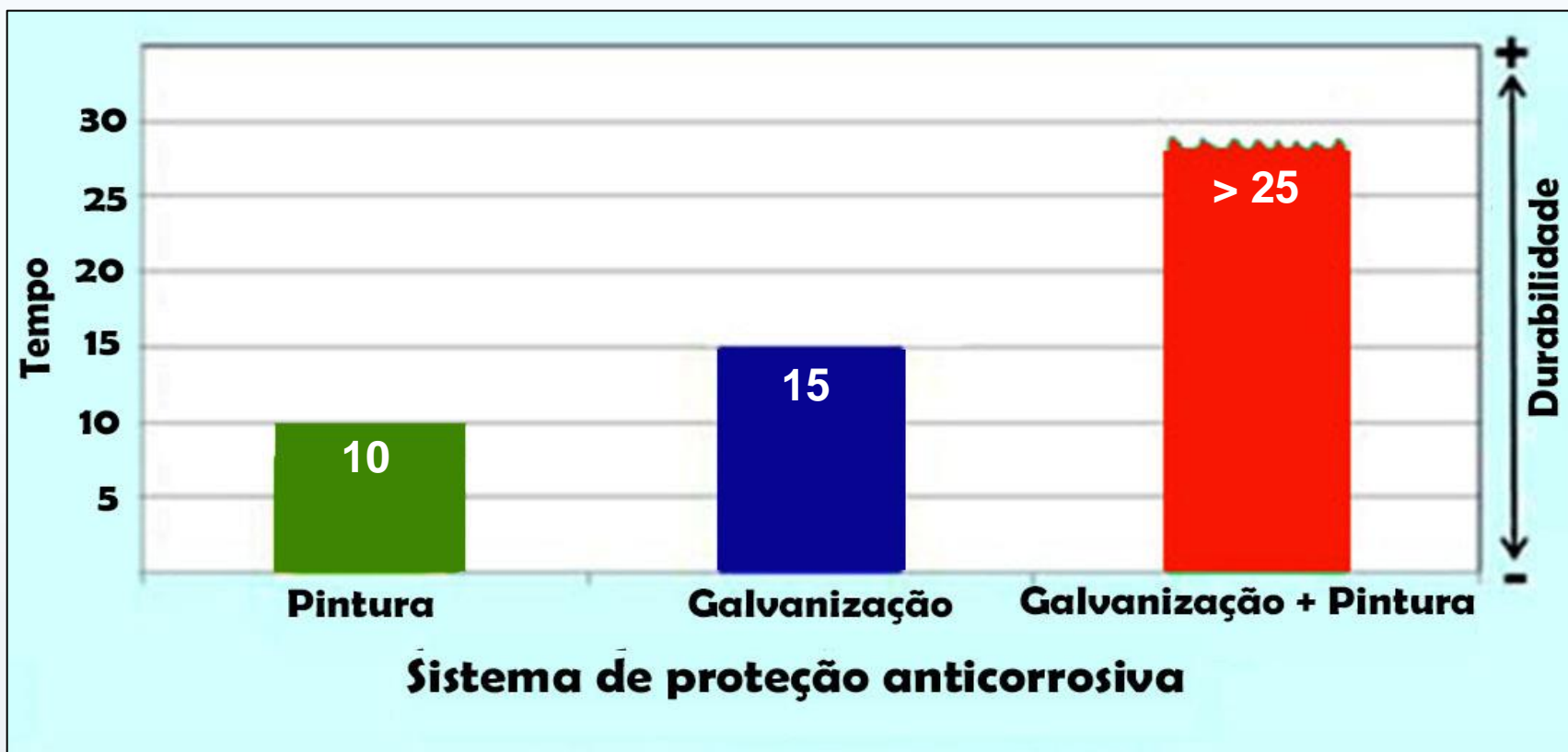
Após o PRIMEIRO ano de exposição

Corrosividade	Aço-carbono (μm)	Zinco (μm)
C2 (baixa)	> 1,5 a 25	> 0,1 a 0,7
C3 (média)	> 25 a 50	> 0,7 a 2,1
C4 (alta)	> 50 a 80	> 2,1 a 4,2
C5 (muito alta)	> 80 a 200	> 4,2 a 8,4
CX (extrema)	> 200 a 700	> 8,4 a 25 (?)

Sinergismo do Sistema *Duplex* (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).



DESDE que a pintura seja bem feita, sob todos os aspectos.

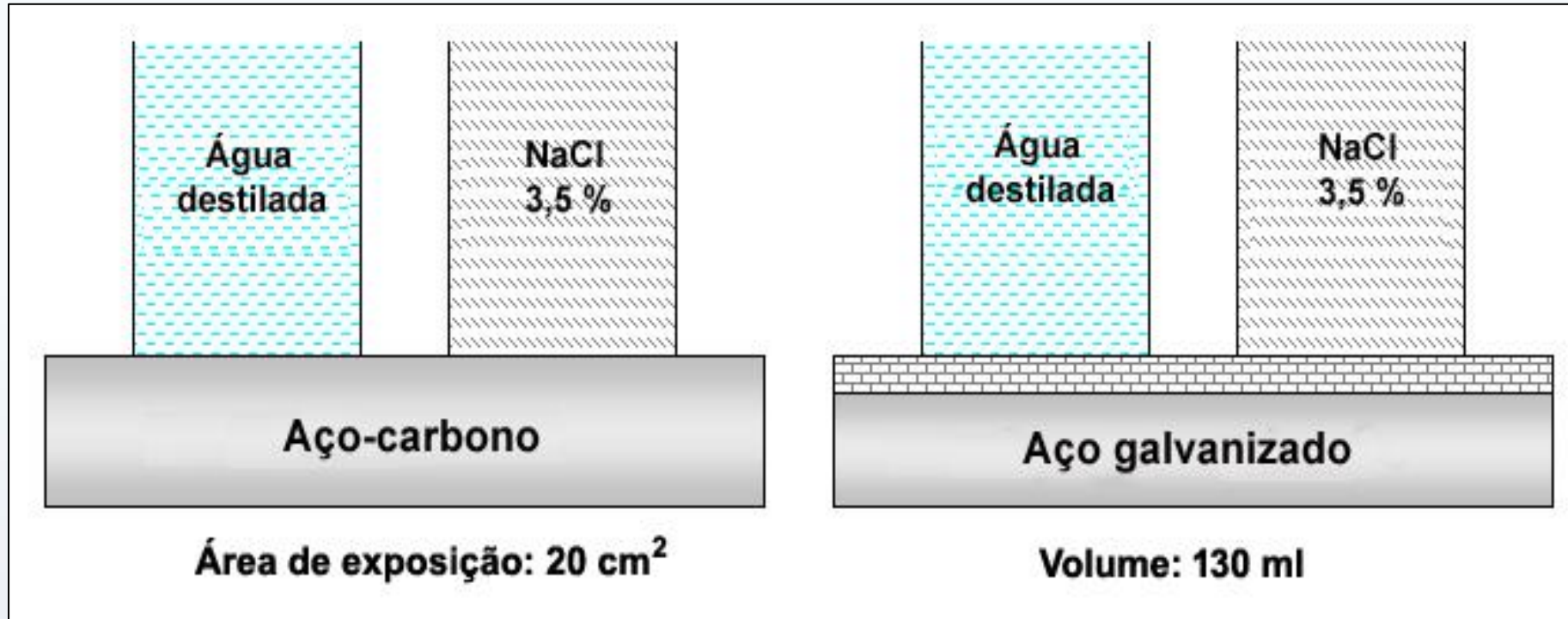
Pintura de Aço Galvanizado

--Falhas Prematuras--

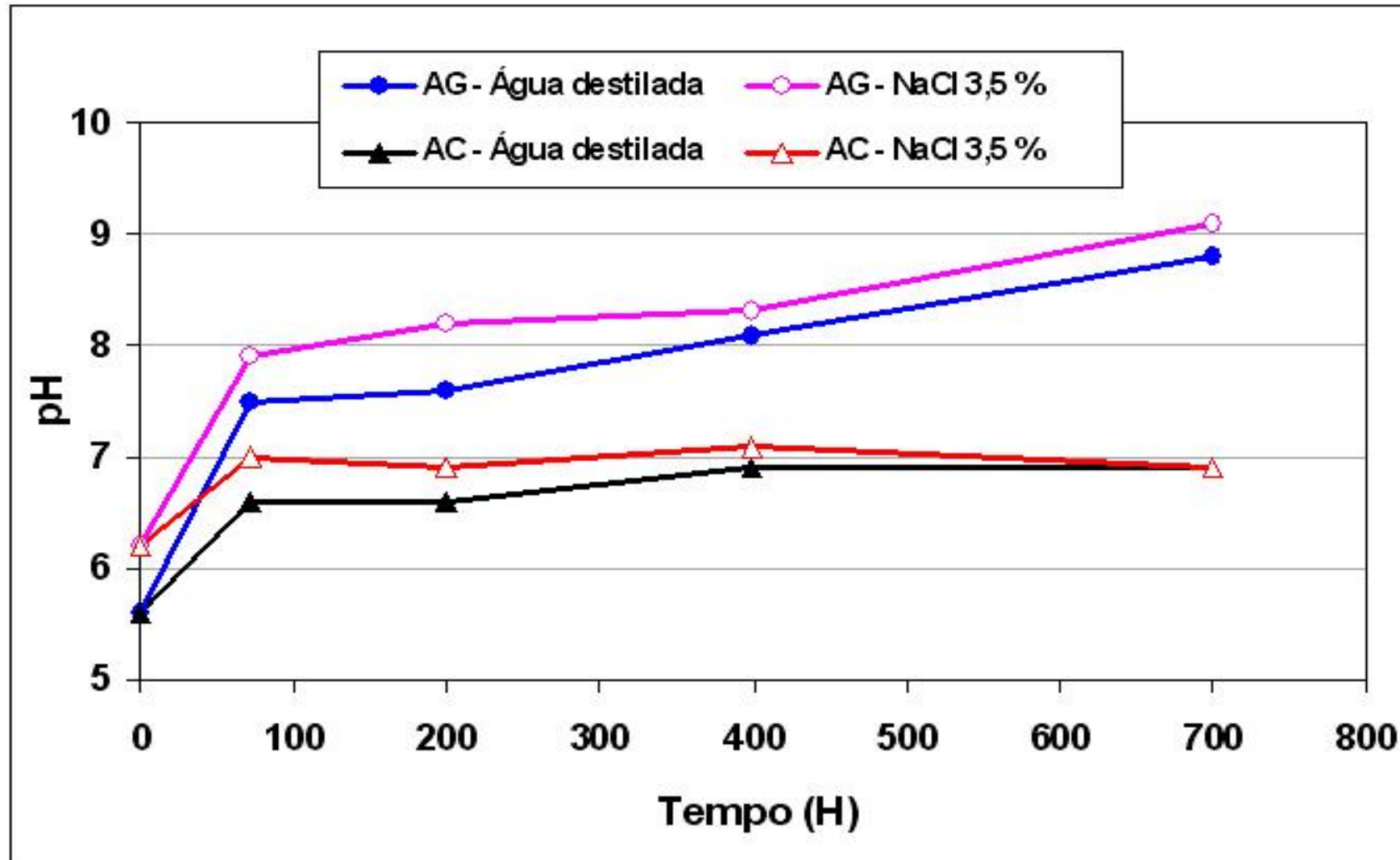
“Algumas Causas importantes”

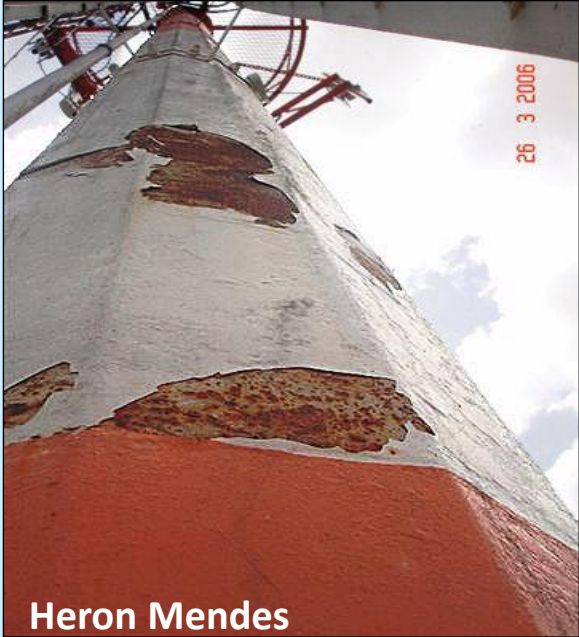
Aspectos Técnicos Importantes na Pintura do Aço Galvanizado (AZIQ) Novo

pH da água destilada e da solução de NaCl 3,5 %, em contato com as superfícies de aço-carbono e aço galvanizado (23 a 25) °C



Resultados e Importância Técnica





Heron Mendes



Cortesia: Fábio Krankel

Etapas Básicas do Processo de Galvanização (sto. AZIQ)

sequência →



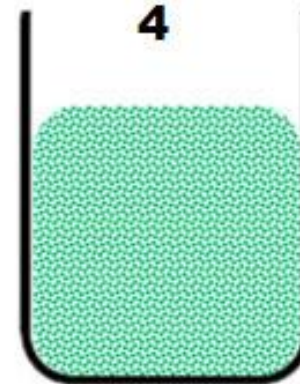
Desengraxe
alcalino



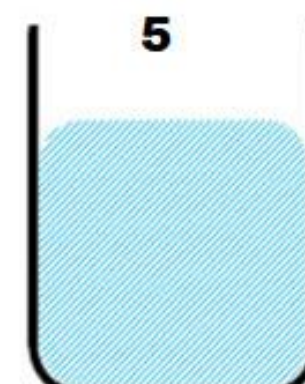
Lavagem
com água



Decapagem
ácida



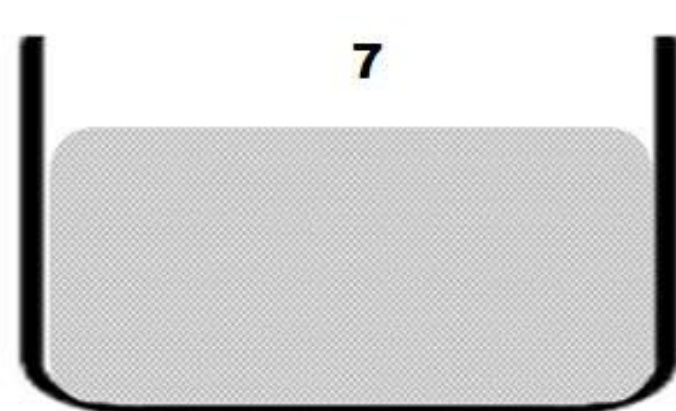
Lavagem
com água



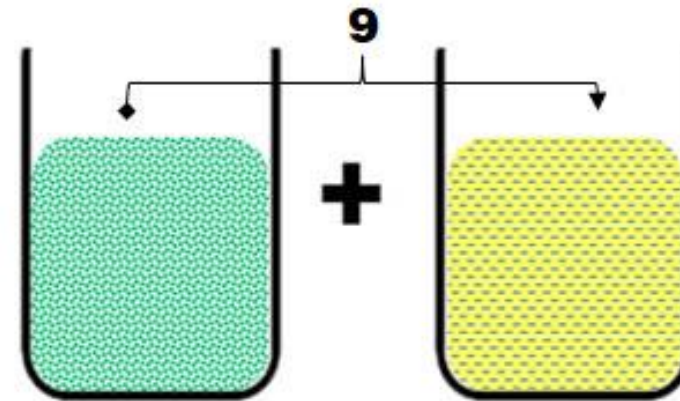
Fluxagem



Secagem por
meio de calor



Imersão no banho de zinco
fundido



Resfriamento
em água

+

Passivação

Principais Causas de Falhas Prematuras e Recomendações Técnicas

Sugestão

“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.
- ❖ 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 .
- ❖ 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.

Influência de Sais Solúveis no Desempenho da Pintura (ex.: os de cloreto)



Falha prematura nos esquemas de pintura aplicados sobre as superfícies com o seguinte sistema: (limpeza c/solvente + “wash primer”) + Epóxi + PU, 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)

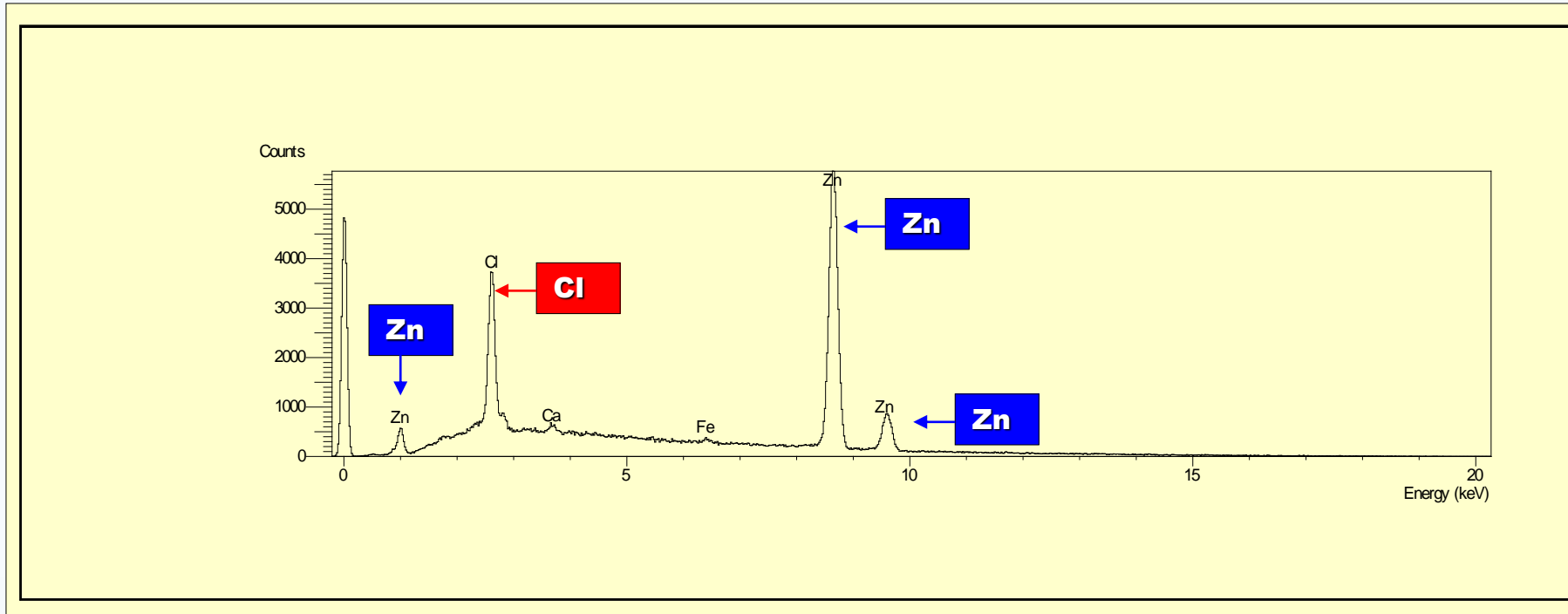
- ❖ **Apresentavam-se com o brilho inicial preservado e, visualmente, em condições normais.**



- ❖ **Análise das chapas por meio de microscópio ótico:**
 - ⇒ **Manchas na superfície:** Com aumento de 20x observou-se a presença de “materiais” esbranquiçados.

**Análise da Superfície por Dispersão
de Energia (EDS)**

Análise da Superfície por Dispersão de Energia (EDS)



- Teor de cloreto (Cl^-) : (4 a 7) $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$.
- Condutividade da água usada na extração: $< 1,0 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

O ensaio foi realizado pela imersão das placas de aço galvanizado em água em ebulição por 30 minutos. A determinação foi feita por meio de eletrodo seletivo.

Experiências Realizadas (3)

T 1	limpeza por meio de solvente orgânico		Wash primer	epóxi	PU
T 2	Lavagem com água potável não pressurizada	Secagem	Wash primer	epóxi	PU
T 3	Lavagem com água potável c/ uso de esponja multiuso dupla face (parte áspera)	Secagem	Wash primer	epóxi	PU

Ensaio de Imersão em Água Destilada (720 H a 25 °C)

T 1: Bolhas em toda superfície

T 2: Bolhas em toda superfície, porém em menor quantidade que T1

T 3 : Ausência de bolhas

Ensaio de exposição em câmara de umidade (1200 H)

T1: Formação de bolhas após 648 h. 3(S2)

T2: Formação de bolhas após 648 h. 3(S2)

T3: Após 1200 h não foram observadas quaisquer alterações no revestimento.

- ❖ **Em laboratório, as chapas galvanizadas foram recebidas e manipuladas com cuidado para evitar, exatamente, a contaminação das superfícies.**
- ❖ **FONTE PROVÁVEL DE CLORETO: processo de galvanização da empresa executante. Posteriormente comprovada através da tese de mestrado (Jean), sob a coordenação da Dra. Zebhour, do IPT, com a participação do CEPEL.**



Estudo Realizado

Participação e colaboração de 5 empresas de galvanização, denominadas por: A, B, C, D, E.

Duas etapas envolvidas: I e II

ETAPA I:
teor de cloreto na superfície, com e sem lançamento de NH_4Cl nas peças e no banho.

ETAPA II:
numa única empresa, verificou-se a influência da cromatização, na contaminação superficial por cloreto, após a remoção das peças do banho de zinco.

Lançamento do sal de NH_4Cl nas peças, durante o processo de remoção da cuba de galvanização



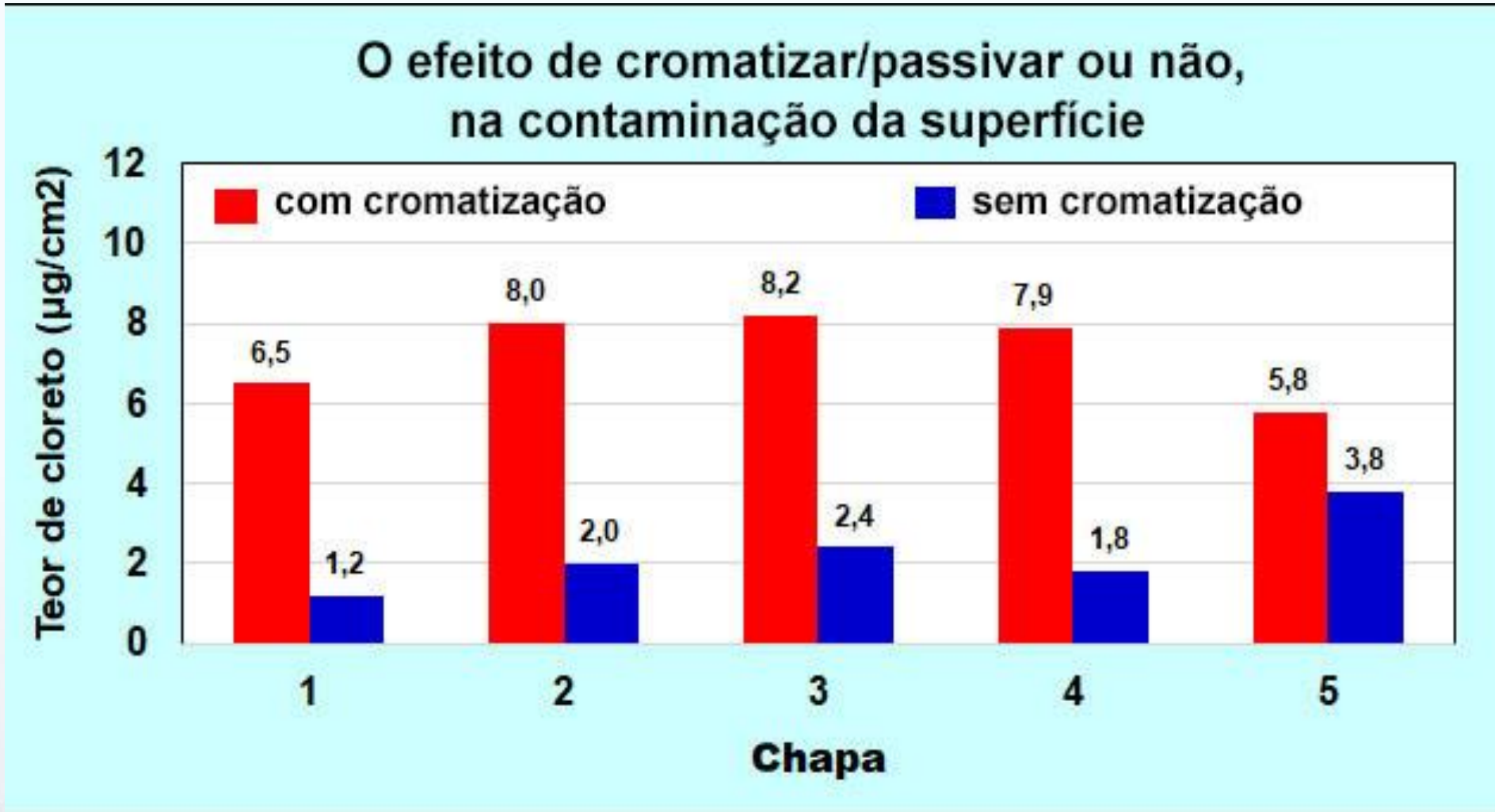
RESULTADOS

(resfriamento ao ar)

Empresa de galvanização	Teor de Cloreto na Superfície ($\mu\text{g.cm}^{-2}$)	
	“Com adição de sal”	“Sem adição de sal”
A	1,4	1,0
B	4,5	(*)
C	6,7	1,1
D	3,4	(*)
E	< 0,8	< 0,8

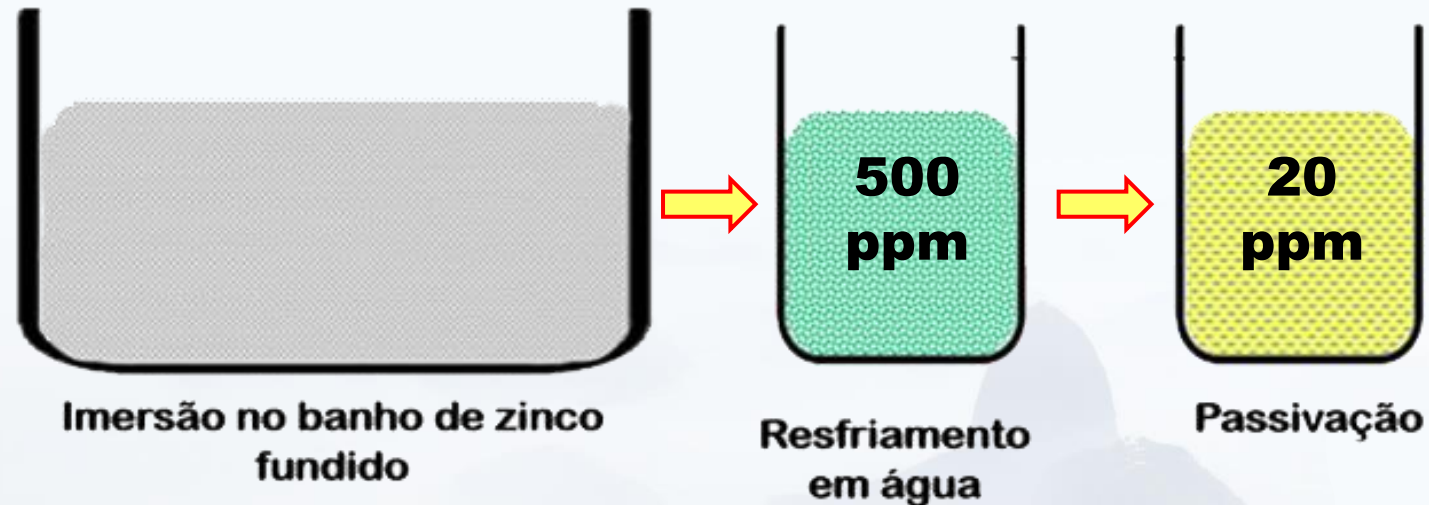
(*) Nestas empresas (B e D) não foram obtidas chapas na referida com adição

Posteriormente, **numa das empresas**, foi avaliado o efeito da “passivação/cromatização” no teor de Cl^- da superfície



Experimento Adicional

- Retorno à empresa para avaliar o teor de cloreto no banho de passivação/resfriamento, porém:
- Foi instalado um tanque de resfriamento com água, antes da passivação. Analisou-se, então, o teor de cloreto em ambos os tanques.

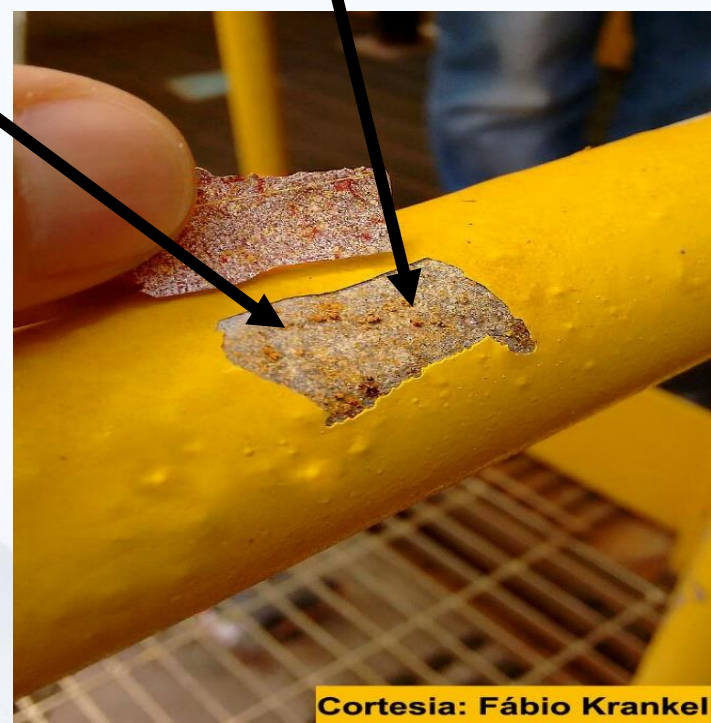
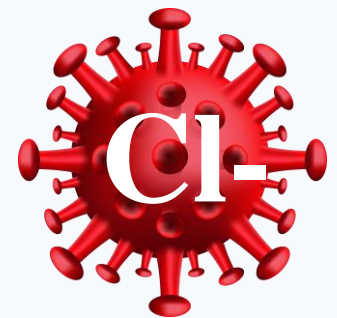


“O Lado Positivo do Desempenho Ruim de Um Sistema Duplex que Apresentou Resultados Negativos”:

- **Evidencia a Importância da Preparação de Superfície e da Análise das Falhas Prematuras e,**
- **Ajuda a entender as razões de pelas quais as falhas podem ocorrer. Reduz-se o risco de falhas idênticas ocorrerem.**



EFEITO
"CLOROVÍD"



Cortesia: Fábio Krankel



Recado

Se exigimos análise quantitativa de sais solúveis para as superfícies de aço-carbono, por razões ainda mais fortes devemos começar a exigir também para as superfícies de aço galvanizado que serão pintadas.

“Limites: Em princípio, pensamos que sejam necessários estudos específicos e bem estruturados, utilizando-se os recursos técnicos existentes.” (ac)

Outros Fatores Importantes na Pintura do AZIQ (Sistema Duplex)

É de suma importância a comunicação/entendimento prévio entre as partes envolvidas.

**Fabricante das
Peças a serem
galvanizadas**

Especificador



**Empresa de
galvanização**

**Empresa de
aplicação de tintas**

Dependendo de cada caso (contrato), o fabricante de tintas tem uma importância muito grande na seleção e aplicação das tintas.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

A Chave do Sucesso do Sistema Duplex (SSPC-SP 16 | ASTM D6386 | AS 4680)

ETAPA 1:

Inspeção da superfície quanto à presença de óleo, graxa e camada de passivação

- ❖ Óleos e graxas
- ❖ Camada de “passivação” e outros protetivos temporários

ETAPA 2:

Tratamentos promotores de aderência baseados na rugosidade superficial e nas reações químicas de produtos/tintas com a superfície do zinco

- ❖ *Sweep blasting* (jato de varredura), ferramentas mecânicas
- ❖ Produtos/tintas reativos com a superfície do zinco (ex.: wash primer), passivação acrílica)
- ❖ Fosfatização: Bem feita, excelente. Mal feita é o meio degradante

ETAPA 3:

Especificação correta dos sistemas de pintura

- ❖ Tintas adequadas e compatíveis com a superfície do zinco
- ❖ Dimensionamento do sistema de pintura (espessura total, dureza da tinta de fundo, CVP)

Considerações Finais

Com base no conteúdo apresentado neste trabalho, as seguintes considerações podem ser feitas:

- a) A preparação de superfície do AZIQ e a correta especificação dos sistemas de pintura são dois fatores de extrema relevância para o bom desempenho do sistema *duplex*.
- b) No que diz respeito à preparação de superfície, a eliminação de sais solúveis em água é fundamental para que o revestimento apresente o desempenho esperado, ou seja, sem ocorrência de falhas prematuras.
- c) **É de suma importância avaliar, tal como no caso do aço-carbono, o teor de sais solúveis em água na superfície, antes de se iniciar a aplicação do sistema de pintura. A especificação de pintura deve indicar o limite máximo aceitável.**
- d) Na especificação do sistema de pintura para AZIQ, o **substrato a ser considerado**, para seleção das tintas, **é a camada de galvanização** e não o aço-carbono. Logo, a pintura tem de proteger o revestimento de zinco para se obter uma longa proteção anticorrosiva do sistema *duplex* ao aço-carbono.

Considerações Finais

- e) A comunicação entre as partes envolvidas (fabricante, galvanizador, especificador, empresa de aplicação de tintas e fabricante de tintas) é fundamental para o sucesso do sistema *duplex*.
- f) Para pintar mal o AZIQ, é preferível não pintar. Uma pintura executada de forma incorreta pode contribuir para acelerar o processo de corrosão do zinco na interface metal/pintura.
- g) Os estudos a respeito da pintura do AZIQ, certamente, terão continuidade ao longo dos anos, principalmente em função do desenvolvimento tecnológico nas áreas de tintas e preparação de superfícies.



Fernando Fragata

fragata200@gmail.com

Felipe Naciuk

felipe.naciuk@maxepoxy.com

