

DURABLE

ZINC

Zinc extends the
life cycle of
steel and reduces
maintenance
costs

 **Votorantim** | Metais

10ª Semana de Tecnologia Metroviária

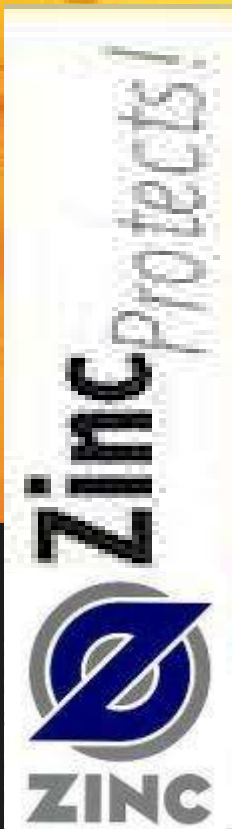
www.zincworld.org

Proteção contra Corrosão
Galvanização por Imersão a Quente

Engº Luiz Fernando Montero Alvarez



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil





Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



PROGRAMA



Composição química do zinco SHG

Exemplos do aço galvanizado na construção civil e na indústria automobilística

Exemplos do aço não galvanizado nas construções civis

- Corrosão em estruturas de aço aparente
- Corrosão no concreto armado
- Produção nacional, evolução e consumo
- Galvanização por imersão a quente
- Armações galvanizadas por imersão a quente
- Parafusos
- Controle de qualidade dos produtos zincados
- Sistema Duplex
- Estudo de Caso: Galvanização do Eurotúnel



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



O Zinco na Tabela Periódica



	1											30 Zn							18
1	H																	He	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	57-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	89-103	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une										

	Zn	Al	Fe	Pb
Ponto de fusão (°C):	419,5	660	1536	327,4
Densidade (g/cm ³):	7,13	2,71	7,87	11,35

Composição Química do Zinco SHG



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



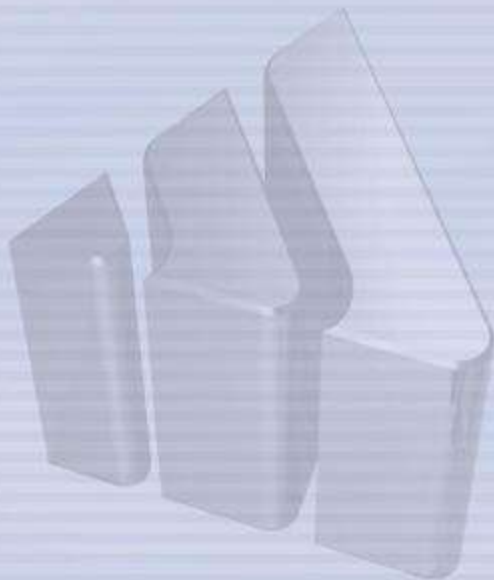
O zinco produzido pela Votorantim Metais possui pureza de 99,995 %. É classificado mundialmente como Zinco SHG (Special High Grade). É registrado na LME (London Metal Exchange) e segue a norma BS EN 1179:1996, tendo a seguinte composição química:

Elemento Químico (%)	Zinco SHG BS EN 1179:2003	Zinco SHG ASTM B6-96
Zinco	99,995 mín.	99,990 mín.
Chumbo	0,003 máx	0,003 máx
Cádmio	0,003 máx.	0,003 máx.
Ferro	0,002 máx.	0,003 máx.
Estanho	0,001 máx.	0,001 máx.
Cobre	0,001 máx.	0,002 máx.
Alumínio	0,001 máx.	0,002 máx.
Total das Impurezas	0,005 máx.	0,010 máx.





Utilização do aço galvanizado na construção civil e na indústria automobilística





Estruturas para geração de energia
eólica- Holanda



Edificação - Alemanha

Fontes: IZA



Cobertura em aço galvanizado pintado – Inglaterra



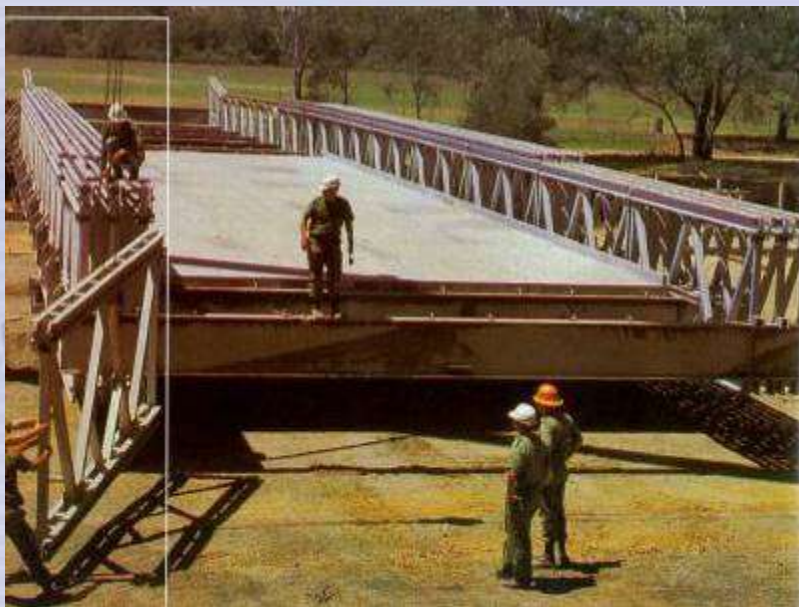
Cobertura em aço galvanizado pintado - Finlândia



Coberturas em aço galvanizado – França



Estrutura fabril - Alemanha



Ponte - EUA



Defesa metálica rodoviária - Holanda

Fontes: IZA



Cobertura de Estádio em aço galvanizado pintado - Inglaterra



Estádio construído em aço galvanizado pintado - Canadá

Fontes: IZA



Acesso à garagem - EUA



Clínica - EUA



Complexo esportivo - EUA



Estacionamento - Alemanha



Complexo aquático - EUA



Shopping Center - EUA



Expo 2002 Hannover - Alemanha

Fontes: Galvanizers Association



Torres de lançamento de foguetes – Cabo Canaveral - EUA



Autódromo de Daytona - EUA



Estufas de flores e plantas - EUA



Pivôs de irrigação



Fonte: Galvânica Beretta

Galpão – Região metropolitana de Porto Alegre - RS



270 Postes Galvanizados e pintados em ciclovia na orla marítima- Santos - SP

La nouvelle Astra

rouille autant qu'un poisson.



bien sûr, à la longévité. C'est pourquoi la nouvelle Astra est dotée d'une suspension McPherson évoluée et de la direction assistée. Mais surtout, d'une carrosserie 100% galvanisée qui vous vaut une garantie de 12 ans. Ce qui revient à dire qu'elle rouille autant qu'un poisson.



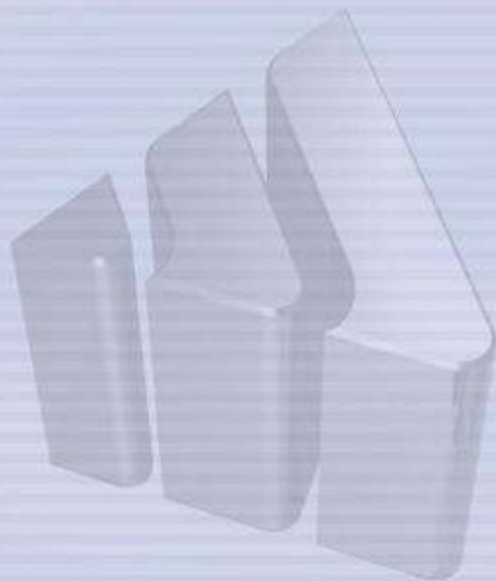
Utilização do aço não galvanizado nas construções



- Corrosão em estruturas de aço aparente
- Corrosão no concreto armado



Corrosão em estruturas de aço aparente



Corrosão em estruturas de aço aparente (não galvanizadas)

AEAMESP

Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



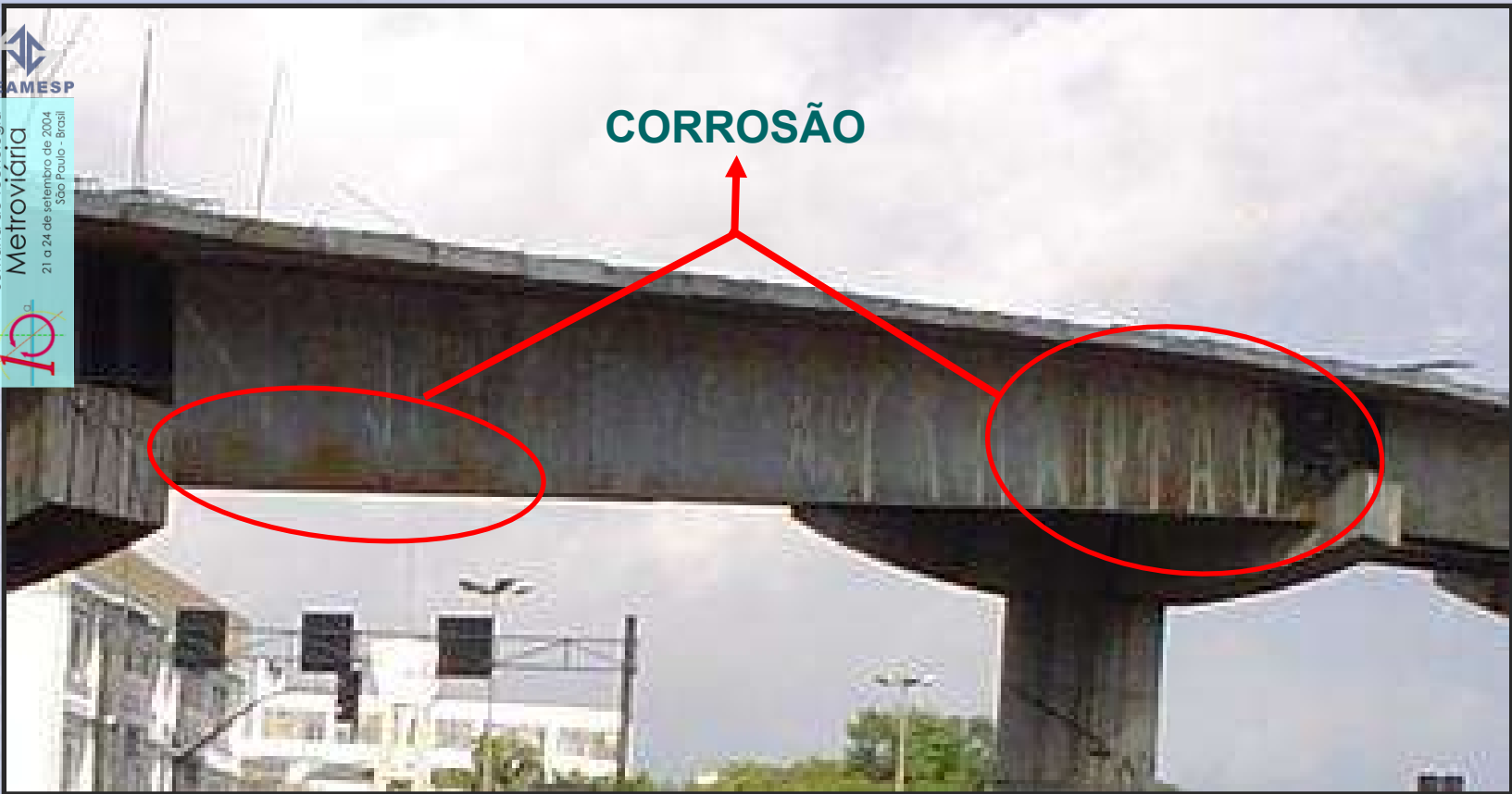
Mastro da Praça da Bandeira – Centro / SP

Fontes: B Bosch Galv do Brasil



Passarela sobre Avenida 9 de Julho - Praça da Bandeira – Centro / SP

Fontes: B Bosch Galv do Brasil



CORROSÃO



**DEFENSA METÁLICA GALVANIZADA
NÃO HÁ CORROSÃO**

Via suspensa do “Paulistão” (Ex Fura-fila) – São Paulo



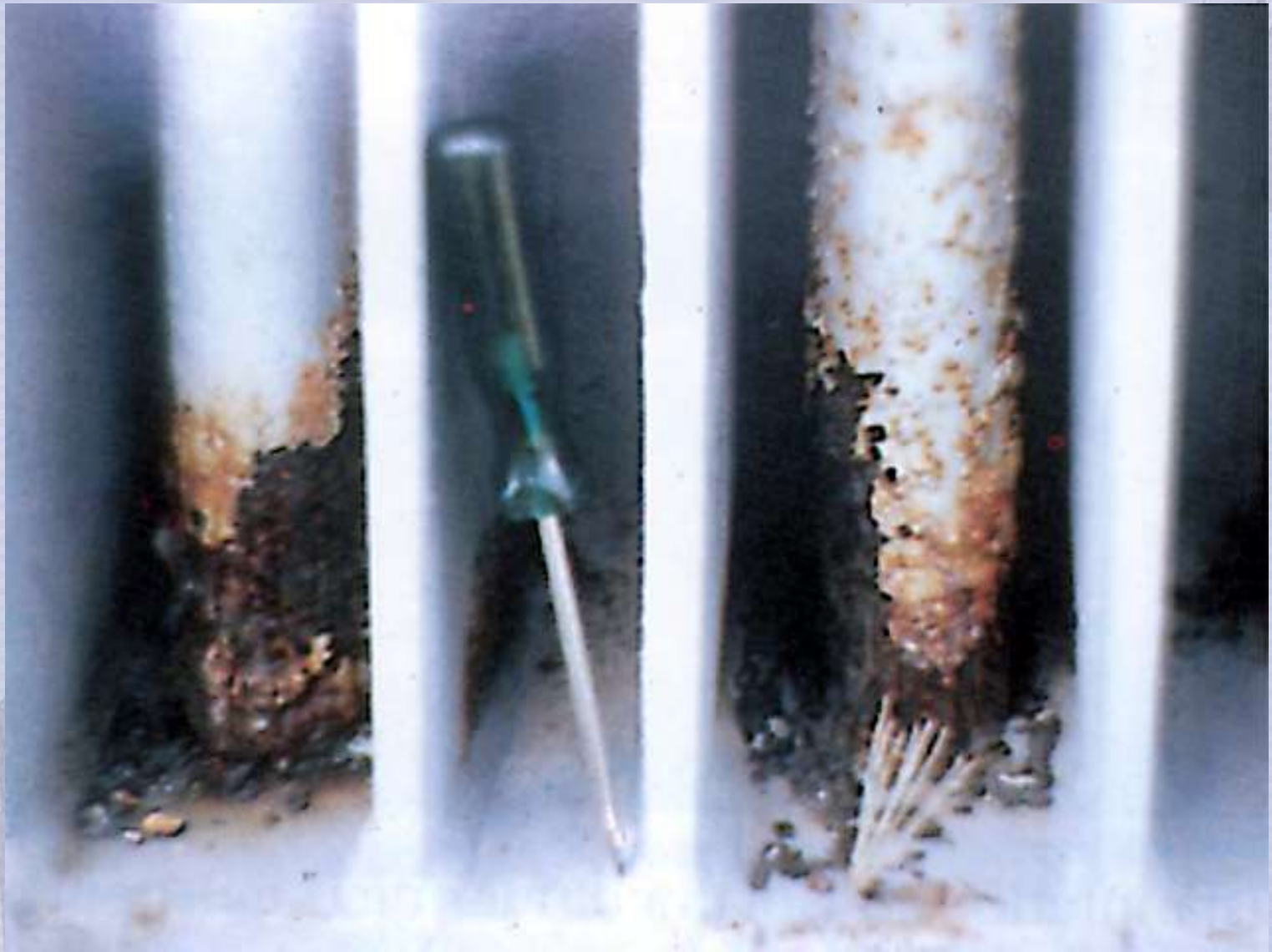
Fontes: B Bosch Galv do Brasil

Portal de entrada São José dos Pinhais – Grande Curitiba



Fontes: B Bosch Galv do Brasil

Tubulação industrial



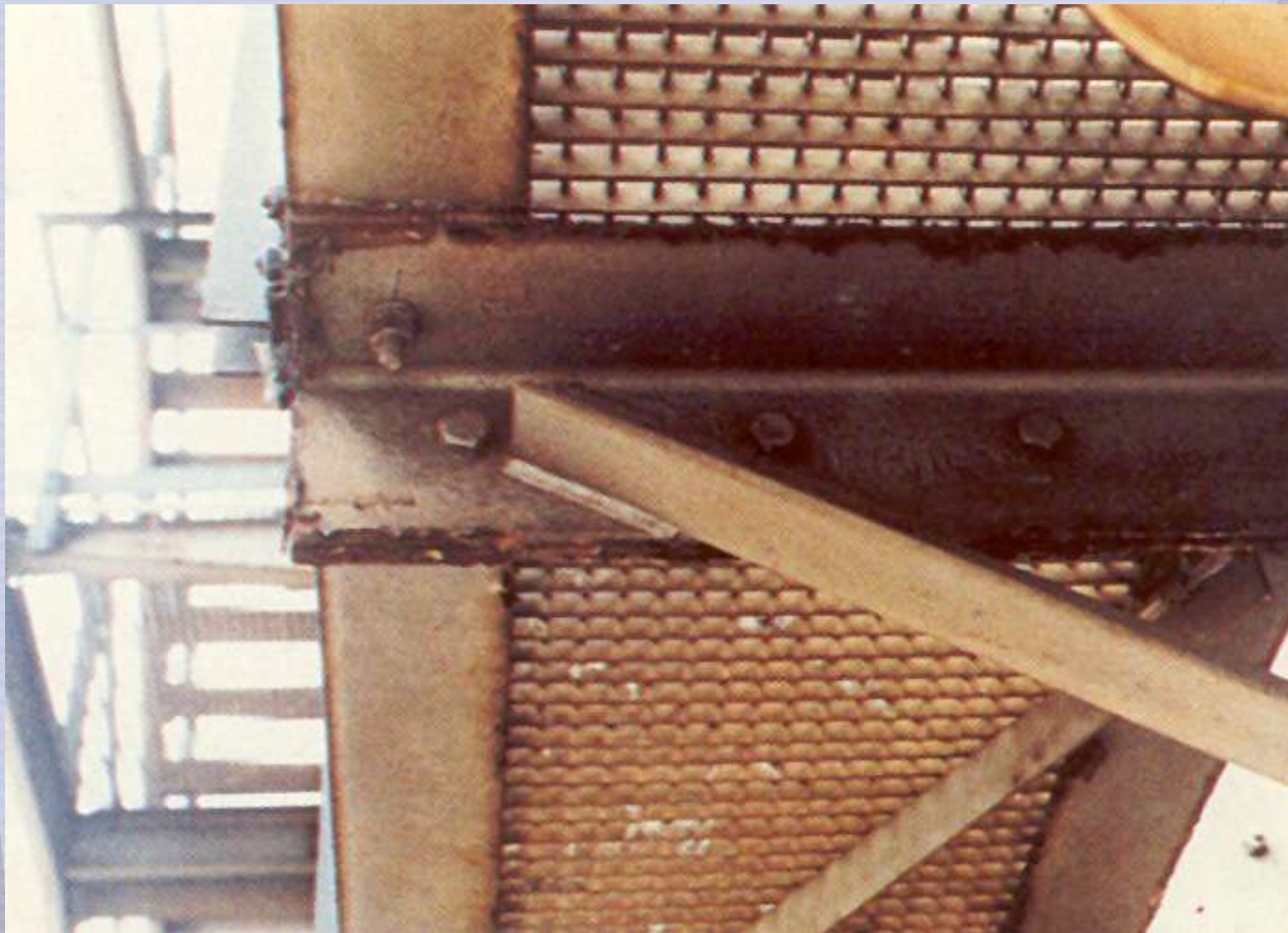
Fontes: B Bosch Galv do Brasil

Chumbadores de estrutura metálica



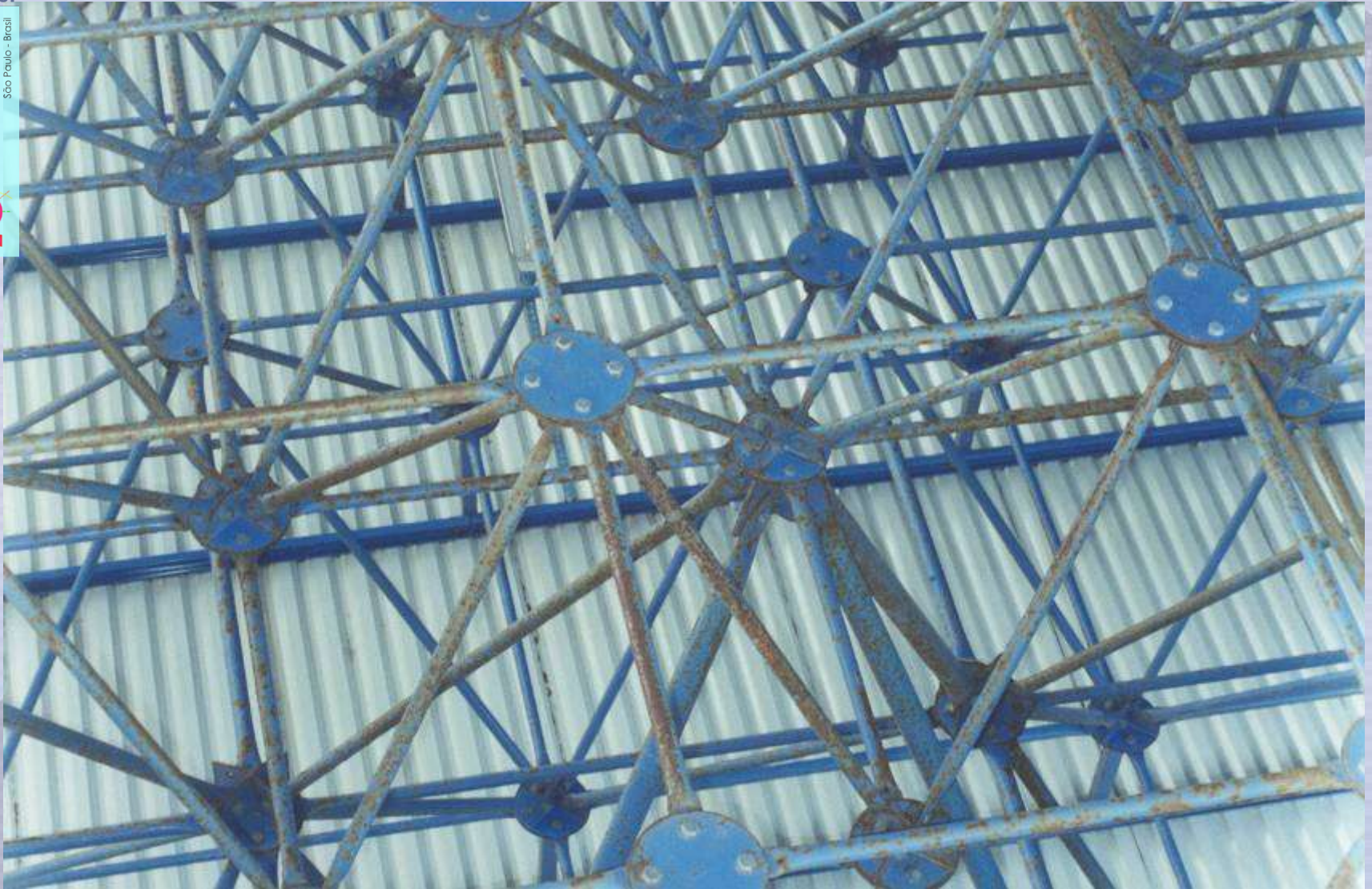
Tubulação (próximo a solda)

Fontes: B Bosch Galv do Brasil



Passarela industrial

Fonte: Prof. Horst Reiche



Fonte: Prof. Horst Reiche

Estrutura metálica de aço patinável pintado



Fonte: Prof. Horst Reiche

Detalhes da estrutura metálica de aço patinável pintado



Fonte: Prof. Horst Reiche

Estrutura metálica industrial



Fonte: Prof. Horst Reiche

Ventilador de túnel

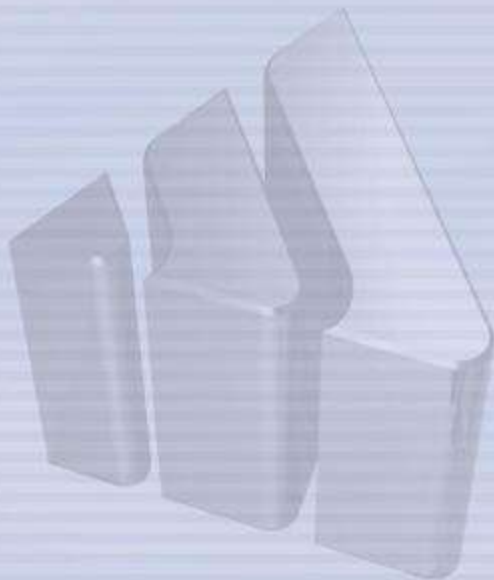


Fonte: Prof. Horst Reiche

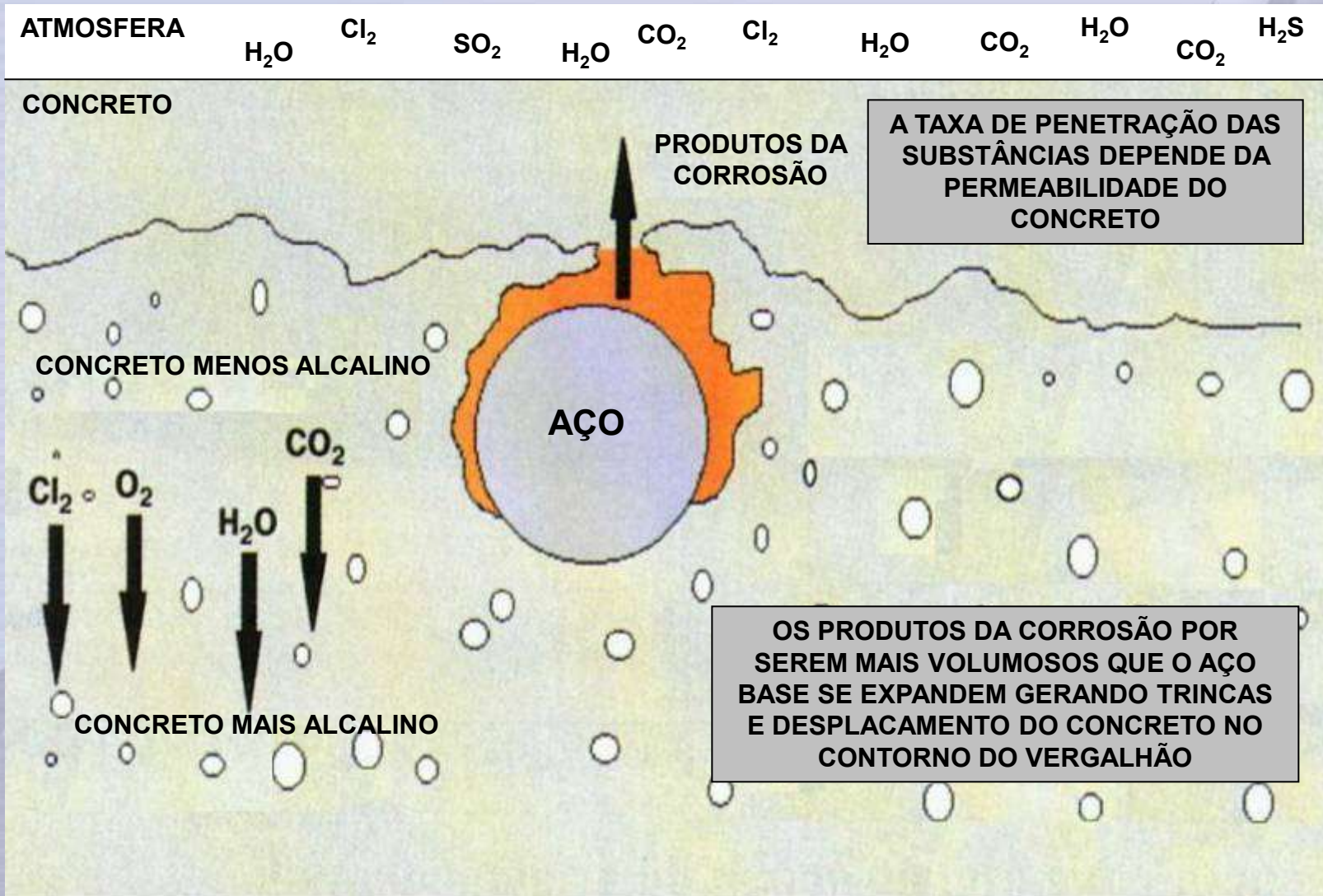
Detalhes do ventilador de túnel



Corrosão no concreto armado



Mecanismo de Corrosão

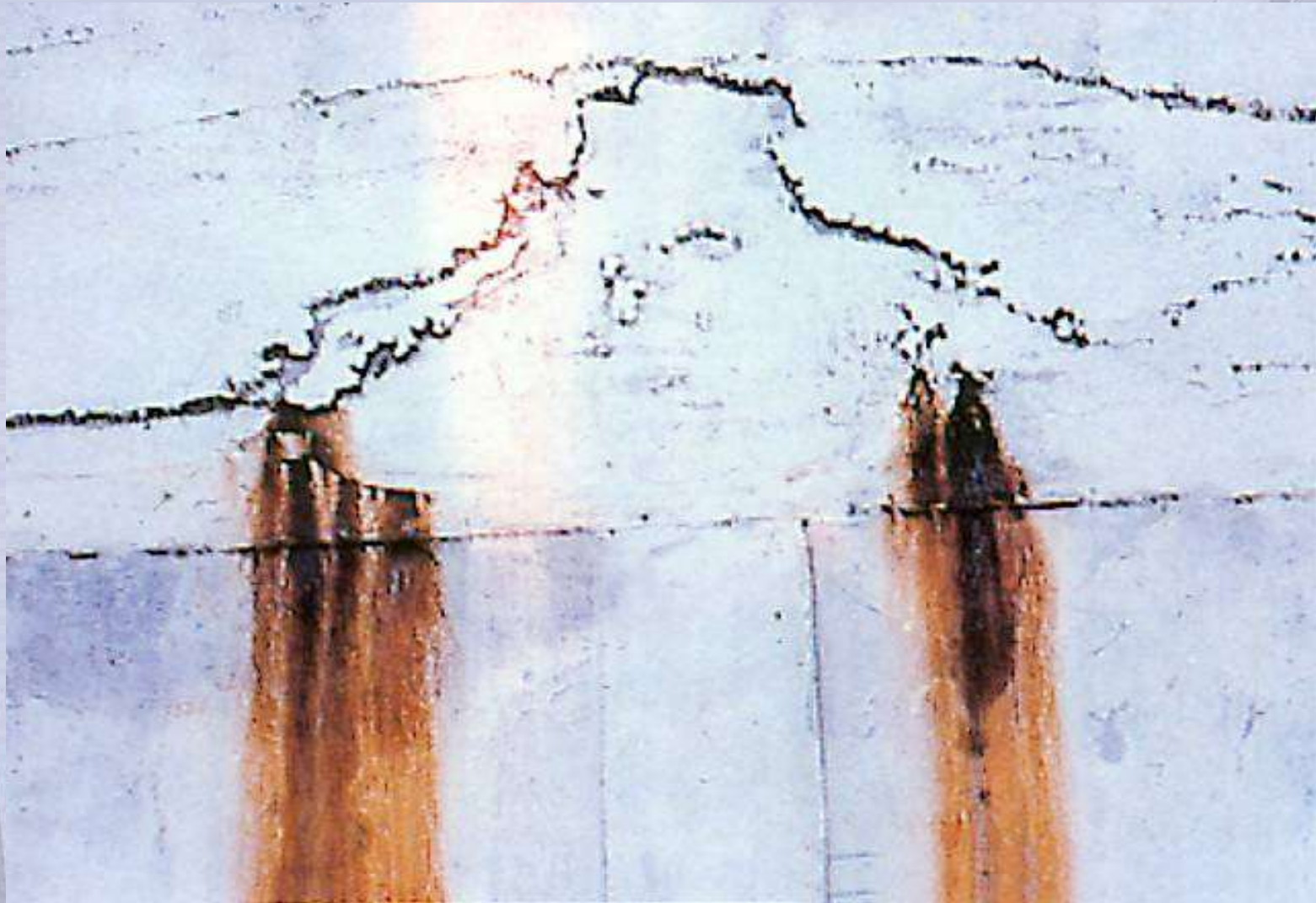


Estágios de Corrosão em um Viaduto Urbano



4


Fontes: Corrosion Club



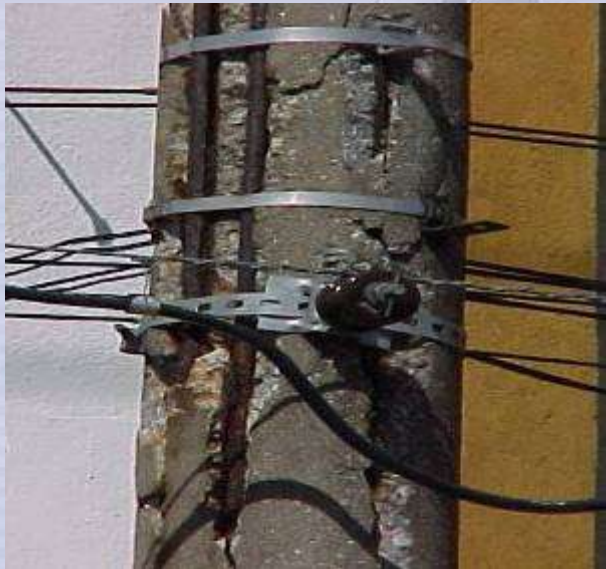
Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

Escorrimento de ferrugem proveniente da corrosão da armadura

Armaduras Corroídas em Estruturas Urbanas


Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Fonte: Corrosion Club



Fontes: B Bosch Galv do Brasil

Os custos causados pela corrosão

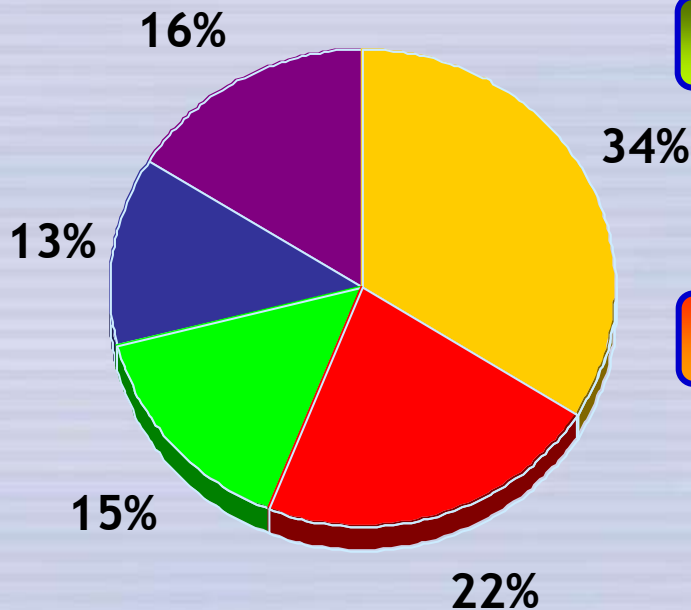


Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Pesquisa realizada nos EUA

- 1 a 5% do PIB dos países
- Brasil = 3,5%
:: ou seja
US\$ 15,83 bilhões



Governo

- defesa
- estocagem de resíduos nucleares

Serviços Públicos

- distribuição de gás
- sistema de abastecimento de água, energia elétrica e telecomunicações

Infra-estrutura

- rodovias
- pontes
- tubulações de gás e água
- aeroportos
- ferrovias
- estocagem de materiais perigosos
- canais.

Produção e Manufatura

- Produção e exploração de gás e petróleo, mineração, petroquímica, farmacêutica, papel e celulose agricultura, processamento de alimentos, eletrônicos e eletrodomésticos.

Transportes

- veículos motorizados
- navios
- trens,
- aeronaves
- transporte de cargas perigosas.



Revestimento de Superfícies Metálicas com Zinco

Galvanização por Imersão a Quente ou Zincagem a Fogo (Hot-dip Galvanizing)

- Linha Contínua (Continuous Line)
- Galvanização Geral (General Galvanizing)



b) Galvanização Eletrolítica ou Zincagem a Frio ou

- Galvanização: 55% do consumo de zinco no mundo
- Galvanização a Fogo - 97%
 - Galvanização Eletrolítica - 3%

Segmentos: construção civil, automobilístico e agropecuário;

c) Aspersão Térmica ou Metalização;

d) Pinturas com tinta rica em zinco.



Materiais Galvanizados Mais Importantes

- Torres de transmissão
- Postes e padrões elétricos
- Acessórios para transmissão elétrica



Fonte: Egel – www.egel.com.br



Fonte: Itaipu Binacional – www.itaipu.gov.br

Materiais Galvanizados Mais Importantes



Fonte: Rautaruukki - Finlândia



Fonte: CSN



Fonte: IZA



Fonte: CSN

Materiais Galvanizados Mais Importantes

- Defensas metálicas, cercas, sinalizações e parafusos
- Arames lisos e farpados;



Fonte: Mangels



Fonte: Mangels



Fonte: Belgo Mineira Bekaert



Fonte: Belgo Mineira Bekaert

➤ Tubos e conexões de todos os tamanhos;



Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch



Fonte: Fogal – Galvanização a Fogo

Mercado Brasileiro de Zinco

Produção nacional - 260.000 t de zinco primário por ano (2003)



Produtores de Zinco

<u>CMM</u>	<u>CPM</u>
170 kt	90 kt

Destino da Produção (2003)

Mercado Interno	72 %
Mercado Externo	28 %

Evolução e Consumo Nacional



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil



No Brasil o consumo é de **1,1 kg/habitante/ano** de zinco

Nos EUA é de **4 kg/habitante/ano** e na Europa é de **6 kg/habitante/ano**

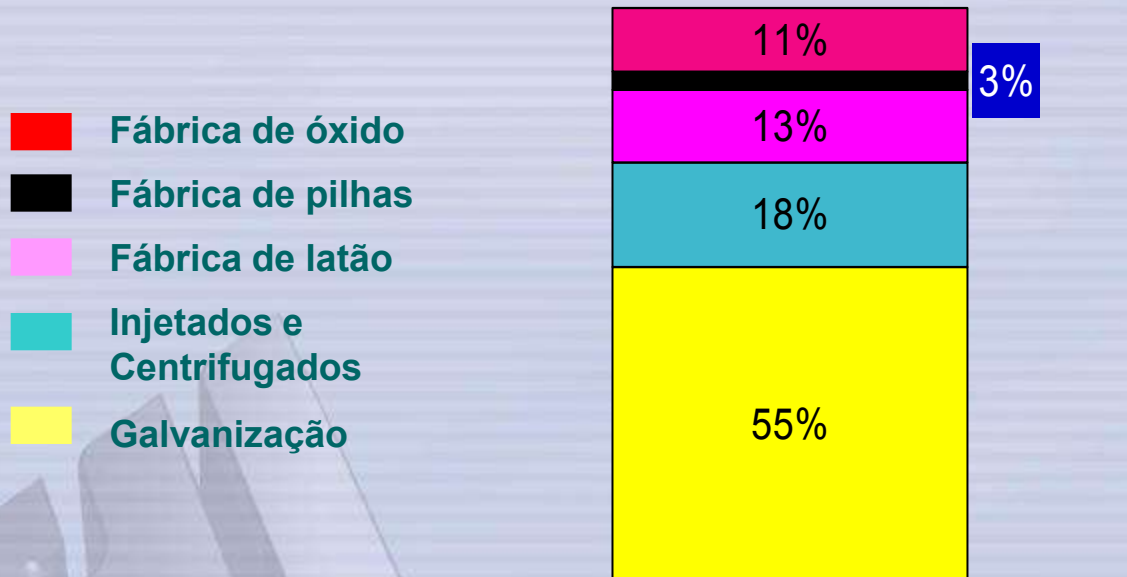
Fatores que impulsionaram o crescimento do consumo de zinco:

- a) Abertura do mercado as importações: veículos e eletrodomésticos de melhor qualidade fabricados a partir de chapas galvanizadas
- b) Privatizações no setor rodoviário, nas telecomunicações e no sistema elétrico
- c) Instalação de novas montadoras de veículos no país
- d) Atualização da indústria nacional: 4 grandes plantas de galvanização:
 - Unigal em Ipatinga, MG (Usiminas / Nippon Steel)
 - Vega do Sul em São Francisco do Sul - SC (CST / Arcelor / Gestamp)
 - Galvasud em Porto Real - RJ (CSN / Thyssen) – mercado automobilístico
 - CSN – Paraná em Araucária, PR – eletrodomésticos e construção civil

Consumo de Zinco no Mercado Interno



Base 2003
260.000 t



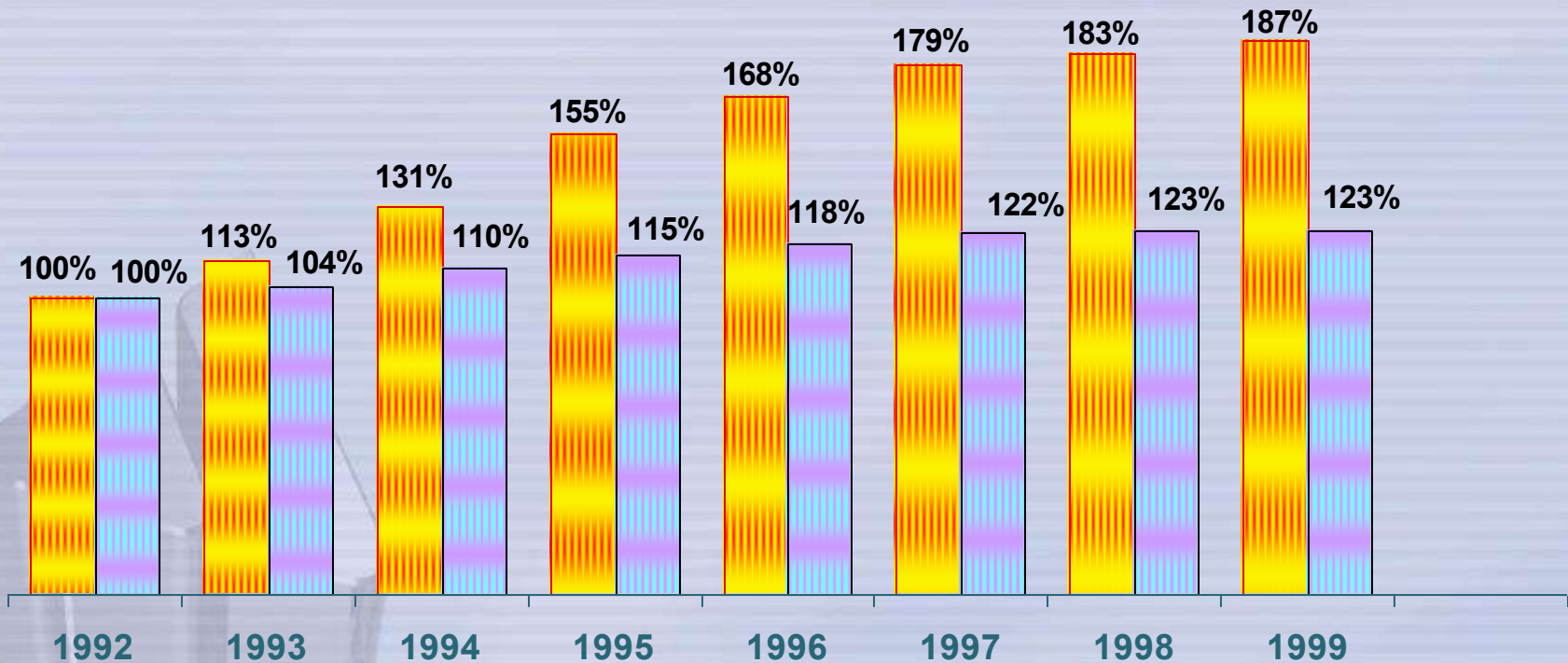
Fonte: Entrevistas com Clientes da Companhia Mineira de Metais e Usuários Finais; Análise VMM/CMM

Consumo de Zinco no Mercado Interno

O consumo de zinco no Brasil tem crescido acima do PIB

Consumo de Zinco no Brasil X PIB
Base 100% = 1992

■ PIB ■ Consumo



Fonte: CMM

Galvanização por Imersão a Quente

A galvanização por imersão a quente é um processo de revestimento de peças de aço ou ferro fundido de qualquer tamanho, peso, forma e complexidade, visando sua proteção contra o corrosão.

Corrosão do zinco

3 a 10% em relação ao aço não revestido

Dureza das camadas Fe/Zn

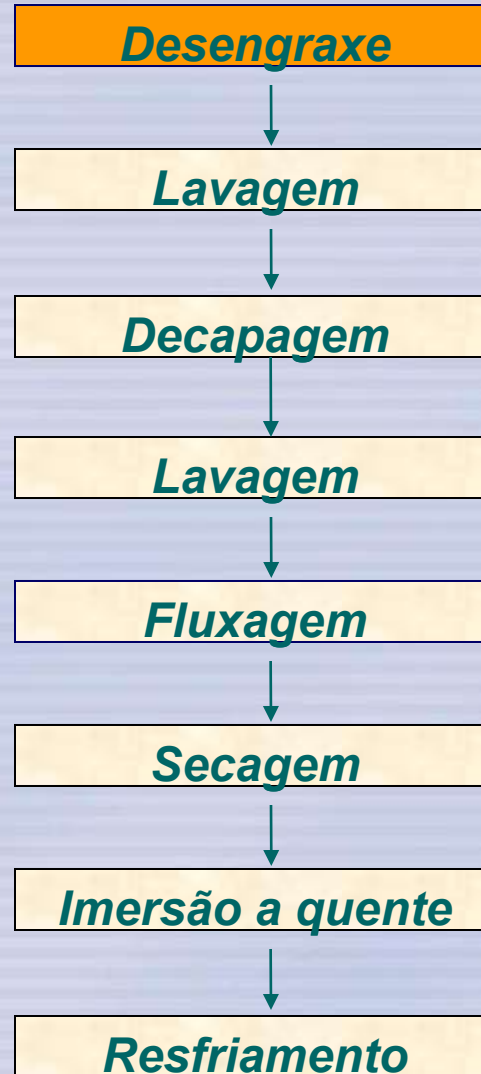
similar a do aço e
>> pintura com tinta



Na prática, é importante saber **onde** a peça a ser zincada irá estar exposta durante a sua vida útil para **definir a espessura** de camada a ser aplicada.

Quanto maior a camada de proteção, maior a durabilidade da superfície revestida.

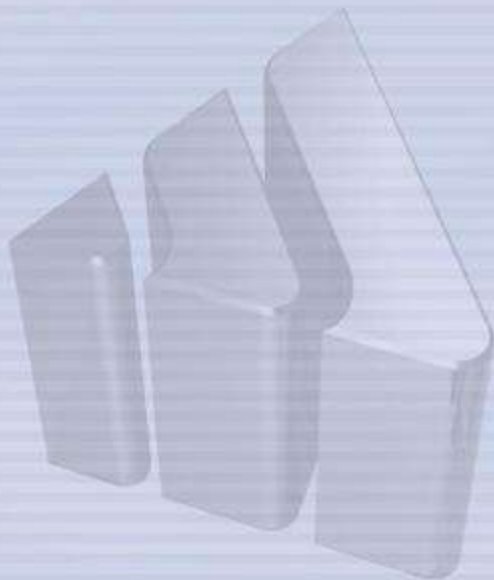
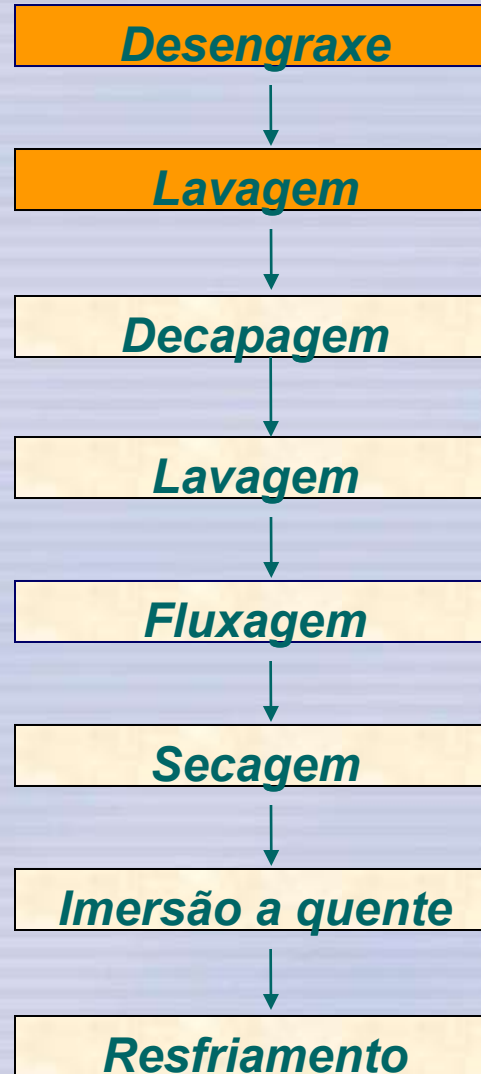
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo





Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

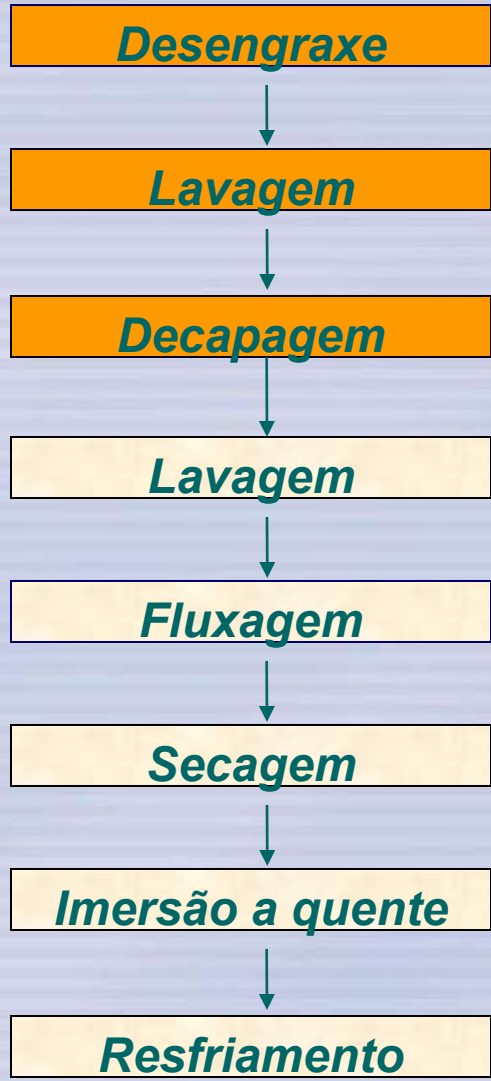
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo





Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

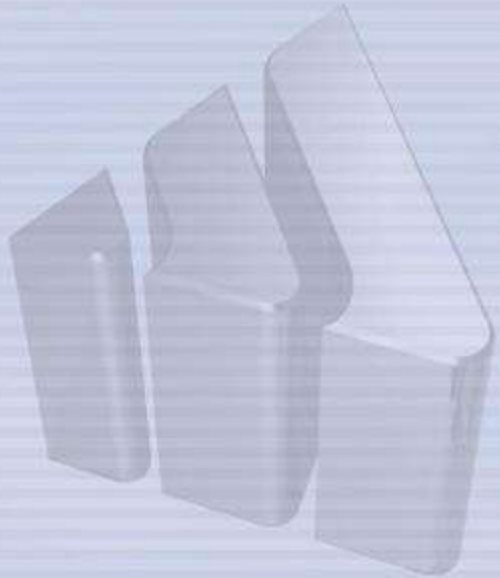
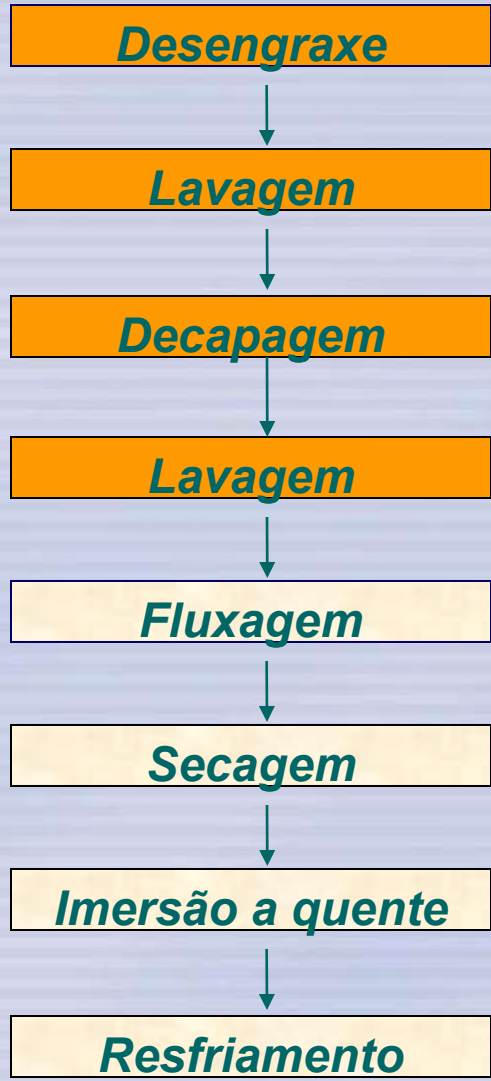
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo





Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

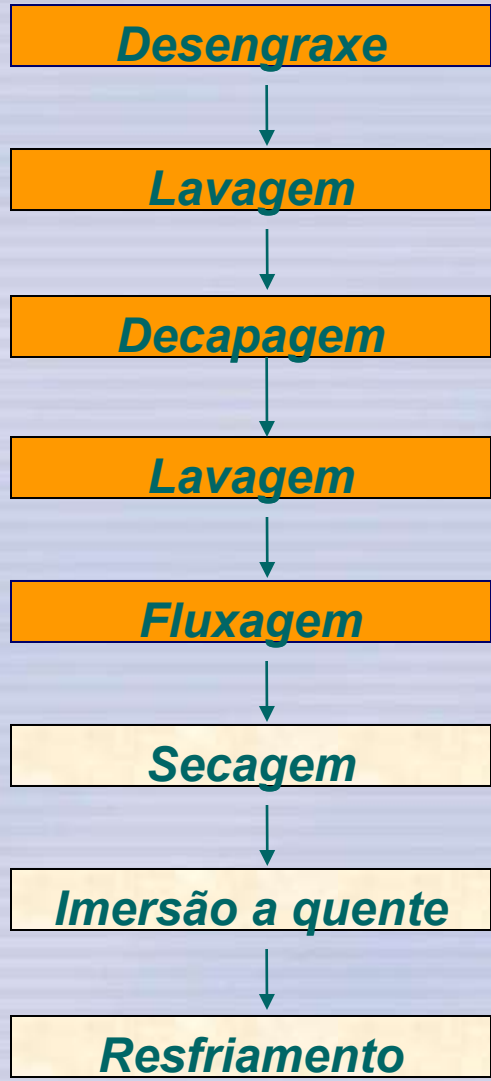
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo





Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

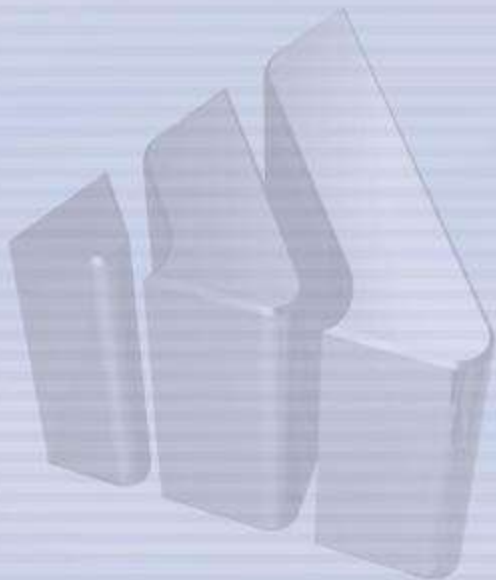
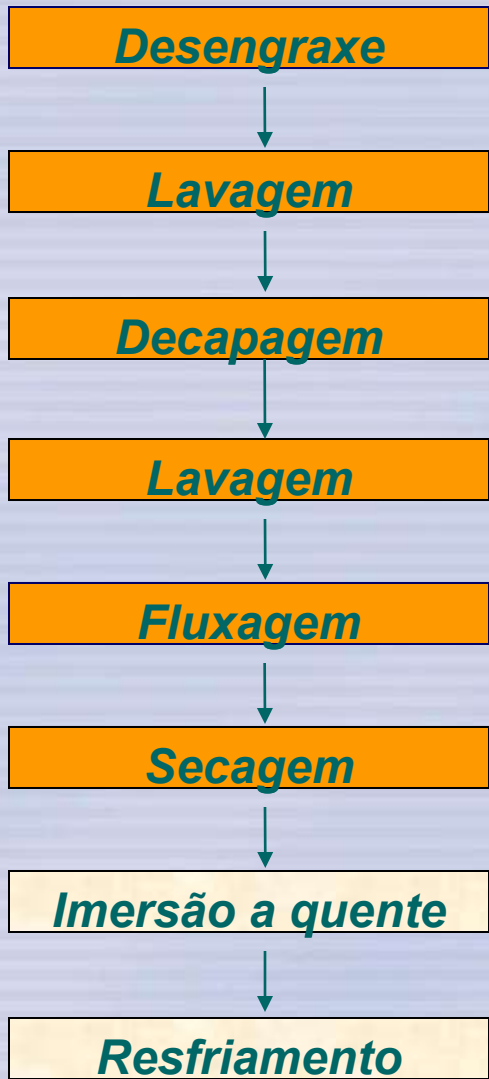
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo



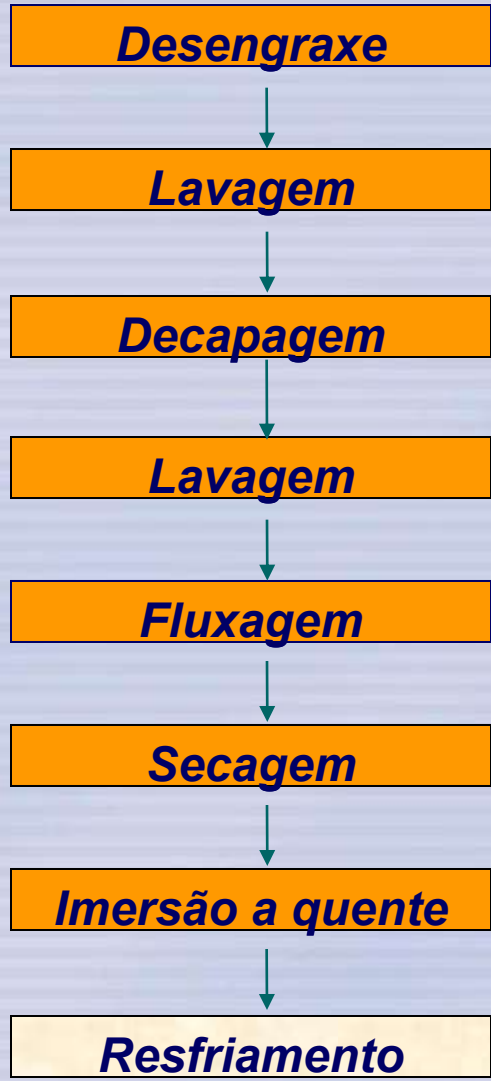


Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo



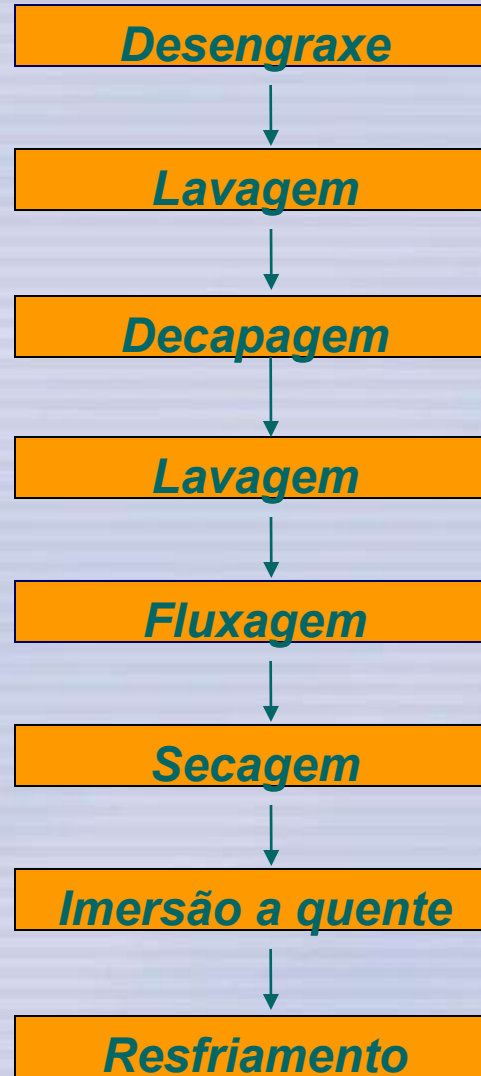
Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo





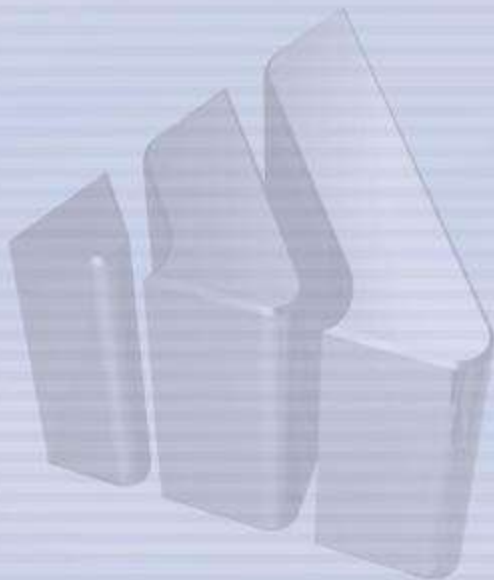
Fonte: Seminário de Galvanização a Fogo - BBosch

Fluxograma de um Processo de Galvanização a Fogo

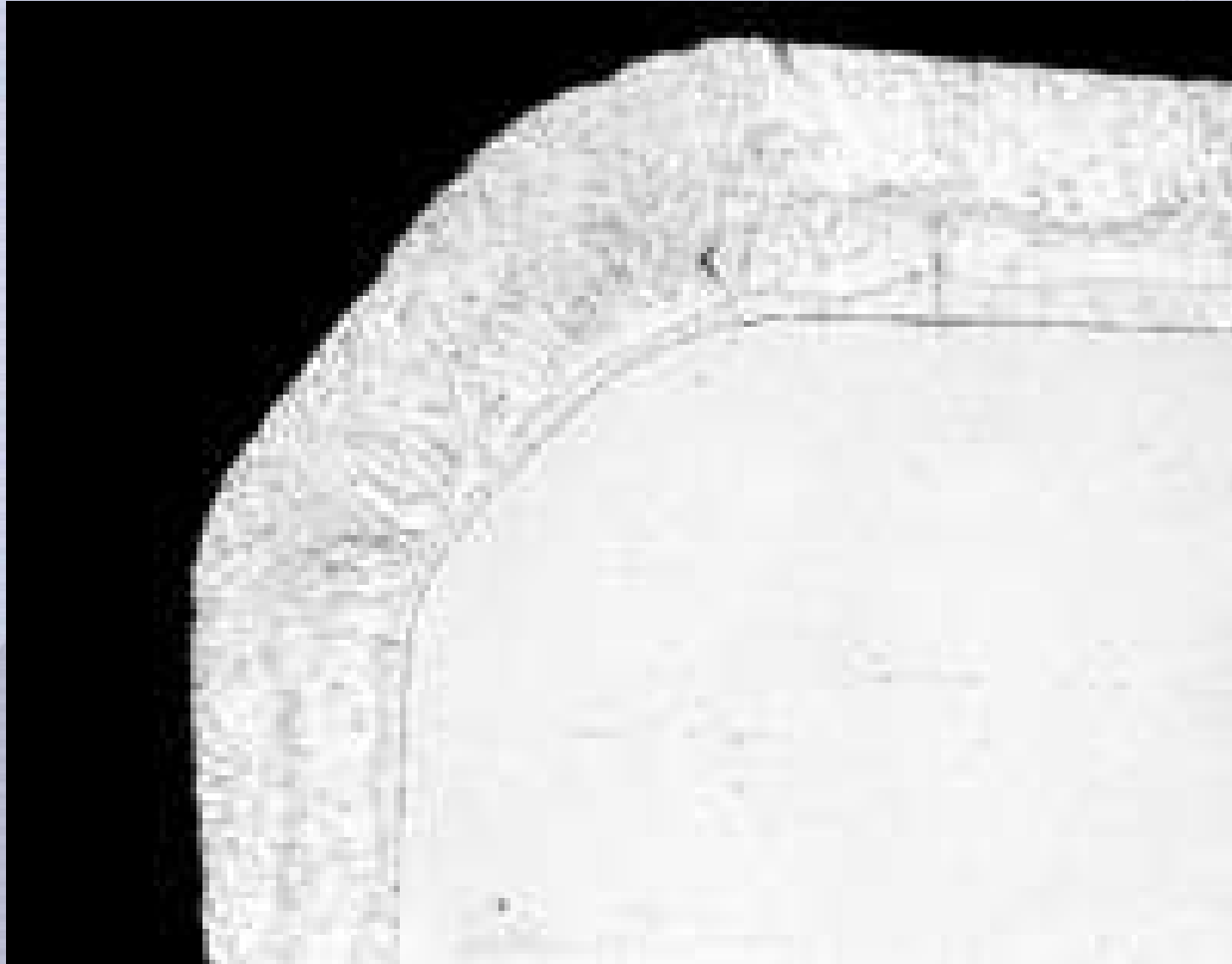




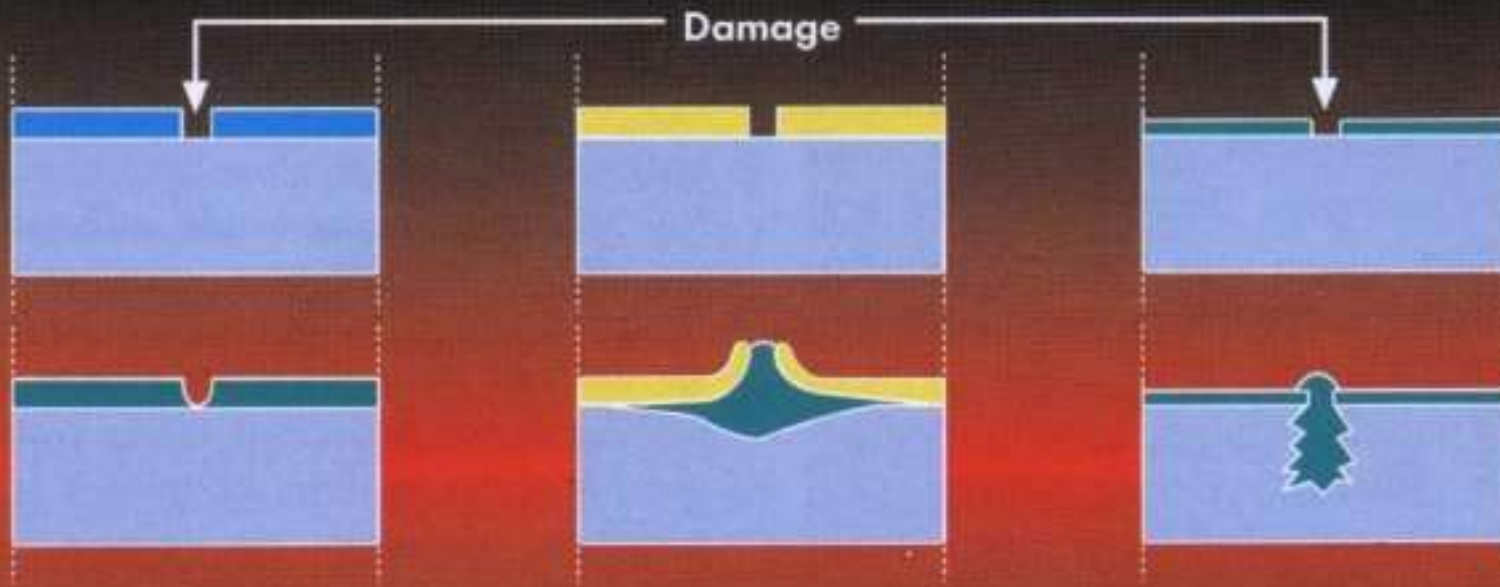
Principais propriedades do galvanizado



Proteção dos cantos vivos



Proteção catódica



Zinc Coating

Electro-negative to steel,
Zinc preferentially
sacrificed to protect steel
No corrosion undercreep

Paint Coating

Only barrier protection
provided
Corrosion undercreep
can occur

Nickel, Chromium or Copper

Electro-positive to steel
Corrosion accelerated
at exposed surfaces

Formação da pátina de zinco aderente



Carbonato de Zinco

Hidróxido de Zinco

Óxido de Zinco

Zinco

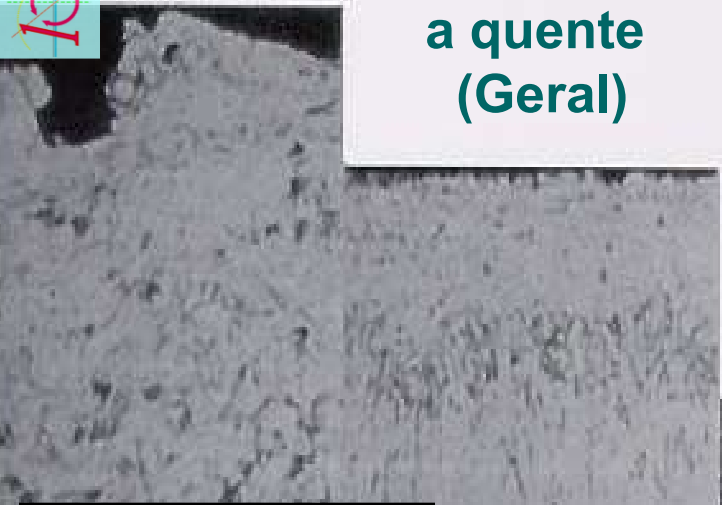


Comparação dos diversos revestimentos de zinco

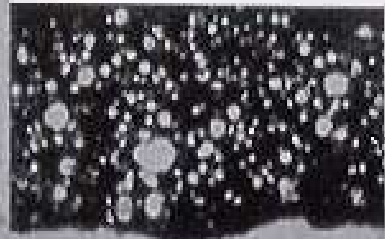
Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Galvanização

**Galvanização
por imersão
a quente
(Geral)**



**Pintura com
tinta rica
em zinco**



**Galvanização
por Imersão
a quente
(Contínua)**

1 mil 

**Galvanização
Eletrolítica**

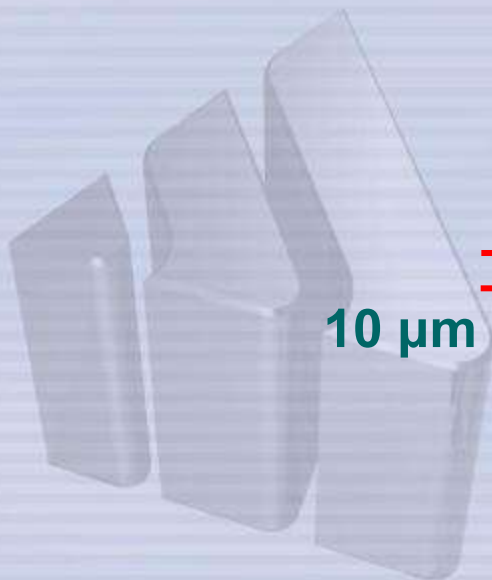


Espessura do revestimento galvanizado Imersão a quente X Eletrolítico

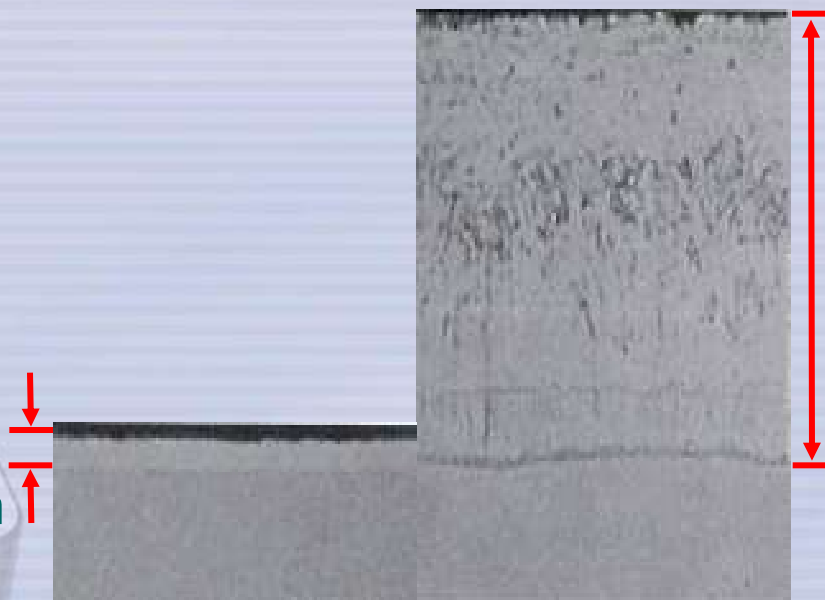


Galvanização
Eletrolítica

Galvanização
por imersão
a quente
(Geral)



10 μm

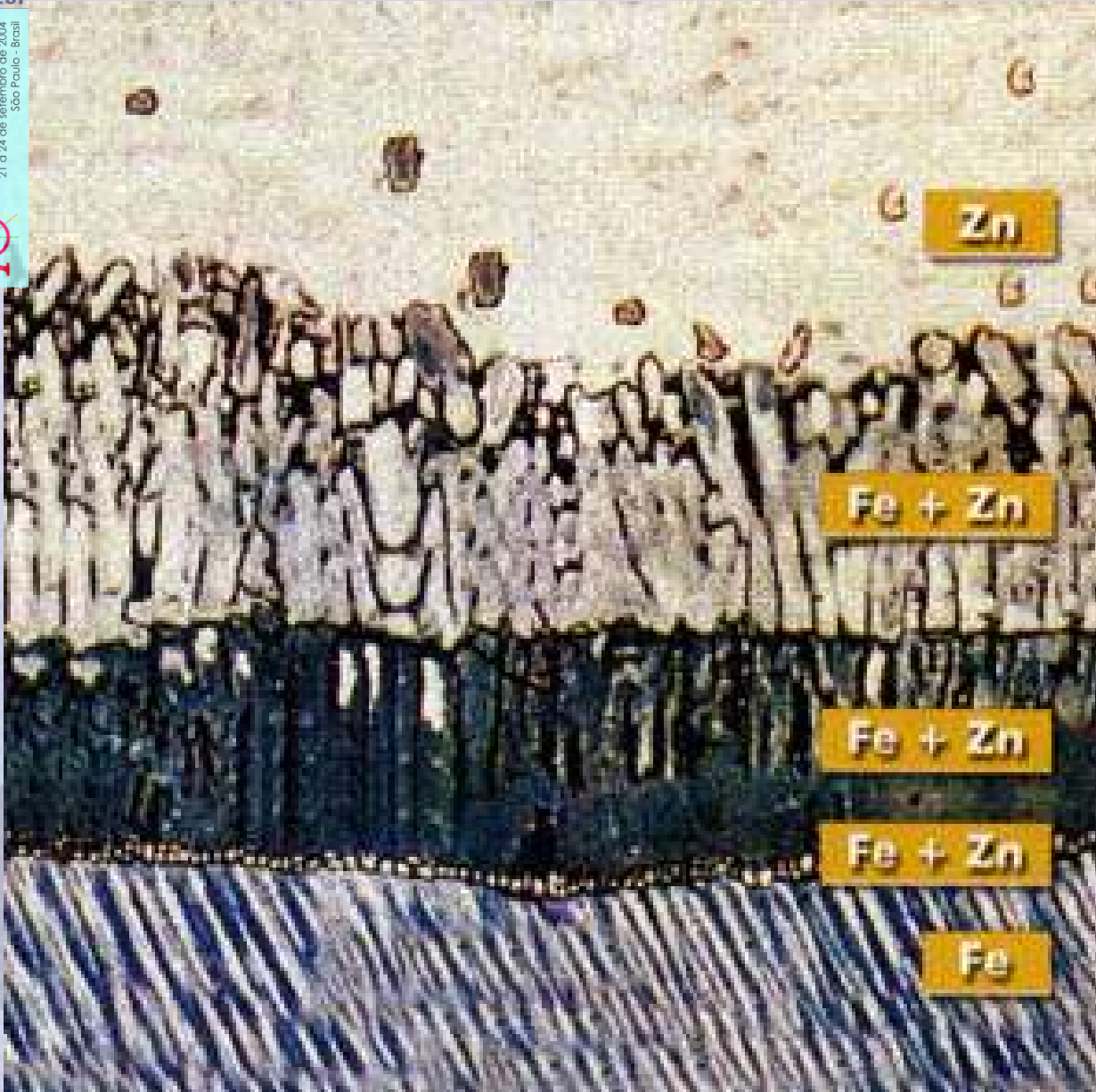


90 μm

Camadas Intermetálicas



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



→ Eta - 100% Zn

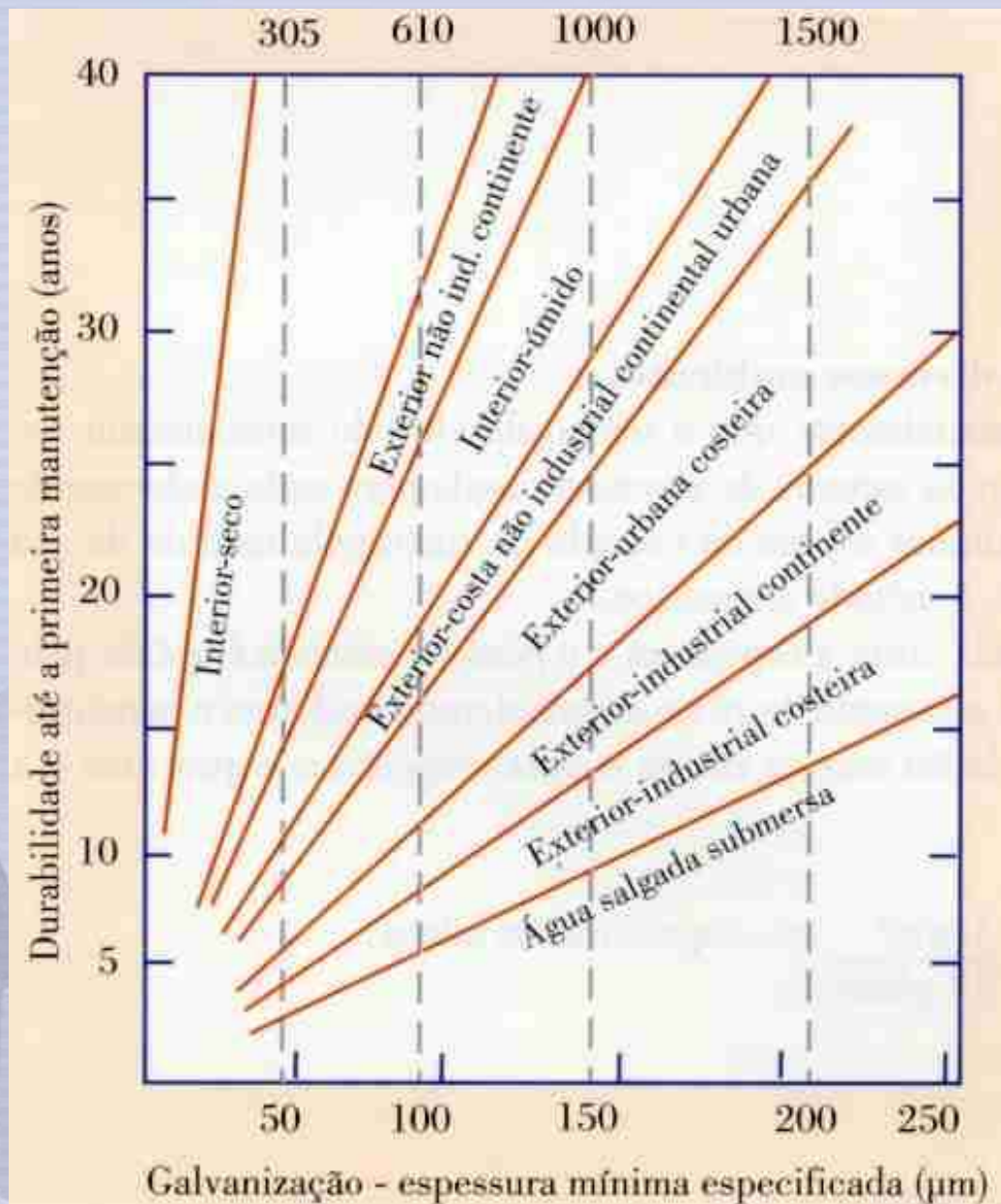
→ Zeta - 94% Zn

→ Delta - 90% Zn

→ Gama - 76% Zn

→ Substrato de aço

Espessura Mínima Especificada em Micra (μm)



Fonte: ICZ - Manual de Galvanização

Comparação entre as diferentes atmosferas

Alguns exemplos no Brasil (corrosão do aço carbono nu)



LOCAL	AMBIENTE	VELOCIDADE MÉDIA $\mu\text{m}/\text{ano}$
Sorocaba, SP, Brasil	Rural	15
Brasília, DF, Brasil	Urbana	9
São Paulo, SP, Brasil	Urbana	40
Cubatão, SP, Brasil	Industrial	61
Santo André, SP, Brasil	Industrial	69
Praia Grande, SP, Brasil	Marinho	171
Arraial do Cabo, RJ, Brasil	Marinho	126

Fonte: Princípios de Corrosão - Fábio Domingos Pannoni

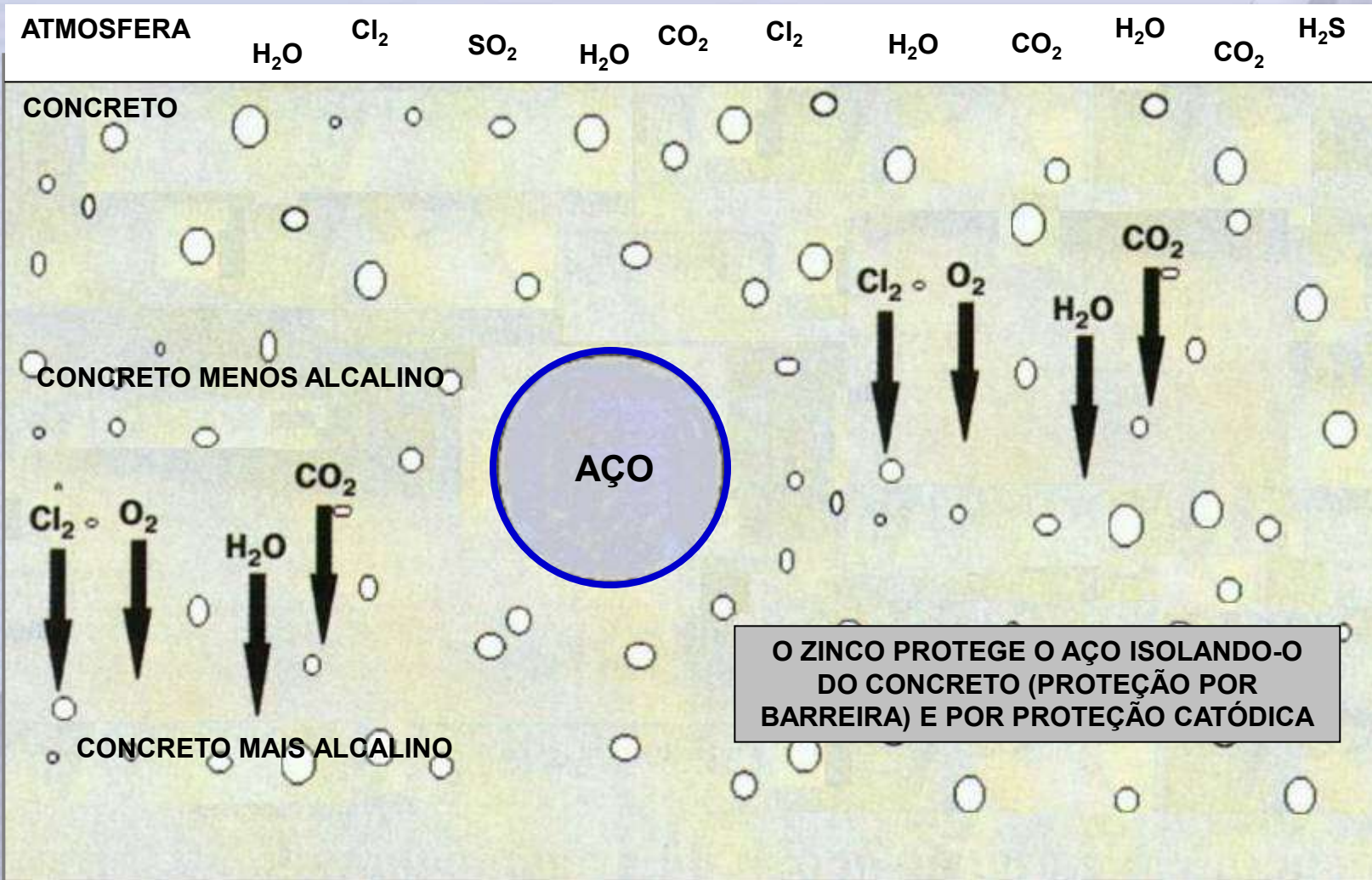




Armações Galvanizadas por Imersão a quente



Proteção do vergalhão – Aspecto Prático



Fonte: Galvanized Rebar, adaptado pelo autor

Exemplo – Museu Iberê Camargo – Porto Alegre/RS



Aspecto de armação galvanizada por imersão a quente (28/06/04)



Exemplo – Museu Iberê Camargo – Porto Alegre/RS

AEAMESP

Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Aspecto de armação galvanizada por imersão a quente (28/06/04)



Exemplo – Museu Iberê Camargo – Porto Alegre/RS

AEAMESP

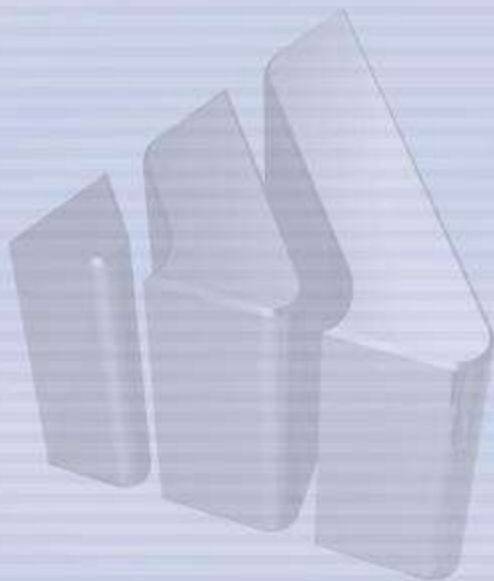
Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Aspecto de armação galvanizada por imersão a quente (28/06/04)



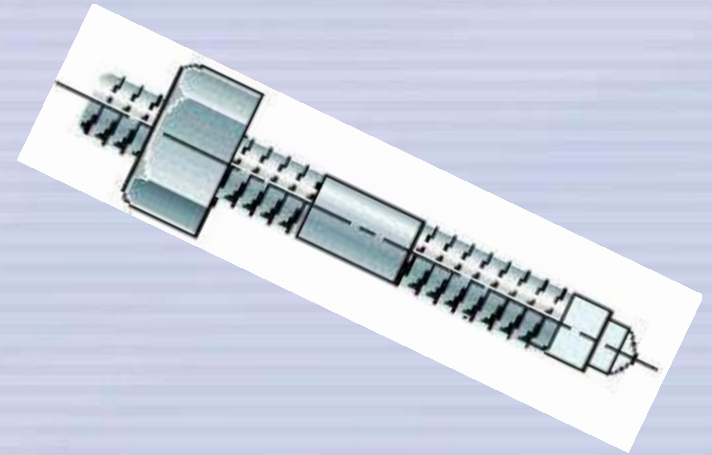
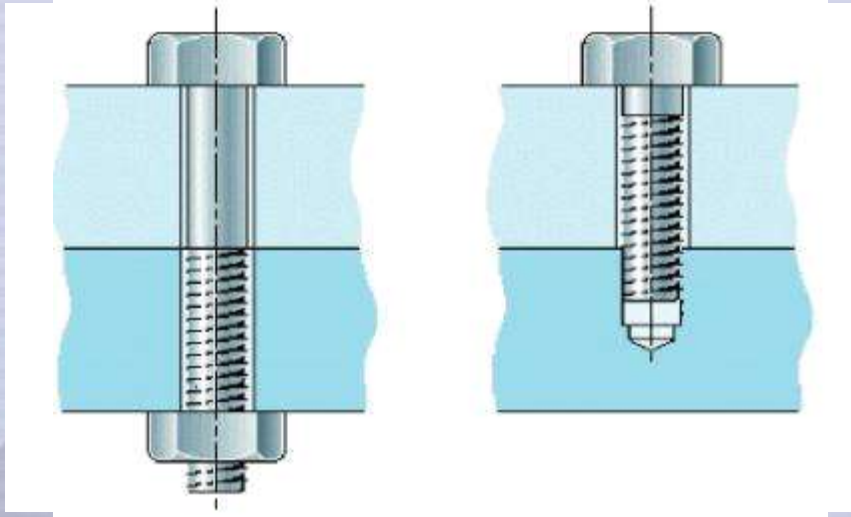
Parafusos Galvanizados por Imersão a Quente



NBR 14267 - 1999

Elementos de fixação – Peças roscadas com revestimentos de zinco por imersão a quente - Especificação

Fixa as condições exigíveis para elementos de fixação mecânicos, principalmente parafusos e porcas com rosca normal de M10 a M36



Aplicação do revestimento de zinco na rosca externa do parafuso aumentando seu diâmetro. A rosca da porca deverá ser repassada com o macho adequado. (procedimento aplicado somente quando o parafuso e porca forem fornecidos e usados como conjunto).

NBR 14267 - 1999



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil



Principais pontos da norma

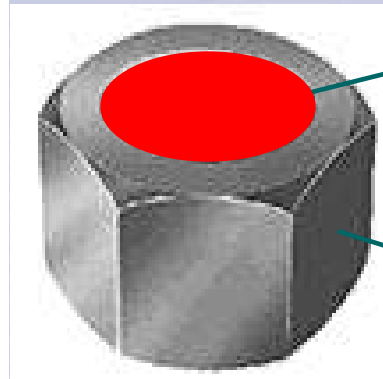
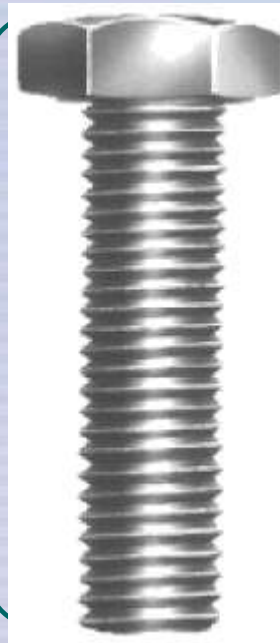
Roscas externas não devem ser repassadas (parafusos)

Roscas internas não são revestidas com zinco, mas sim cortadas ou repassadas após o revestimento da peça bruta (porcas)



Importante: A rosca interna da porca é protegida contra a corrosão pois está em contato com a rosca interna do parafuso, esta sim galvanizada.

100% GALVANIZADO



ROSCA NÃO GALVANIZADA

O RESTANTE GALVANIZADO



Normas ABNT e ASTM usuais no segmento Galvanização Geral:

- **NBR 6323 (Jun/99) – Condições exigíveis dos produtos zincados por imersão a quente**
- **NBR 7397 (Jun/90) – Determinação da massa de Zn por unidade de área (g/m²)**
- **NBR 7398 (Jun/90) – Verificação de aderência do revestimento de Zn**
- **NBR 7399 (Jun/90) – Verificação da espessura do revestimento utilizando aparelhos magnéticos (μm)**
- **NBR 7400 (Jun/90) – Verificação da uniformidade do revestimento (Preece)**
- **NBR 14267 – (1999) - Elementos de fixação (porcas, parafusos e roscados)**
- **Complementos – ABNT NBR 344 e ASTM – A123, A767 e A153**

Norma ABNT NBR 6323



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2024
São Paulo - Brasil



Produto de Aço ou Ferro Fundido Revestido por Zinco por Imersão a Quente

Massa de zinco, por unidade de área, de materiais zincados

Material	Massa mínima por unidade de área (g/m^2)		Espessura mínima equivalente do revestimento (μm)	
	Amostra individual	Média das amostras	Amostra individual	Média das amostras
Fundidos	550	600	77	85
Conformados mecanicamente				
Espessuras (e):				
$e < 1,0 \text{ mm}$	300	350	42	49
$1,0 \text{ mm} \leq e < 3,0 \text{ mm}$	350	400	49	56
$3,0 \text{ mm} \leq e < 6,0 \text{ mm}$	450	500	63	70
$e \geq 6,0 \text{ mm}$	530	600	74	84
Parafusos:				
$\phi \geq 9,5 \text{ mm}$	305	380	43	53
$\phi < 9,5 \text{ mm}$	260	305	37	42

Nota: Um revestimento de zinco com 1 g/m^2 corresponde a uma espessura de $0,14 \mu\text{m}$ do revestimento. O valor da espessura do revestimento em μm multiplicado por 7,14 equivale, aproximadamente, à massa da camada em g/m^2 .

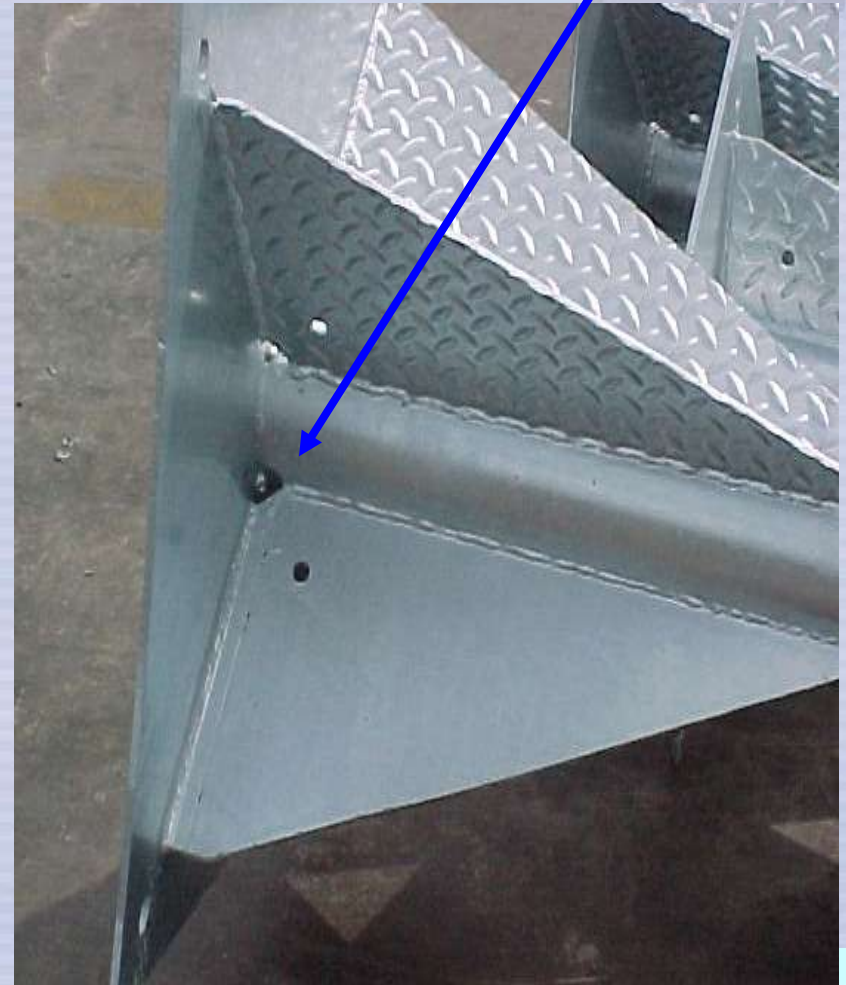
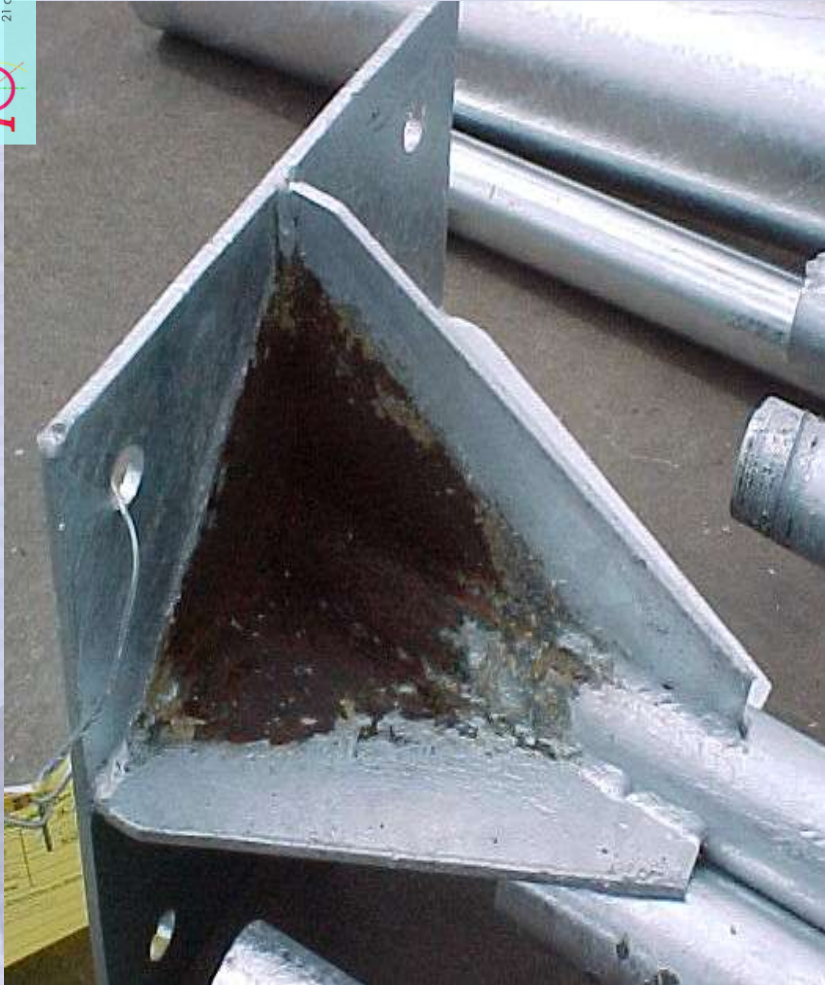
Defeitos mais comuns



- **Abafamento**
- **Solda / Respingos**
- **Tinta ou verniz no metal base**
- **Corrosão branca**
- **Chapas sobrepostas**
- **“Areião”**



Abafamento



Peça com furação
correta

Solda / Respingos

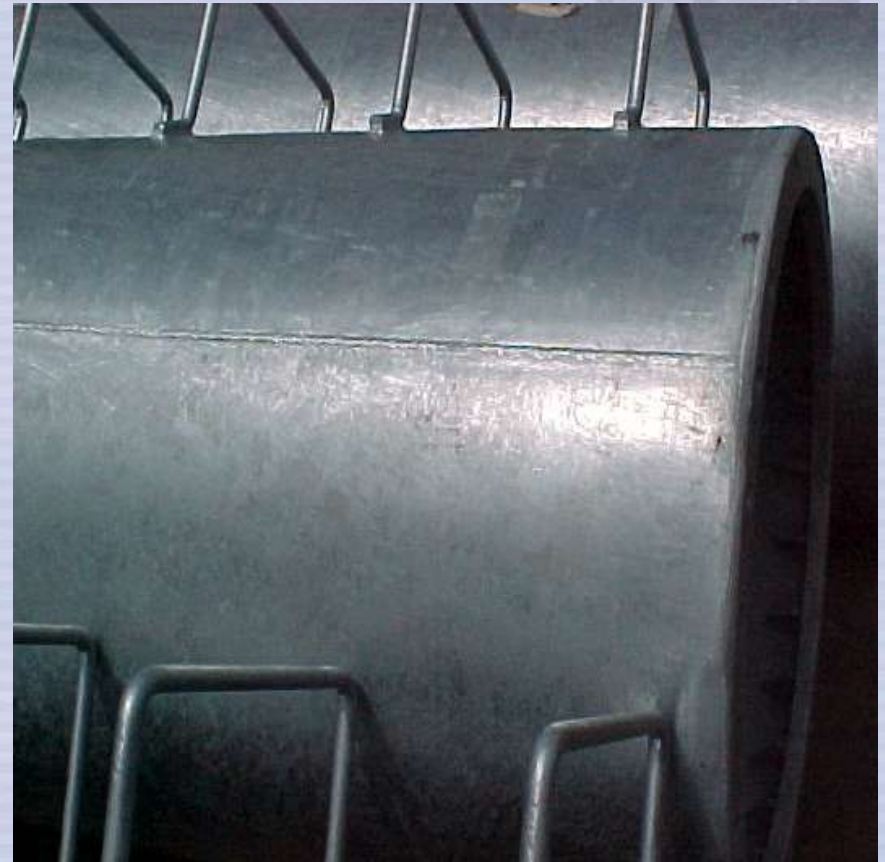
- Carepa
- Anti-respingo



Tinta no metal base



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Corrosão branca

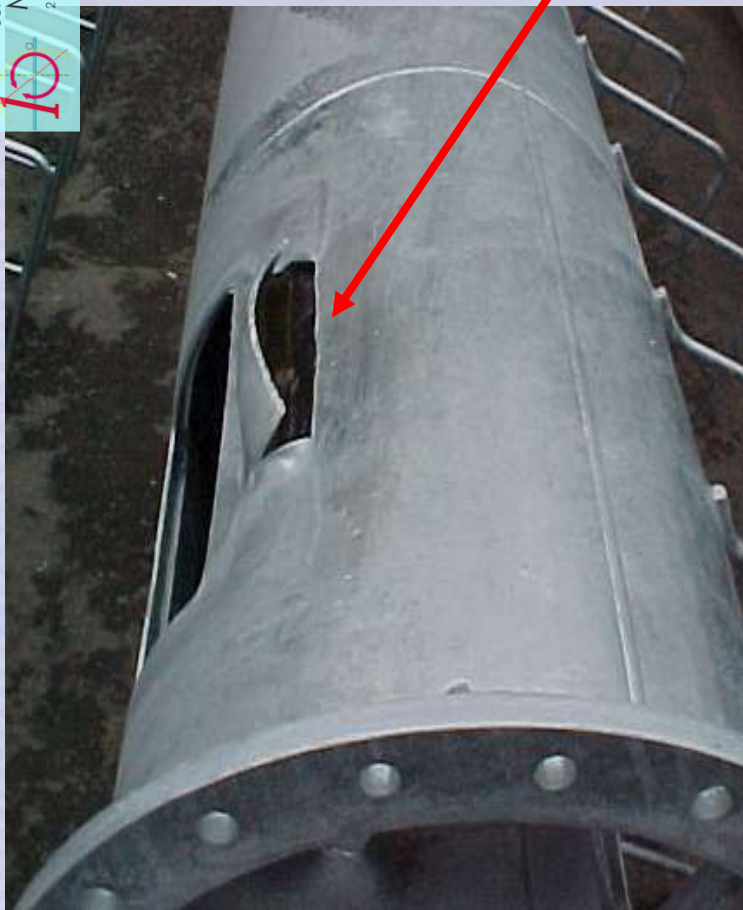


Chapas sobrepostas

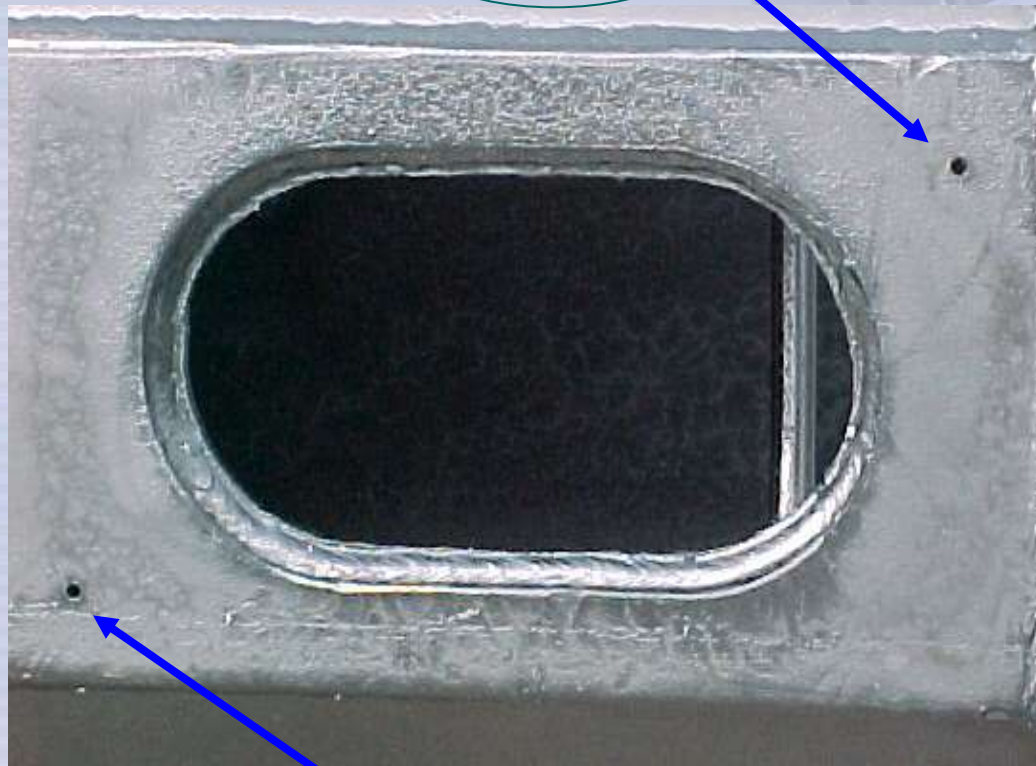


Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Explosão



Respiro adequado



Respiro adequado

“Areião”



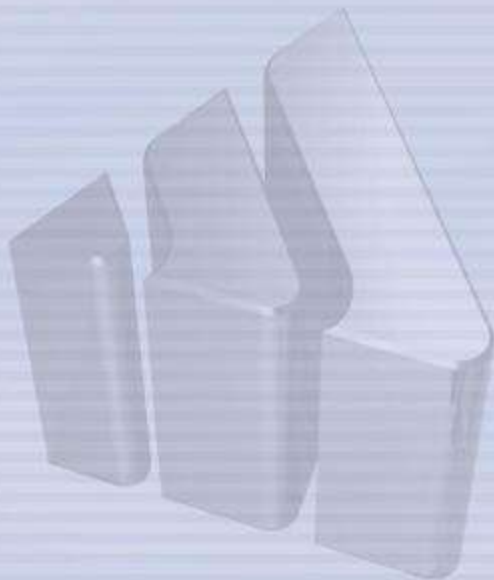
Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Testes e inspeções



- **Espessura de Camada**
- **Aderência**
- **Ensaio de Preece**



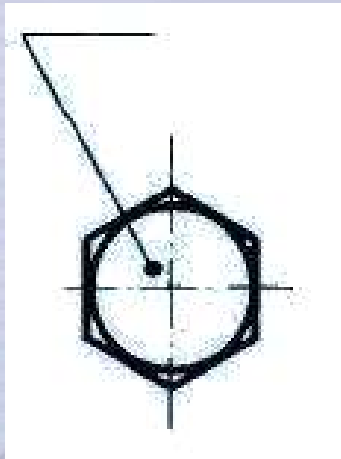
Espessura de Camada (NBR 7399)



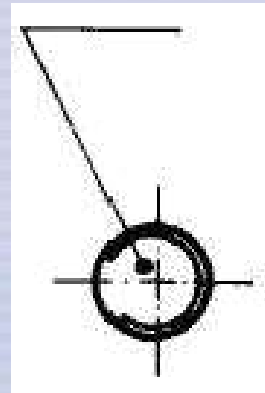
Espessura de camada para parafusos

Pontos de medição

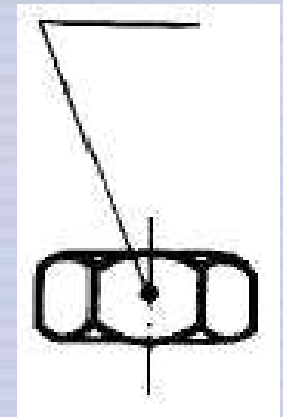
A medição das camadas deve ser feita nas faces planas dos elementos:



a)



b)



c)

a) e b) Pontos de medição em parafusos

c) Pontos de medição em porcas

Aderência (NBR 7398)



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil



Ensaio de Preece (NBR 7400)



Aços Zincados por Imersão a Quente Pintados com Tintas Líquidas (Sistema Dúplex)

Uma boa pintura pode alongar a vida útil dos produtos zincados de 1.5 a 2.7 vezes a soma das expectativas de vida útil separadas (efeito sinérgico), além de proporcionar posteriormente manutenções fáceis e baratas:

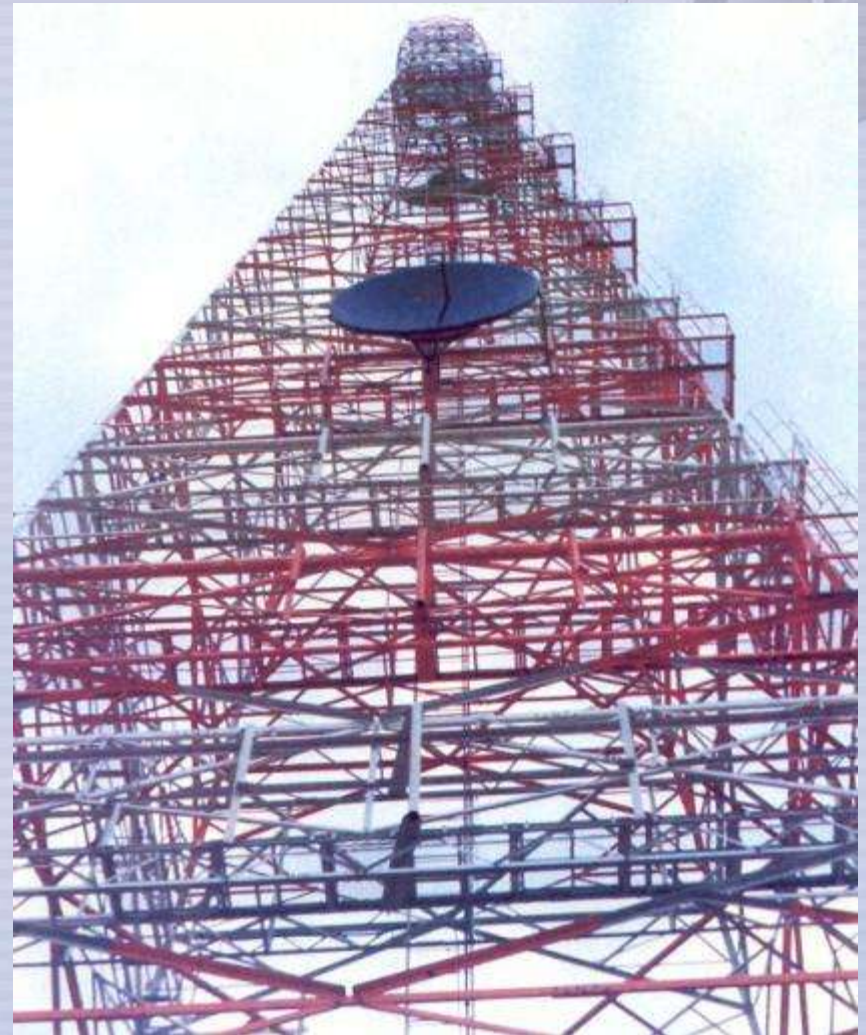
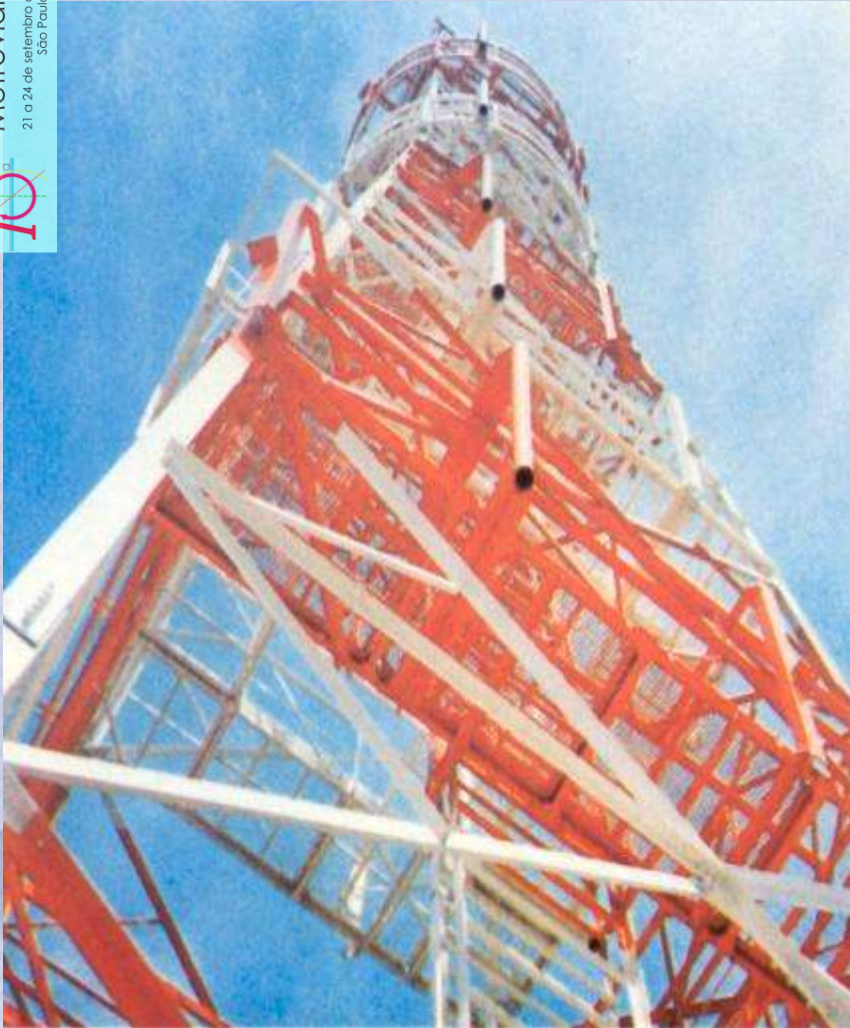
Sua validade é nítida para atender a requisitos especiais de resistência à corrosão ou aparência.

TRATAMENTO	TIPO DE ATMOSFERA		
	RURAL BELÉM/PA	INDUSTRIAL CUBATÃO/SP	MARINHA FORTALEZA/CE
SOMENTE PINTURA (ESQUEMA SEMINOBRE)	10 a 12	8 a 12	2 a 4
SOMENTE GALVANIZADO (CAMADA DE 90 µm)	78	69	17
PINTURA SOBRE O GALVANIZADO (DÚPLEX)	130 a 240	115 a 200	28 a 50

Duplex - Exemplos



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Fontes: Prof. Horst Reiche

Exemplos



Fonte: Prof. Horst Reiche

Estudo de Caso



Galvanização no Túnel sob o Canal da Mancha

Considerada a maior obra de engenharia do século XX

Fonte: *Galvanizing in the Channel Tunnel*
Metaleurop SA e IZA – International Zinc Association



Trem de passageiros *Eurostar* deixando túnel pelo lado francês

Histórico

Objetivo da Galvanização

Proteger todas as peças de aço contra a corrosão, todos em um

ganhar o reino Unido à França



Estatísticas

- 7 anos de construção
- 30.000 ton de aço em imersão a quente
- Milhões de peças de diferentes tamanhos e formatos foram galvanizadas





Detalhe da construção de uma das saídas dos túneis

Concepção do Projeto



AEAMESP

Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Projetado para 4 tipos de vagões destinados a :

- a) Veículos leves
- b) Caminhões
- c) Passageiros
- d) Carga

- Velocidade máxima: 160 km/h
- Tempo de travessia: 35 minutos
- Instalação de duas grandes áreas técnicas nas entradas e saídas dos túneis



Interior da obra durante a construção



AEAMESP

Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil



Área técnica - França



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2014
São Paulo - Brasil



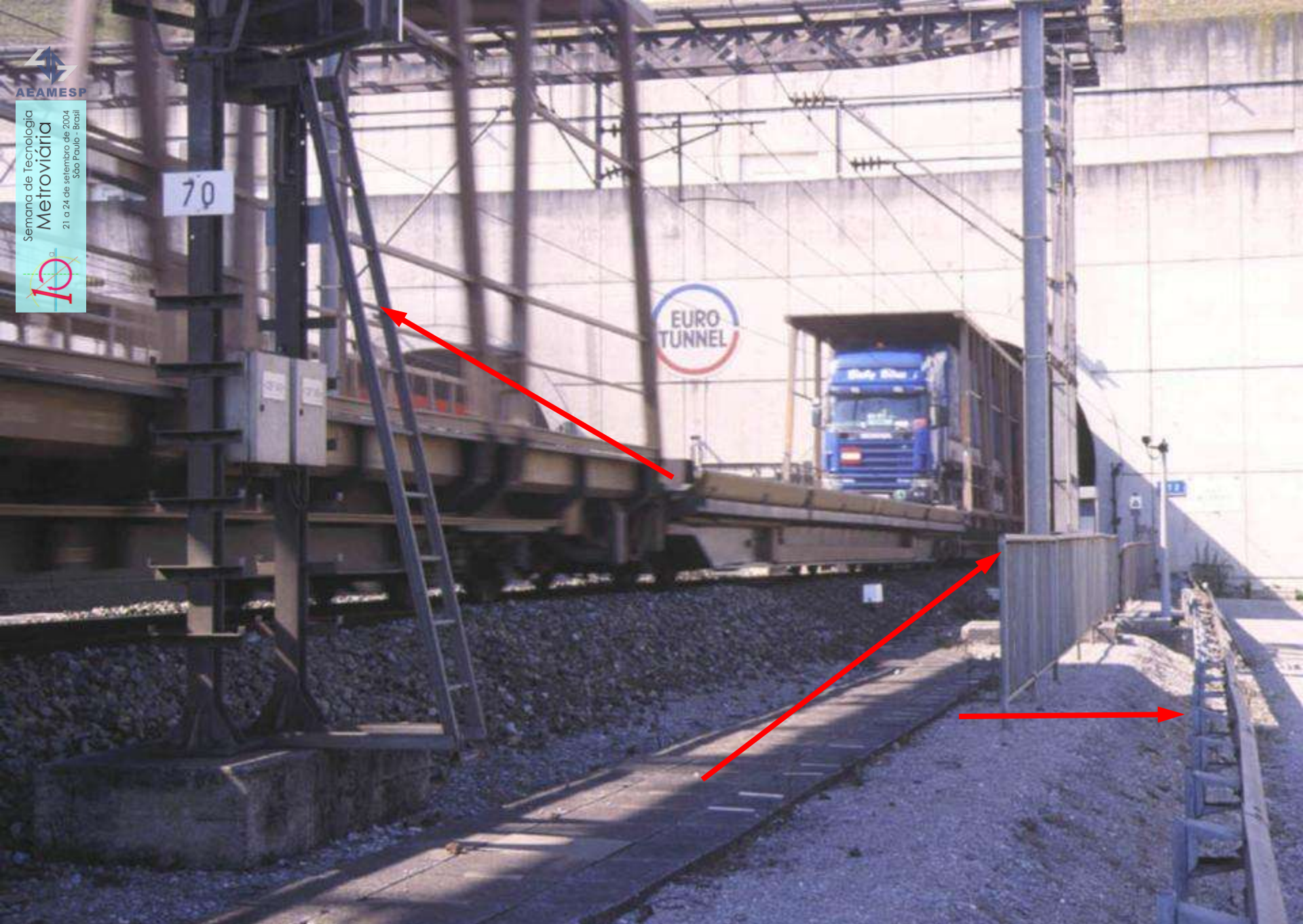
Área técnica – Reino Unido



Trem de carga deixando túnel pelo lado francês



Entrada do trem de veículos de passeio *Le Shuttle*



Trem de veículos pesados e caminhões

Concepção do projeto



Dois terminais de embarque e desembarque de veículos:

- a) Calais na França
- b) Folkstone na Inglaterra



Concepção do projeto



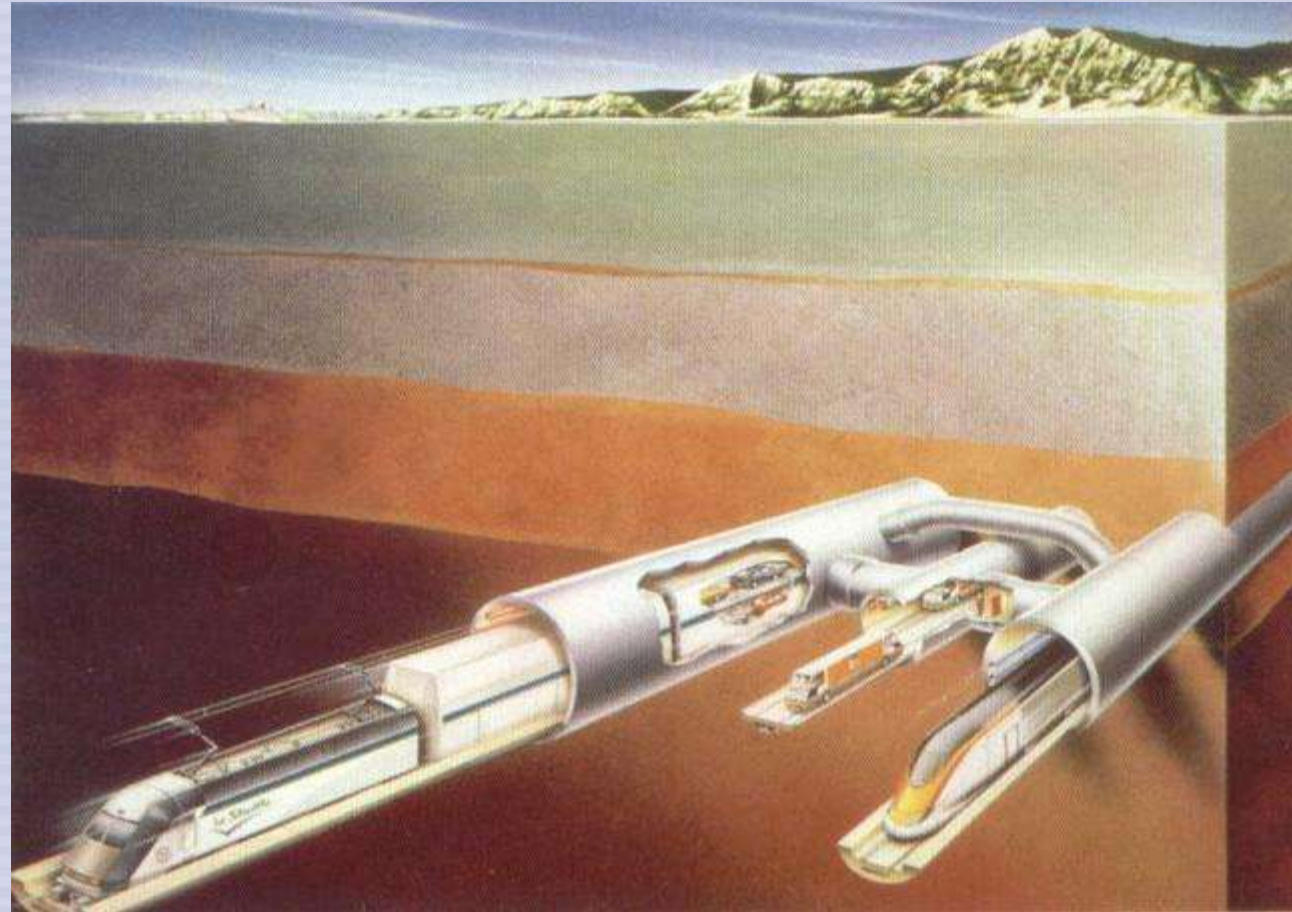
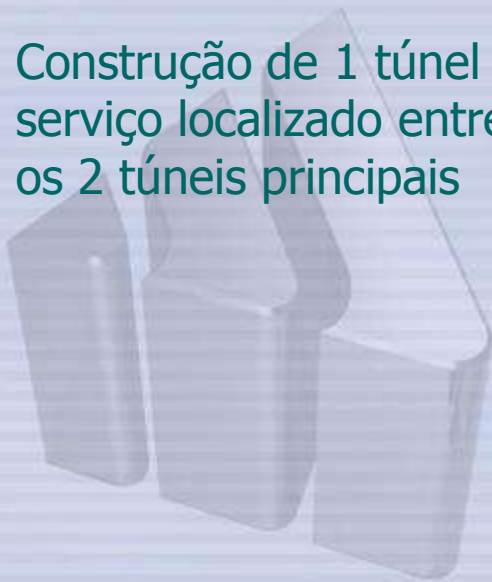
Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Construção de 2 túneis paralelos principais, com as dimensões:

- a) Profundidade do fundo do mar – de 25 a 45 m
- b) Profundidade máxima do nível do mar: 100m
- c) Extensão – 50 km (39 km abaixo do mar)
- d) Diâmetro – 7,5 m

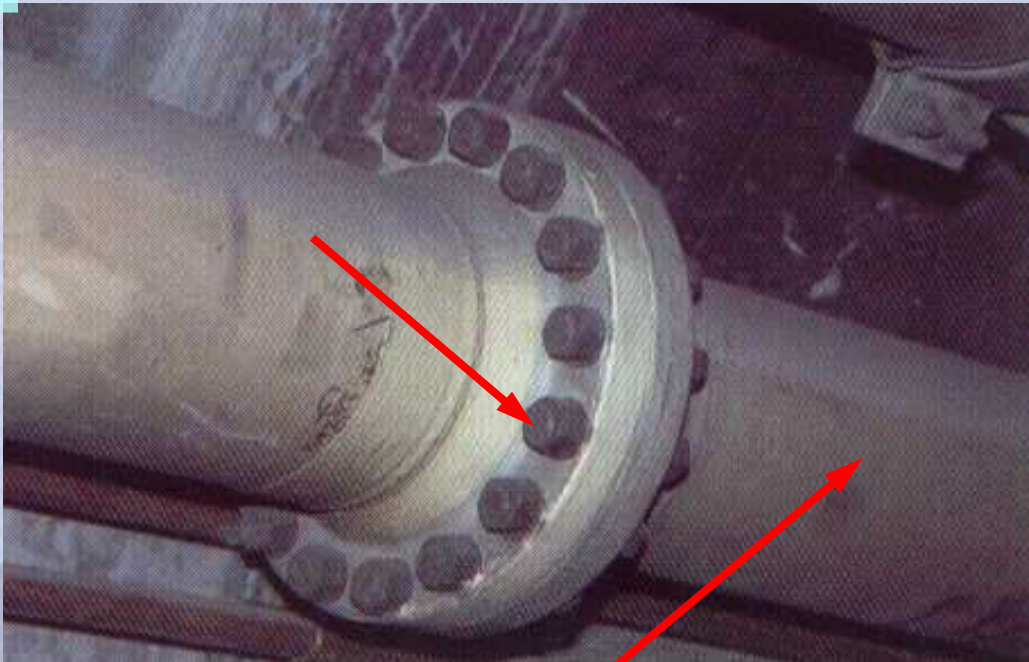


Construção de 1 túnel de serviço localizado entre os 2 túneis principais



Concepção do projeto

A cada 375 m há uma passagem ligando o túnel de serviço aos principais com sistemas mecânicos de dutos de alívio, com o objetivo de melhorar a distribuição de pressão do ar interno dos túneis

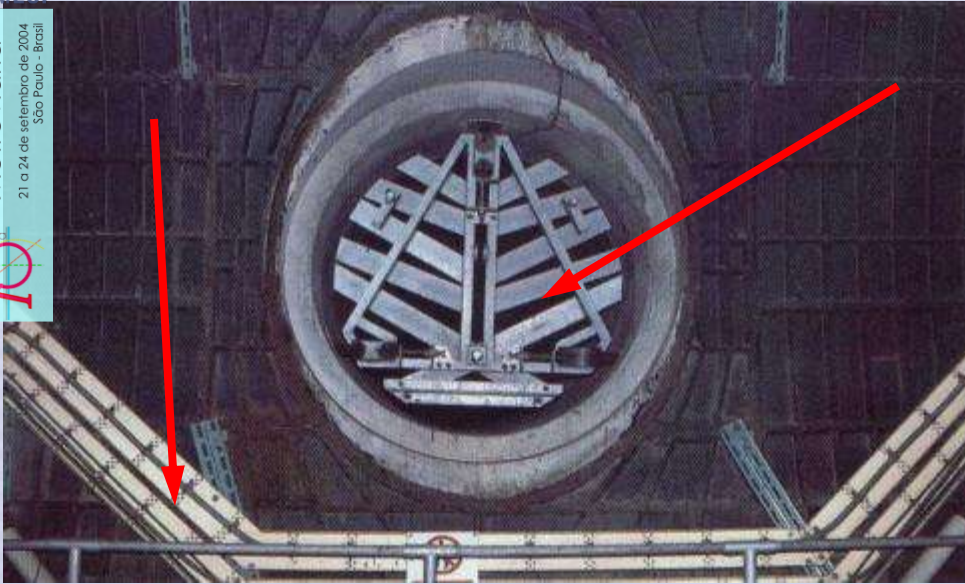


3 estações de bombeamento submersas permitem a retirada de qualquer vazamento de água

200 salas técnicas ao longo dos túneis contêm todos os sistemas de comando e controle elétrico, de iluminação, de comunicação, de ventilação, de sinalização, etc

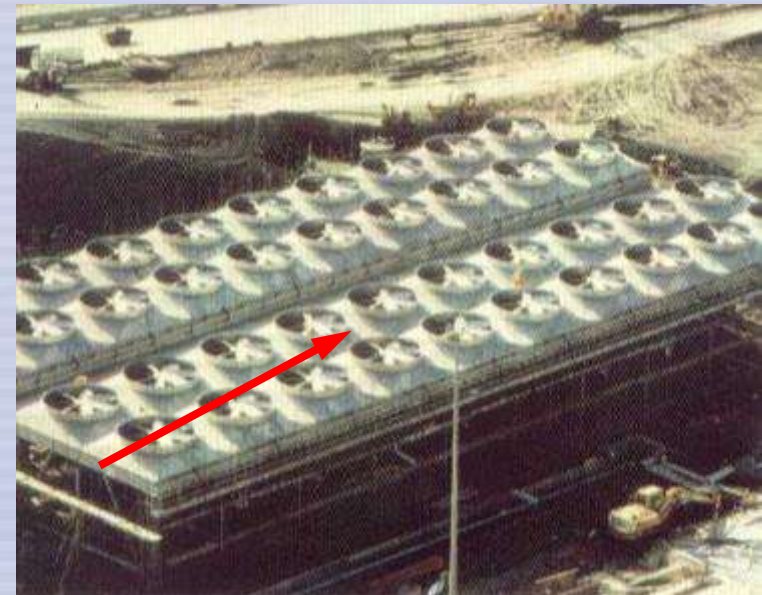
Todas as passagens que ligam os túneis possuem portas móveis

Concepção do projeto



- Centenas de trilhos de segurança, sinais de tráfego, postes de iluminação
- Estações de bombeamento, instalações de manutenção, lavagem de equipamentos
- Bilheterias, prédios de controle de inspeção, de serviços em geral (lojas, restaurantes, etc)

- 3.500 cabines elétricas
- 500 km de tubulação
- 40.000 suportes de catenárias
- Milhões de parafusos e porcas
- Centenas de quilômetros de eletrocalhas



Ambiente interno dos túneis



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



- Umidade relativa do ar: 95 a 100%

- Permanente névoa salina

- Lama oleosa

- Temperatura: 20 a 35°C

- Vazamento de água do mar

ALTAMENTE AGRESSIVO !



Proteção dos equipamentos contra a corrosão



Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Galvanização de todos os materiais possíveis por imersão a quente, com o posterior pintura em alguns trechos, com os seguintes objetivos:

- a) Proteção durante a construção dos túneis, dos pequenos equipamentos, suporte de catenárias, eletrocalhas, centenas de acessórios, iluminação, maquinário, etc.
- b) Não liberação de gases tóxicos em caso de incêndio
- c) Confiabilidade de um processo industrial seguindo normas internacionais – padronização dos itens da obra)
- d) Relação custo/benefício
- e) Excelente resistência ao impacto
- f) Facilidade de montagem no campo

2 especificações técnicas foram utilizadas...

Equipamentos Provisórios

Total de equipamentos provisórios: 3.000 toneladas galvanizadas na França

Espessura mínima: 70 μm de Zn SHG (cerca de 500g/m²)

- Comentário da equipe técnica após a inauguração da obra:

“A análise dos equipamentos e acessórios provisórios utilizados durante a construção dos túneis mostraram um consumo de 10 a 15 micra de zinco, após as peças permanecerem em um ambiente muito agressivo de 3 a 4 anos.

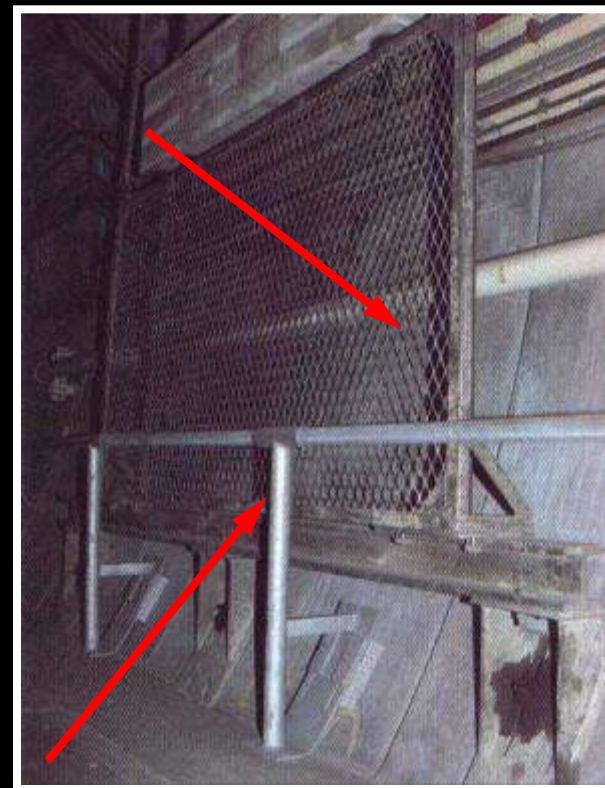
Ou seja: perda anual de 3 a 5 micra de zinco.

Portanto, as peças poderiam ter permanecido por muito mais tempo no interior dos túneis, sem corrosão.”

Proteção dos equipamentos permanentes contra a corrosão

Galvanização por imersão a quente de todos os materiais passíveis de serem galvanizados, com posterior pintura com tinta epóxi orgânica (Sistema Duplex)

- Elementos permanentes metálicos:
30.000 toneladas (túneis, áreas técnicas, terminais, milhares de tipos de acessórios)
- Ênfase da permanência de construção (mínimo de 25 anos sem corrosão)
- Baixa manutenção ao longo do tempo



Proteção dos equipamentos permanentes contra a corrosão

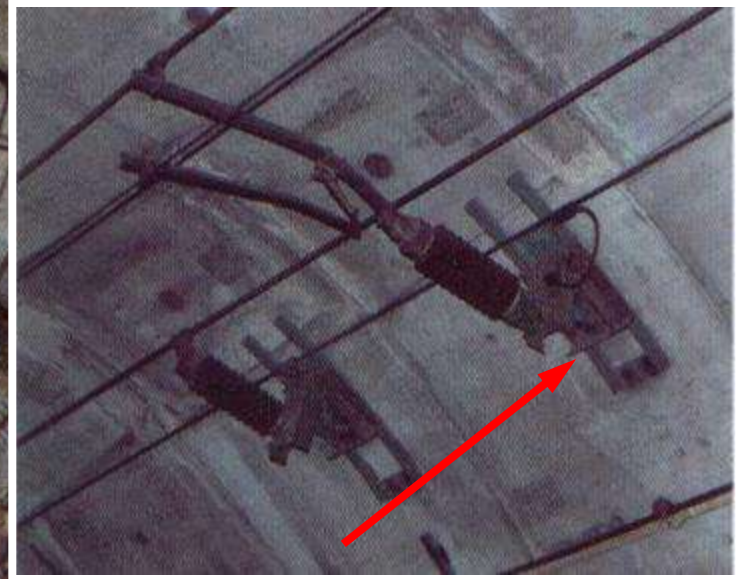
FEAMESP

Semana de Tecnologia
Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Resistência ao impacto durante a construção

Facilidade de montagem dos equipamentos definitivos com baixo índice de retoque



- Reparos de manutenção no galvanizado somente após vários anos de exposição
- Excelente relação custo/benefício

OBRIIGADO!

DÚVIDAS, PERGUNTAS ?

Luiz Fernando Montero Alvarez
Eng^o Assistência Técnica
Unidade de Negócios Zinco
E-mail: luizmontero@vmetais.com.br
Fone: (11) 3225 3340