

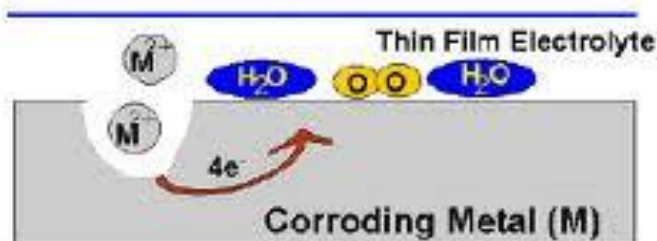
# CORROSÃO ATMOSFÉRICA

Anode Reaction :  $2 M \rightarrow 2 M^{2+} + 4e^{-}$

Cathode Reaction:  $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$

Atmosphere

Thin Film Electrolyte



Ocorre sob um filme fino de eletrólito adsorvido à superfície do metal

É extremamente dependente das condições no local de exposição.

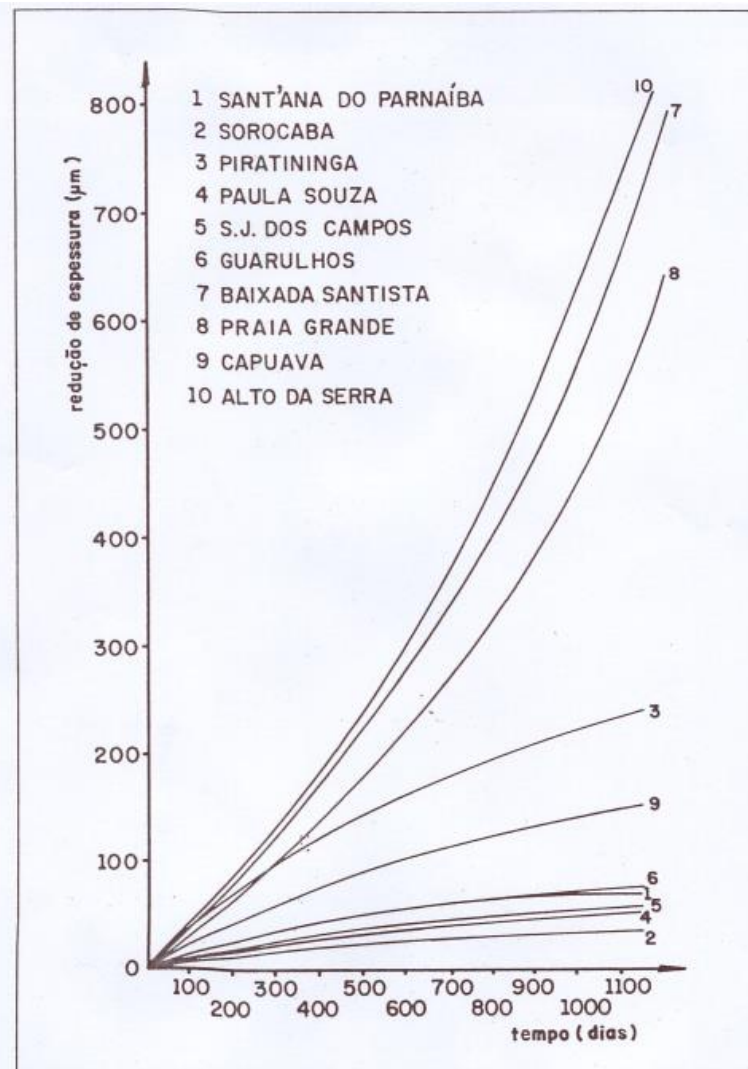


FIGURA IV.29 - Perda de espessura do aço carbono ABNT 1005 em função do tempo de exposição em dez locais de diferentes agressividades<sup>21</sup>

# CORROSÃO ATMOSFÉRICA

## □ Classificação das atmosferas:

- ✓ Rural;
- ✓ Industrial – Gases, Material Particulado e Fuligem;
- ✓ Urbana –  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ ;
- ✓ Marinha – Cristais de  $\text{NaCl}$  e gotículas de água salgada (spray).

## □ Aspectos relevantes:

- ✓ Tempo de Molhamento;
- ✓ Camada de Adsorção de Água;
- ✓ Camadas de Fase Líquida;
- ✓ Efeito de Poluentes;
- ✓ Efeito da Temperatura.

# TEMPO DE MOLHAMENTO

- ❑ **Processo descontínuo - períodos de molhamento e secagem;**
- ❑ **Medição – UR > 80%;**
- ❑ **Fatores de que depende:**
  - ✓ **Condições climáticas - frequência de chuvas, taxa de insolação;**
  - ✓ **Natureza dos poluentes – depósitos de materiais particulados higroscópicos;**
  - ✓ **Qualidade da superfície metálica.**

# CAMADA DE ADSORÇÃO DE ÁGUA

- ❑ Depende da UR;
- ❑ U.R. Crítica – valor acima da qual a corrosão passa a ser significativa:

- ✓ Formação de uma camada de água adsorvida na superfície do metal ;
- ✓ Varia de acordo com o metal e com o meio.

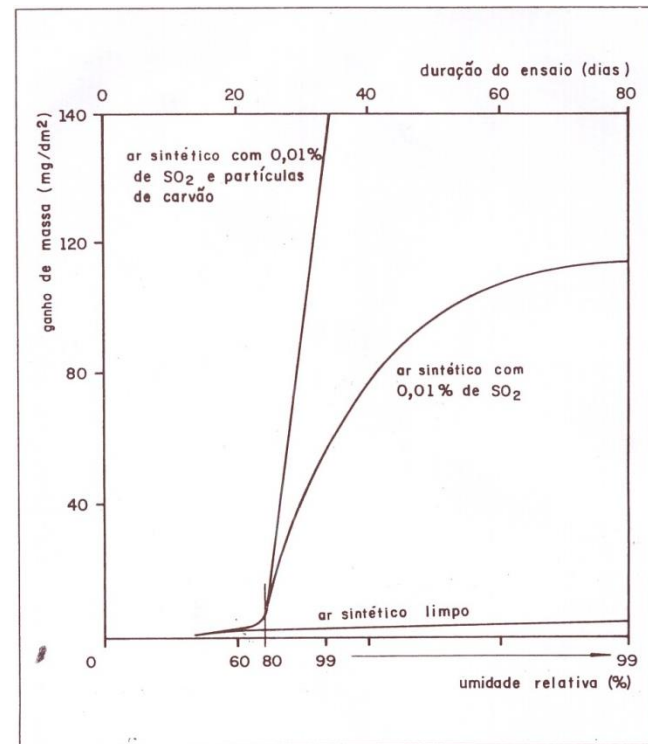


FIGURA IV.19 - Efeito da umidade relativa na taxa de corrosão do ferro em três tipos de atmosferas<sup>17</sup>

# CAMADA DE ADSORÇÃO DE ÁGUA

## ❑ Fatores que influenciam a URC:

- ✓ Imperfeições na superfície do metal;
- ✓ Depósitos superficiais – frestas e adsorção de água;
- ✓ Produtos de corrosão – facilitam a adsorção de água por capilaridade, podem ser higroscópicos.

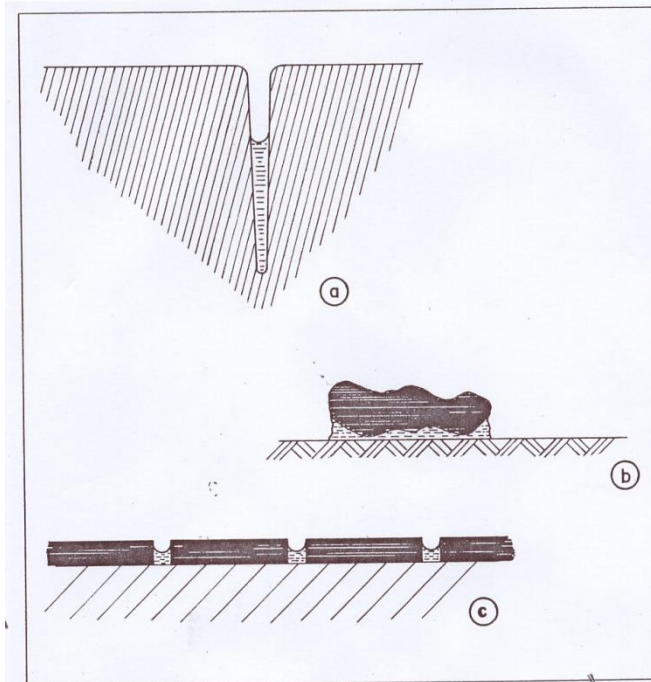


FIGURA IV.20 - Possíveis pontos de condensação de água na superfície de um metal por efeito de capilaridade

# CAMADA DE ADSORÇÃO DE ÁGUA

✓ Corrosão do aço com diferentes sais depositados, em função da umidade relativa.

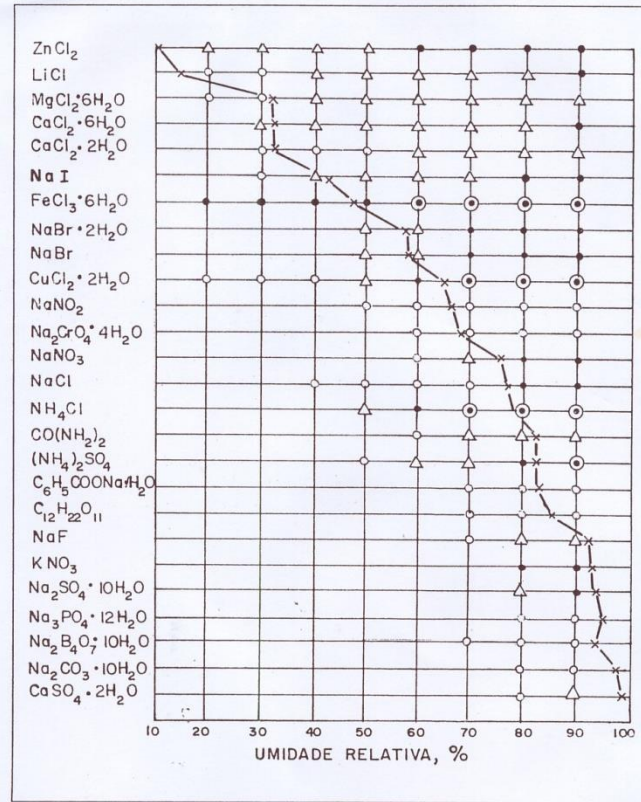


FIGURA IV.21 - Ensaio de corrosão com diferentes sais depositados sobre a superfície do aço, em função da umidade relativa. Ensaio com duração de sete dias<sup>13</sup>

- x umidade relativa crítica na qual o sal se torna higroscópico
- o não é observada corrosão
- △ perda de massa = (2-5) mg, corrosão muito leve
- perda de massa = (6-20) mg
- ◊ perda de massa = (21-100) mg
- ◉ perda de massa > 100 mg

# CAMADAS DE FASE LÍQUIDA

## ☐ Chuva:

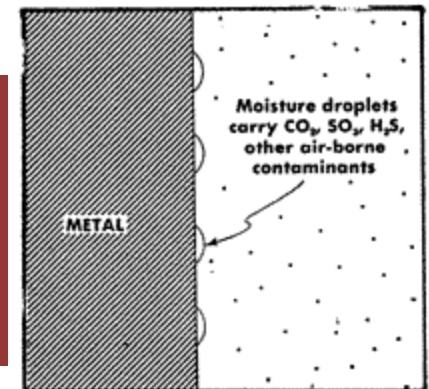
- ✓ Lavagem da superfície;
- ✓ Chuva ácida ( $\text{SO}_2$ ).

## ☐ Orvalho:

- ✓ Temperatura da superfície do metal é inferior à temperatura ambiente;
- ✓ Sempre prejudicial.

## ☐ Neblina – Efeito semelhante ao orvalho.

A deposição de fase líquida na superfície do metal leva consigo poluentes atmosféricos que provocam/aceleram a corrosão.





# CAMADAS DE FASE LÍQUIDA

## Comparação entre T real e ponto de orvalho

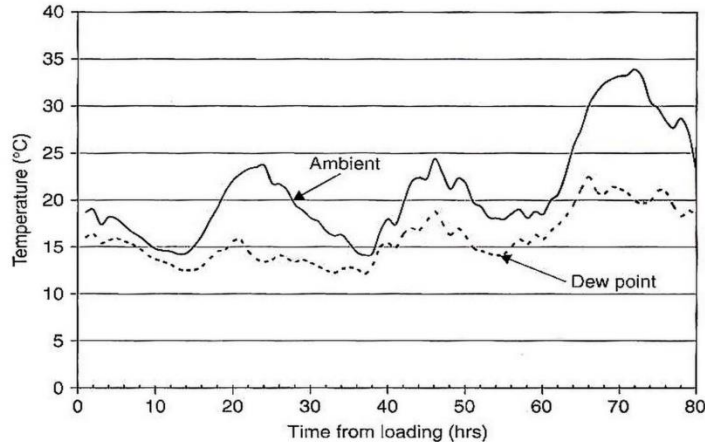


FIGURE 9.7 Ambient and dew point temperatures as a function of the time of loading of steel parts stored in a truck parked outdoor for three days.

A superfície do metal resfria e aquece mais lentamente que a temperatura do ar! Pela manhã a superfície metálica é um condensador!

## Considerando o lapso de tempo para aquecimento (*time lag*)

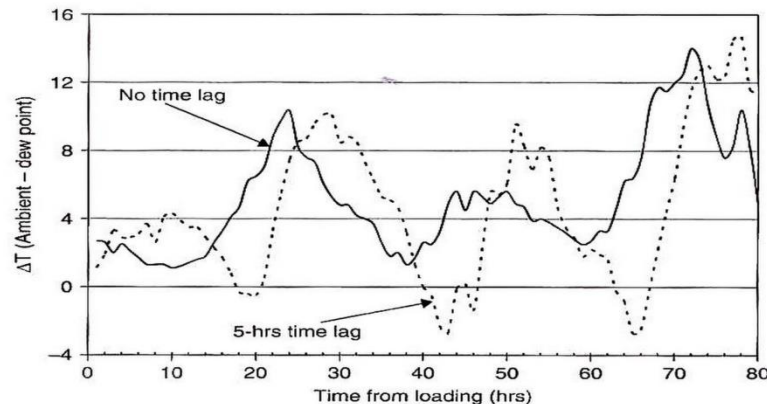


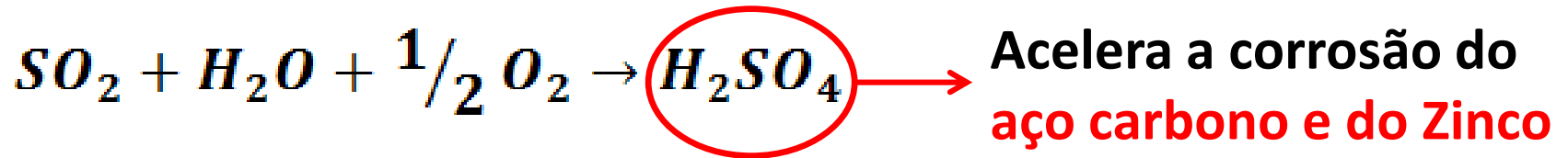
FIGURE 9.8 Difference between ambient, with and without a time lag, and dew point temperature as a function of the time of loading of steel parts stored in a truck parked outdoor for three days.



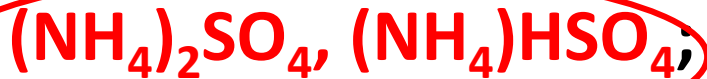
# EFEITO DE POLUENTES

## ☐ SO<sub>2</sub>:

✓ Atividade industrial.



✓ Pode também estar presente sob a forma de sulfatos:



✓ Como chega à superfície do metal:

- Absorção de SO<sub>2</sub>;
- Deposição de material particulado;
- Chuva ácida.

# EFEITO DE POLUENTES

## □ SO<sub>2</sub>:

✓ A taxa de adsorção aumenta com a UR – 0,01 μg cm<sup>-2</sup> (80%) e 0,14 μg cm<sup>-2</sup> (98%) – **sobre aço carbono 0,10 ppm de SO<sub>2</sub>.**

✓ Aumenta com a contaminação do ar.

✓ É mais importante perto das fontes poluidoras.

✓ A taxa de adsorção é extremamente dependente do tipo de metal.

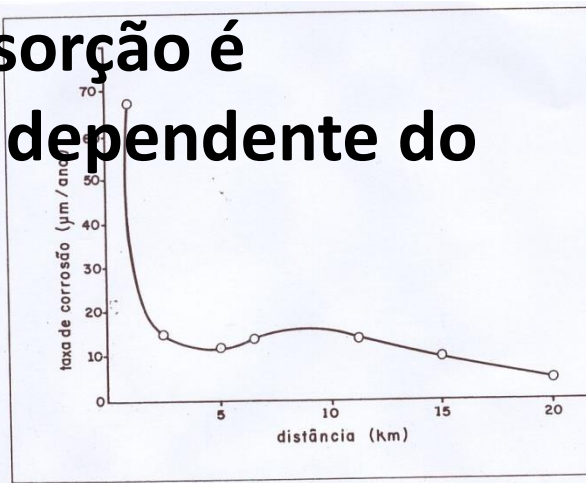


FIGURA IV.22 - Variação da taxa de corrosão do aço carbono em função da distância da fonte poluidora<sup>13</sup>

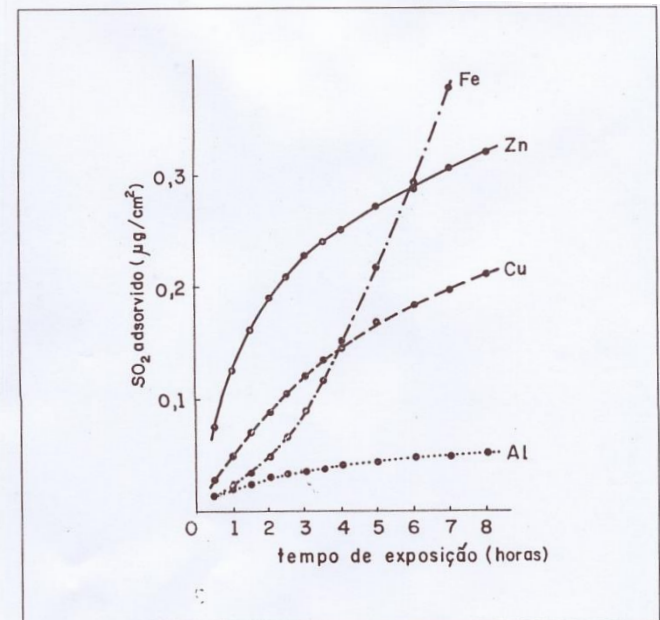


FIGURA IV.23 - Adsorção de SO<sub>2</sub> em função do tempo. Ferro, zinco, cobre e alumínio expostos à atmosfera com 90% de umidade relativa e com 0,10 ppm de SO<sub>2</sub><sup>20</sup>

# EFEITO DE POLUENTES

## ☐ H<sub>2</sub>S:

- ✓ Origem – atividade industrial ou putrefação de matéria orgânica;
- ✓ Metais mais suscetíveis: **cobre a aço carbono.**

## ☐ CO<sub>2</sub>:

- ✓ Concentração atmosférica – 0,03 a 0,05%;
- ✓ Efeito na corrosão atmosférica:
  - Ruim - **acidificação do eletrólito;**
  - Bom - **produtos de corrosão insolúveis** (carbonatos).

# EFEITO DE POLUENTES

## ☐ NaCl (atmosfera marinha):

- ✓ Ocorrência – **gotículas ou cristais;**
- ✓ Transportado pelo vento – **taxa de deposição diminui com a distância da fonte;**
- ✓ Deposita por ação da gravidade;
- ✓ Influência na corrosão:
  - Aumenta a condutividade do eletrólito;
  - Quebra películas passivas;
  - Diminui a U.R. crítica;
  - Forma produtos de corrosão pouco protetores.

# EFEITO DE POLUENTES

## ☐ Material particulado:

- ✓ Quase sempre aceleram os processos corrosivos;
- ✓ Efeitos sobre a corrosão:
  - Aumentam a condutividade do eletrólito, formam produtos de corrosão menos protetores, impedem a passivação;
  - Podem diminuir a U.R. crítica;
  - Podem promover a adsorção de gases – **partículas de carvão facilitam a adsorção de SO<sub>2</sub>**;
  - Podem aumentar o período de molhamento – **capilaridade**;
  - Promovem corrosão por frestas.

# EFEITO DA TEMPERATURA

## ☐ Efeitos Antagônicos:

### ✓ Aumenta:

- Favorece os processos de difusão;
- Acelera a cinética das reações eletroquímicas.

### ✓ Diminui:

- Diminui a solubilidade do oxigênio;
- Aumenta a evaporação (diminui o tempo de molhamento).

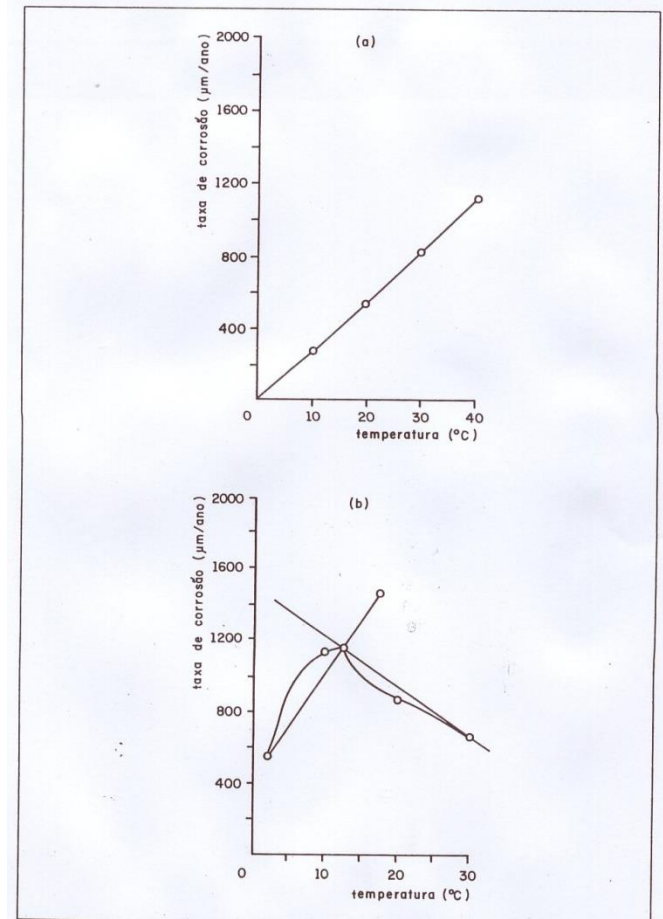


FIGURA IV.26 - Influência da temperatura do ar na taxa de corrosão do aço carbono. (a) durante chuva; (b) umidade relativa de 75%<sup>13</sup>

# AÇOS ACLIMÁVEIS

Aços especiais contendo adições controladas de pequenas quantidades de elementos de liga.

Tipo	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	V	Ni
A	0,12	0,25- 0,75	0,20- 0,50	0,07- 0,15	0,030	0,50- 1,25	0,25- 0,55		0,65
B	0,16	0,30- 0,50	0,80- 1,25	0,030	0,030	0,40- 0,65	0,25- 0,40	0,02- 0,10	0,40

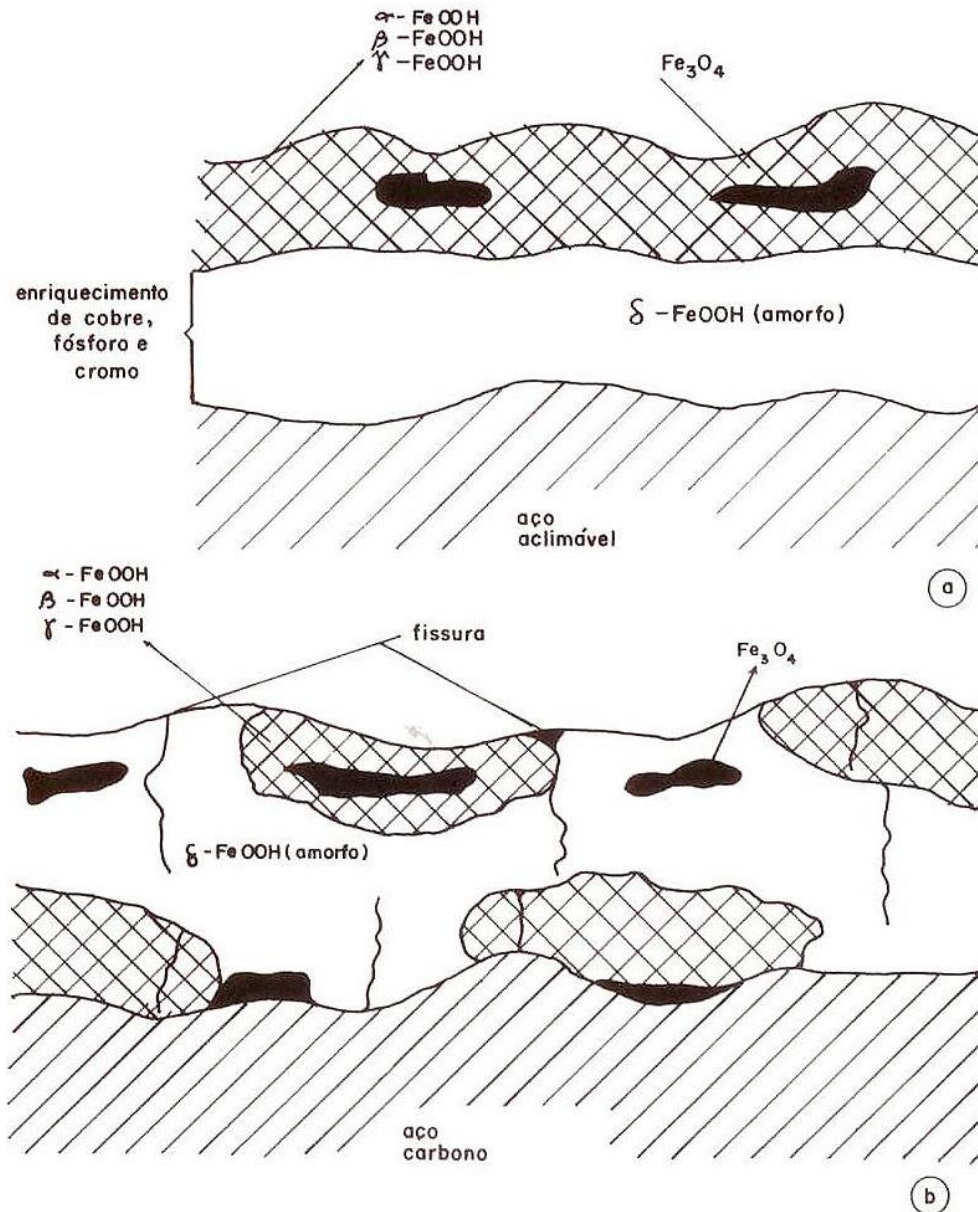
Apresentam melhor resistência à corrosão atmosférica do que os aço carbono;

A corrosão é mais intensa no início da exposição e depois tende a diminuir com o tempo;

Diminui custos de manutenção e não necessita de pinturas.



# AÇOS ACLIMÁVEIS



# AÇOS ACLIMÁVEIS



# ESTRUTURAS ABRIGADAS

A corrosão pode ser particularmente severa em ambientes poluídos e com elevada umidade:

- ✓ Deposição de material particulado;
- ✓ Aumento de tempo de molhamento;
- ✓ Exemplo de metais passivos.

## PROTEÇÃO DE METAIS CONTRA A CORROÇÃO ATMOSFÉRICA

Pintura;

Camada de outro metal mais resistente à corrosão