



DEGRADAÇÃO E PROTEÇÃO DE MATERIAIS

LOM 3006

Corrosão e sua importância econômica, social e ambiental

Profa. Maria Ismenia Sodero.



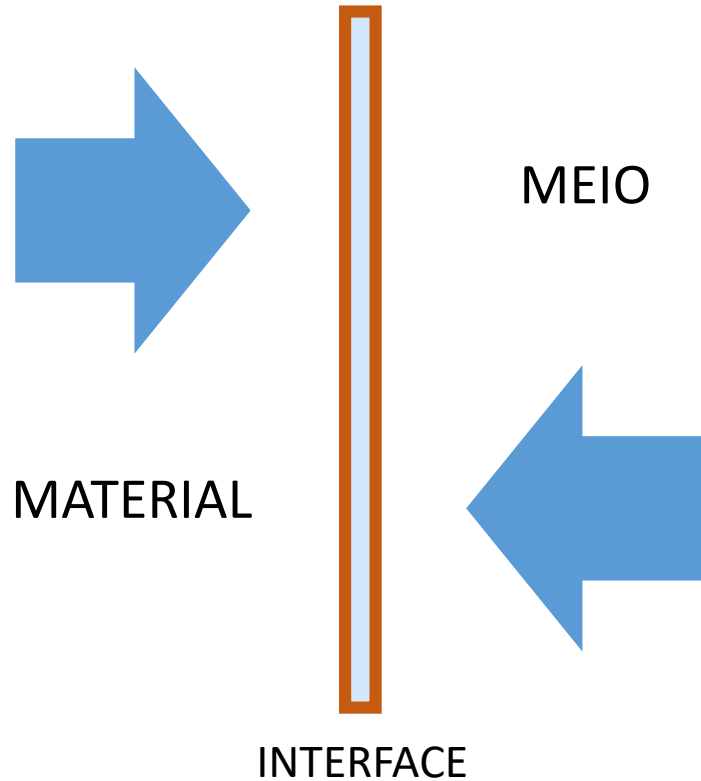
Vamos falar de...

- O que é corrosão?
- A natureza gosta da ferrugem!
- Por que estudar corrosão?
- Você sabia que a corrosão afeta o seu bolso???
- Podemos utilizar nosso conhecimento de corrosão a nosso favor?



CONCEITOS

Fenômeno Interfacial

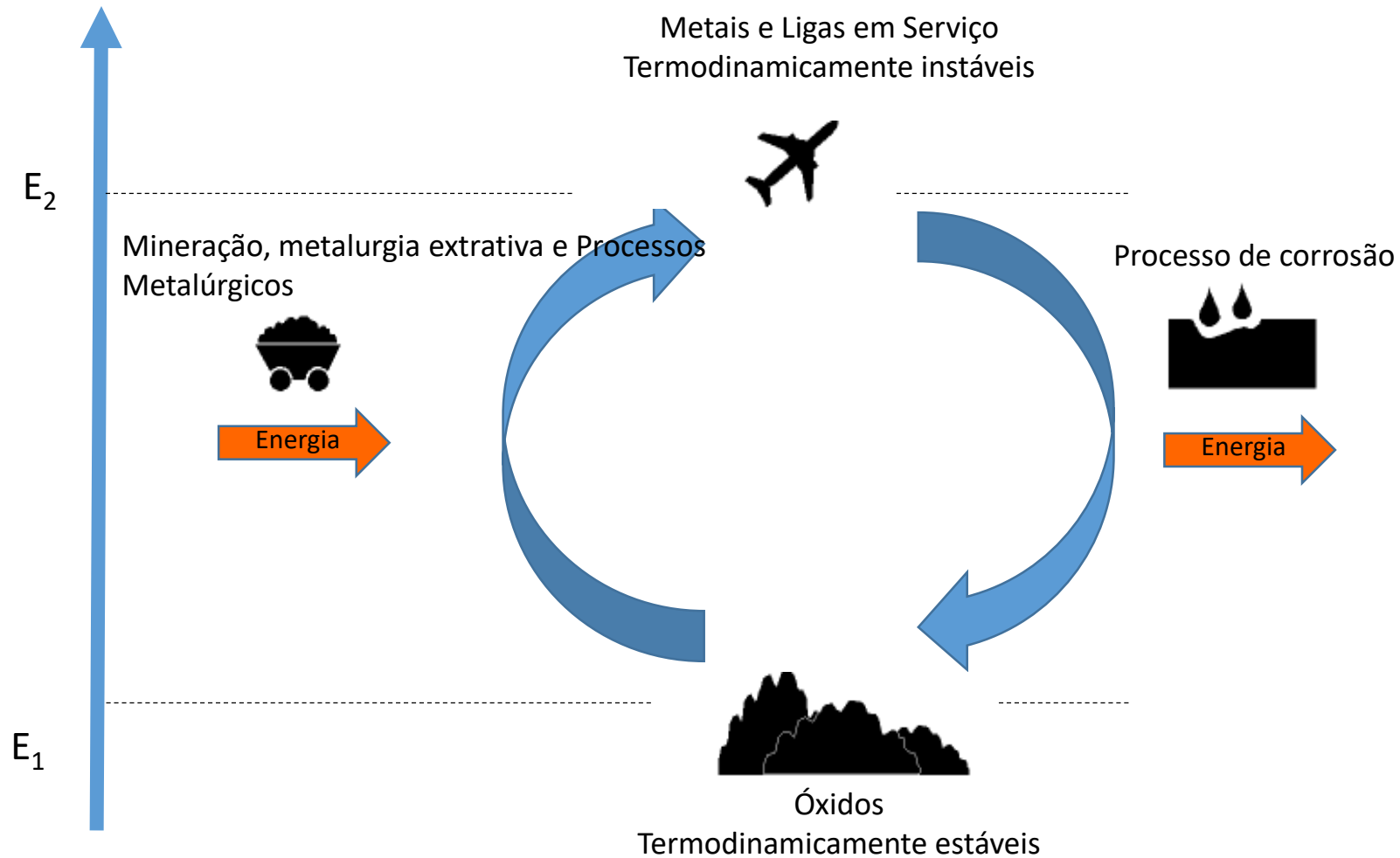


O termo “corrosão” pode ser definido como a reação de uma material por ação química ou eletroquímica com os outros elementos do seu meio, no qual o metal é convertido a um estado não metálico. Pode estar aliada ou não a esforços mecânicos





PROCESSO ESPONTÂNEO



Ciclo dos materiais metálicos



PRINCIPAIS MEIOS

- Todos os meios podem ter características ácidas, básicas ou neutra e podem ser aeradas
 - **Atmosfera (poeira, poluição, umidade, temperatura, intensidade e direção dos ventos, chuvas, radiação, gases: CO, CO₂, SO₂, H₂S, NO₂,...)**
 - **Água (bactérias dispersas: corrosão microbiológica; chuva ácida, etc.)**
 - **Solo (acidez, porosidade)**
 - **Produtos químicos**

⇒ Sob o ponto de vista da corrosão um determinado meio pode ser extremamente agressivo para um determinado material e inofensivo para outro.



CORROSÃO X DURABILIDADE

CORROSÃO X DESEMPENHO



Veja o estudo de caso:
<https://youtu.be/3LksjiBhL48>

Vista geral do fio de concreto de concreto, apresentando fratura de vários fios e aspecto corroído. A peça completa é composta por 19 fios, cada fio usando 7 fios e cada fio com cerca de 5 mm de diâmetro.

<https://materials.life/ml/failure-of-a-prestressed-concrete-steel-strand/1>



CORROSÃO X ACIDENTES

Flixborough, UK, 1974



Em 1974, no Reino Unido, um tubo fraturado em uma fábrica de produtos químicos

em Flixborough lançou uma nuvem de vapor inflamável que explodiu o piso equivalente a 15 toneladas de TNT, a maior explosão individual já realizada no Reino Unido.

Vinte e seis pessoas perderam a vida, 36 ficaram feridas e 2.000 propriedades foram danificadas.

Embora houvesse muitas causas complexas para esse desastre, a corrosão foi implicada desde o início.



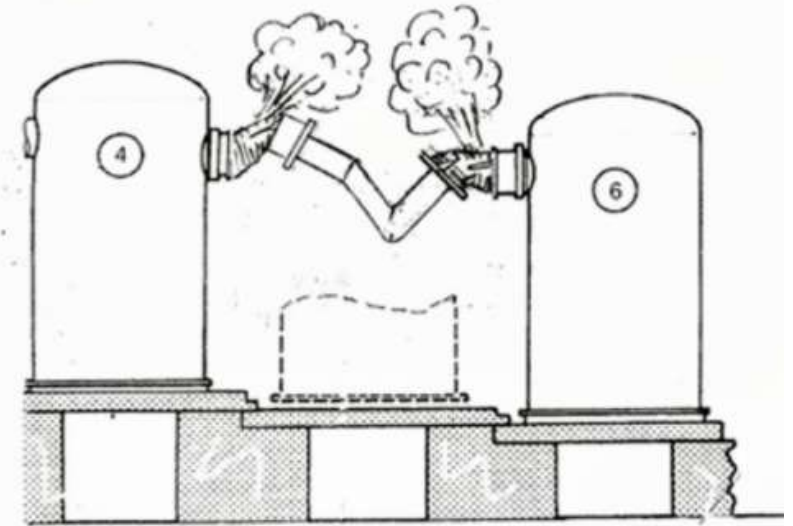
CORROSÃO X ACIDENTES



Acima, localização da origem do desastre.

A esquerda, vista aérea da destruição total da instalações da fábrica.

O REATOR 05 TINHA SIDO RETIRADO PARA MANUTENÇÃO DEVIDO UMA TRINCA NO CASCO POR CORROSÃO SOB TENSÃO.



Os andaimes não suportaram o peso da tubulação PROVISÓRIA DE 20"



IMPORTÂNCIA SOCIAL

SEGURANÇA

- Falhas de partes críticas de equipamentos industriais, manipulação de produtos perigosos.

SAÚDE

- Contaminação de alimentos devido à corrosão de embalagens, rejeição de implantes devido a ação corrosiva do meio fisiológico

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

- Necessidade de desenvolver materiais resistentes à corrosão e sistemas de proteção.

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E DAS RESERVAS MINERAIS

- Recompensar a necessidade de produção para repor as perdas relativas à corrosão.



IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Perdas correlacionadas

- Perdas diretas:
 - Custos com substituição das peças ou equipamentos que sofreram corrosão (energia e mão de obra);
 - Custos e a manutenção dos processos de proteção;
- Perdas indiretas:
 - Difícil avaliação e contabilização;



IMPORTÂNCIA

Perdas correlacionadas

- Perdas diretas:
 - Custos com substituição das peças ou equipamentos que sofreram corrosão (energia e mão de obra);
 - Custos e a manutenção dos processos de proteção;
- Perdas indiretas:
 - Difícil avaliação e contabilização;



PERDAS INDIRETAS

Paralisações acidentais





PERDAS INDIRETAS

Perdas Produto ou Eficiência



Incrustações em tubos de trocador de calor.



Crostras de carbonato de cálcio em tubo de sistema de geração de vapor



PERDAS INDIRETAS

Contaminação de Produtos



Incrustações de óxidos de ferro em tubo de condução de água potável.



Água ferruginosa devido à contaminação com óxido de ferro $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, proveniente da corrosão na tubulação de alimentação de água potável



Custo de danos por corrosão

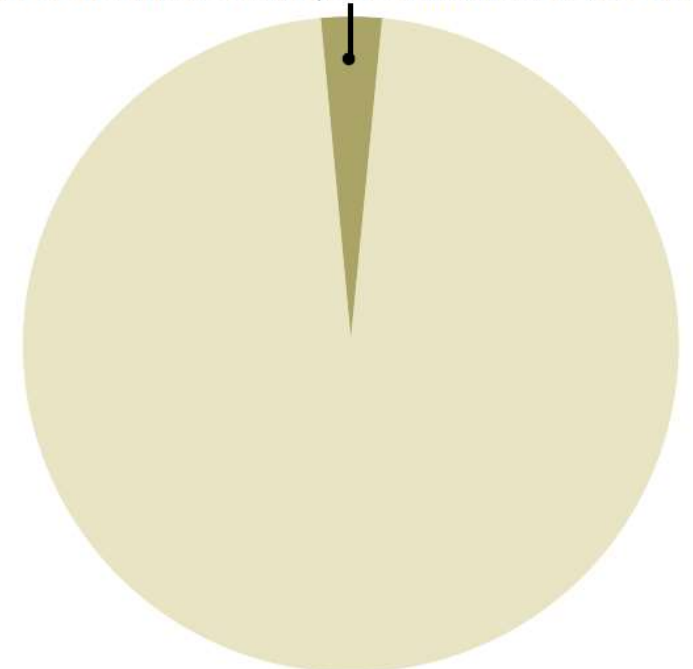
- Considerando perdas diretas:

custo total de corrosão de US \$ 276 bilhões foi estimado. - 3,1% do PNB

- Considerando perdas diretas e indireta:

custo total de corrosão direto mais indireto de US \$ 552 bilhões ou 6% do PIB

Direct Corrosion Costs: \$276 billion (3.1% of U.S. GDP)



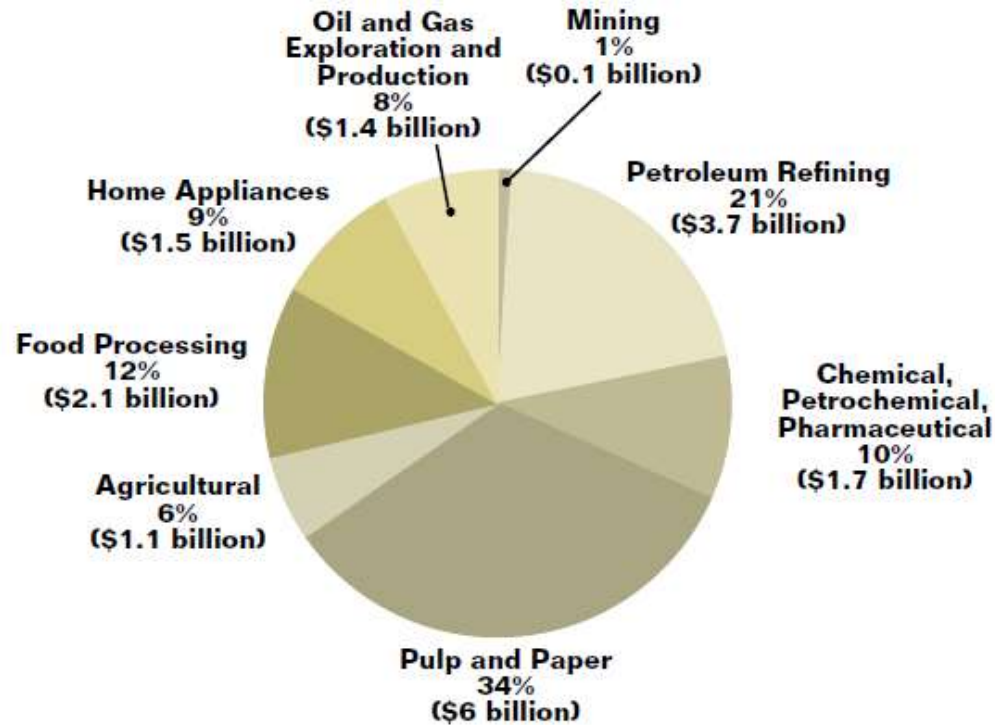
1998 U.S. GDP (\$8.79 trillion)

The impact of corrosion on the U.S. economy.



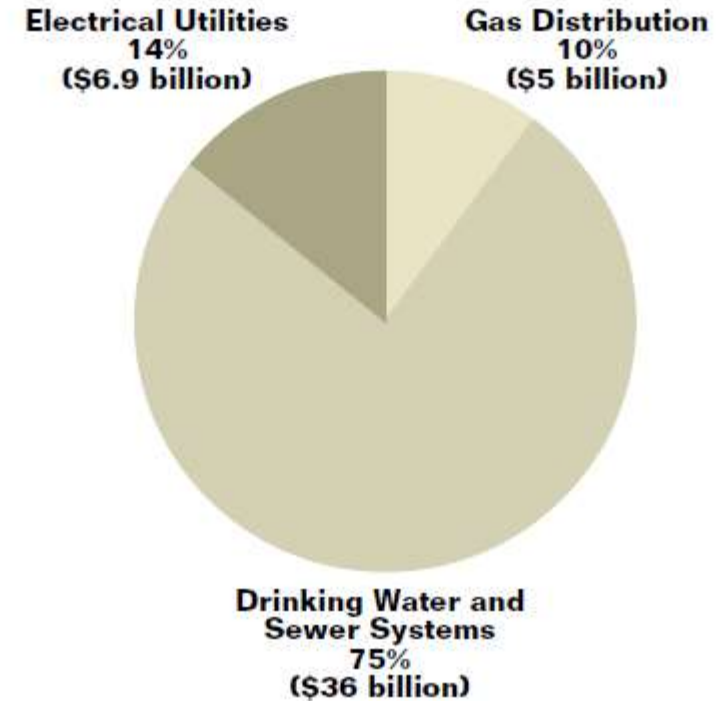
Custo por corrosão

PRODUCTION AND MANUFACTURING (\$17.6 BILLION)



Annual cost of corrosion in the production & manufacturing category.

UTILITIES (\$47.9 BILLION)



Annual cost of corrosion in the utilities category.



O custo total devido ao impacto da corrosão para o indivíduo, somando todos setores econômicos foi de

US \$ 137,9 bilhões/ ano.

CATEGORY	INDUSTRY SECTORS	APPENDIX	ESTIMATED DIRECT COST OF CORROSION PER SECTOR	
			\$ x billion	percent*
Infrastructure (16.4% of total)	Highway Bridges	D	8.3	37
	Gas and Liquid Transmission Pipelines	E	7.0	27
	Waterways and Ports	F	0.3	1
	Hazardous Materials Storage	G	7.0	31
	Airports	H	**	**
	Railroads	I	**	**
SUBTOTAL			\$22.6	100%
Utilities (34.7% of total)	Gas Distribution	J	5.0	10
	Drinking Water and Sewer Systems	K	36.0	75
	Electrical Utilities	L	6.9	14
	Telecommunications	M	**	**
SUBTOTAL			\$47.9	100%
Transportation (21.5% of total)	Motor Vehicles	N	23.4	79
	Ships	O	2.7	9
	Aircraft	P	2.2	7
	Railroad Cars	Q	0.5	2
	Hazardous Materials Transport	R	0.9	3
SUBTOTAL			\$29.7	100%
Production and Manufacturing (12.8% of total)	Oil and Gas Exploration and Production	S	1.4	8
	Mining	T	0.1	1
	Petroleum Refining	U	3.7	21
	Chemical, Petrochemical, and Pharmaceutical	V	1.7	10
	Pulp and Paper	W	6.0	34
	Agricultural	X	1.1	6
	Food Processing	Y	2.1	12
	Electronics	Z	**	**
	Home Appliances	AA	1.5	9
SUBTOTAL			\$17.6	100%
Government (14.6% of total)	Defense	BB	20.0	99.5
	Nuclear Waste Storage	CC	0.1	0.5
SUBTOTAL			\$20.1	100%
TOTAL			\$137.9	



CORROSÃO COMBINADA OUTROS FATORES

Soldagem



Aspecto de uma seção transversal do tubo de 4", mostrando as cracas aderidas à superfície interna do tubo e a posição de vazamento.



O dano aparece como uma abertura na parede. A espessura do tubo é 8 mm e não há evidências de corrosão geral (o SCH 80 corresponde a 8,6 mm) ou corrosão na superfície interna



Aspecto da superfície interna do tubo após o corte, mostrando as cores dos depósitos internos e a linha de vazamento associada à costura do tubo

<https://materials.life/ml/preferential-corrosion-of-pipe-seam-weld/10>

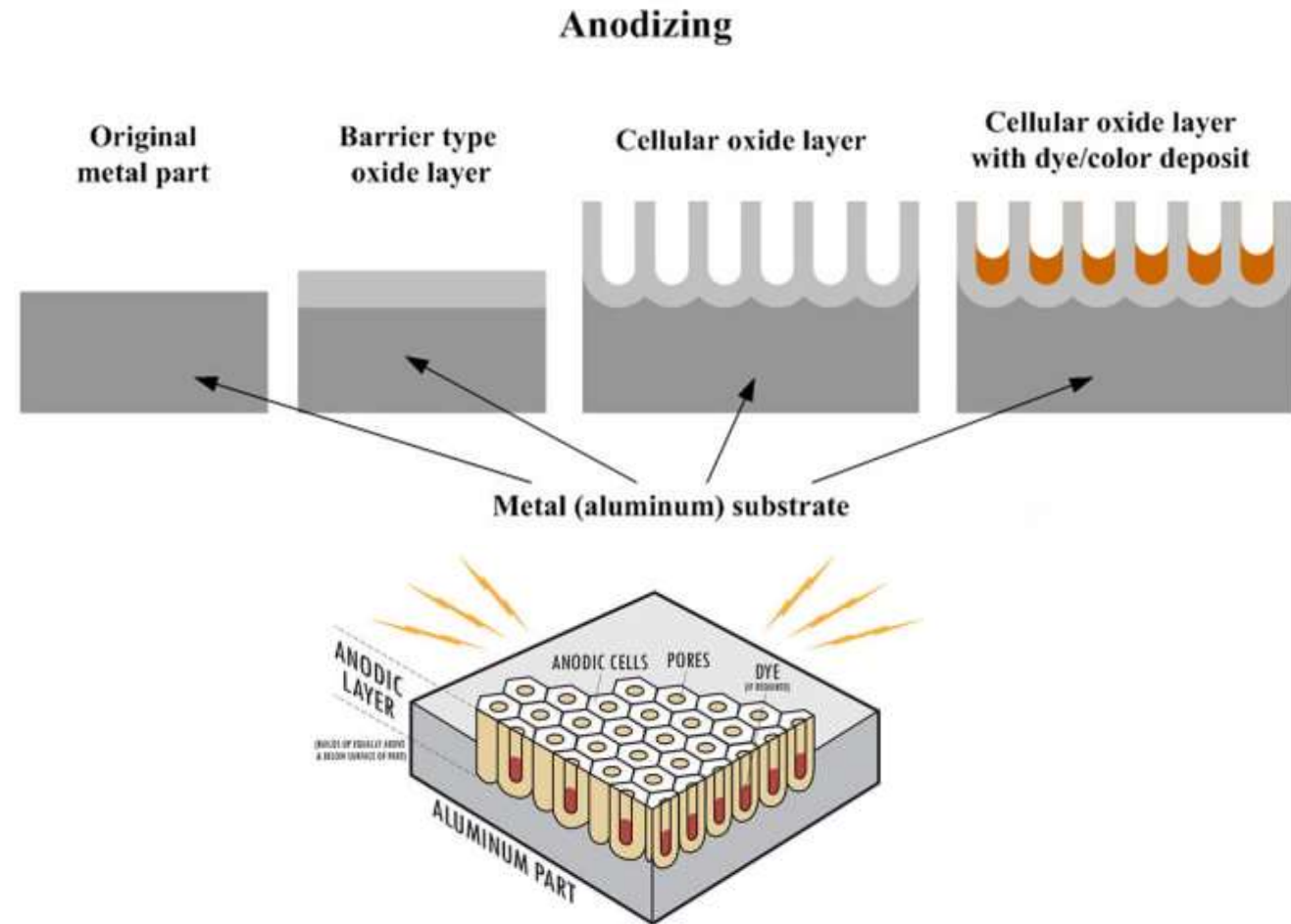
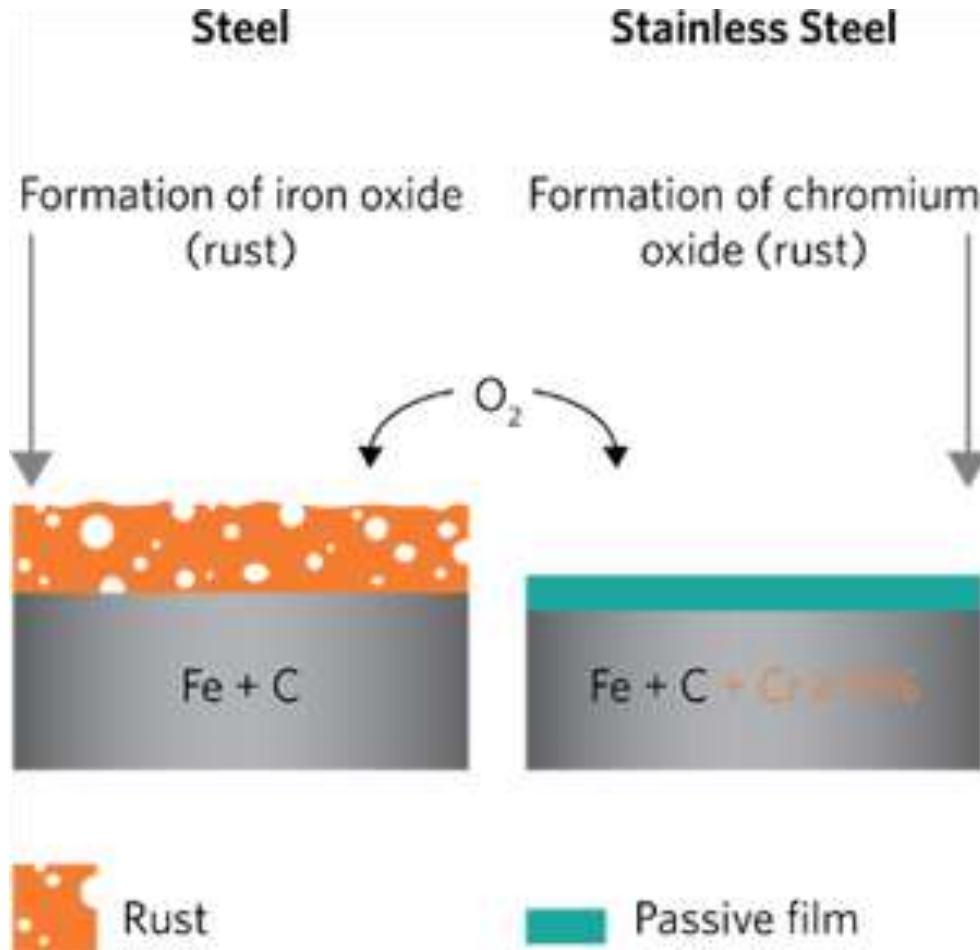


Quais as consequências da CORROSÃO NA INDÚSTRIA?

- Danos em estrutura e equipamentos;
- Paralisação da produção para manutenção/substituição de peças;
- Riscos para a saúde das pessoas (fratura mecânica, fuga de líquido ou gases);
- Contaminação da produção;
- Perda de eficiência operacional;
- Comprometimento da imagem da empresa;
- Impacto ambiental
- Perda de clientes;



CASOS BENÉFICOS DE CORROSÃO





CASOS CURIOSOS DE CORROSÃO

Pássaros



Deterioração em componentes das estruturas atingidas pelo produto excretado pelas andorinhas.

Urina humana



Deterioração de concreto causada por sais de amônio na urina humana.



Qual o papel do Engenheiro?

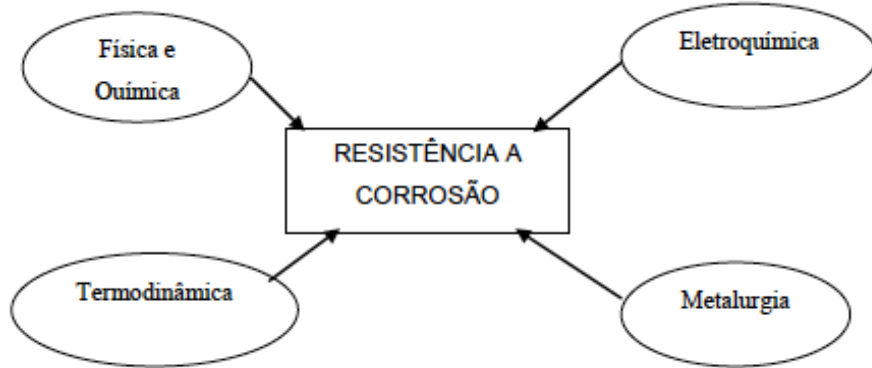
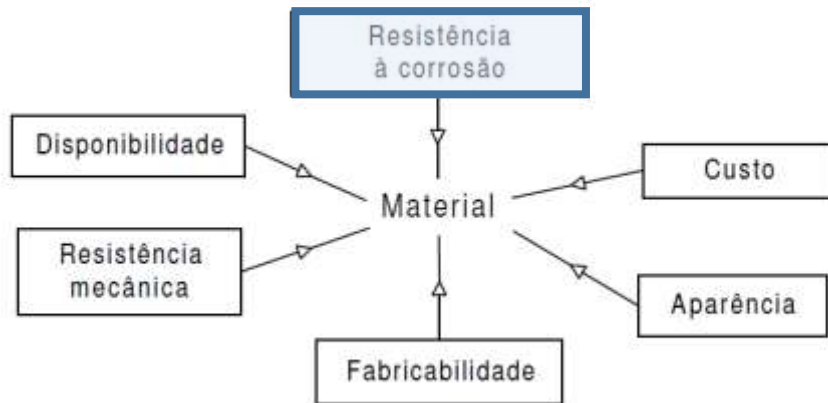


Figura 2.2: Áreas do conhecimento de extrema importância no estudo da corrosão

Fontes: Prof. J. Sinézio C. Campos, DTP/FEQ/UNICAMP



Fonte: Apostila Prof. Alain Robin

PROJETO

Saber como evitar condições severa de corrosão

Métodos de proteção



CORROSÃO X ACIDENTES

ATIVIDADES

- Faça uma busca por casos de acidentes que envolvem o processo de corrosão. Descreva o caso brevemente.
- Elabore um texto resumizando as consequências financeiras e ambientais da corrosão.