



XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

AGOSTO 2017

Gilberto Adib Couri, DSc
Simone Feigelson, DSc

PERÍCIAS EM CONSTRUÇÕES DE CONCRETO EM MEIO AGRESSIVO

Manifestações Patológicas

UMA EDIFICAÇÃO PODE SER ESTUDADA DE FORMA SIMILAR AO CORPO HUMANO?

- ☐ Esqueleto = Estrutura
- ☐ Músculos = Armadura
- ☐ Pele = Revestimento
- ☐ Sistemas $\left\{ \begin{array}{l} \text{Circulatório} \\ \text{Digestivo} \\ \text{Nervoso} \end{array} \right. = \text{Instalações Prediais}$



ORIGEM DAS PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS EM CONCRETO

CONGÊNITAS	CONSTRUTIVAS	ACIDENTAIS	ADQUIRIDAS
○ Falhas de Concepção ○ Erros de Projeto	Inadequação de: ○ Materiais ○ Mão de Obra ○ Processos Construtivos	○ Impactos ○ Incêndios ○ Explosões ○ Terremotos ○ Outros mais	○ Manutenção Inadequada ○ Mau uso

- Após a identificação da “doença”, devem-se buscar informações complementares que permitam estabelecer o “quadro clínico” da patologia
- Sem uma identificação de causas adequadas, a prescrição do “remédio” pode ser inadequada



ORIGEM DOS DANOS

➤ Danos Físicos

- Cargas Estáticas
- Impactos (cargas dinâmicas)
- Deformações incompatíveis (recalques)
- Dilatação
- Fissuras
- Retração plástica
- Abrasão
- Lixiviação
- Cavitação
- Erosão



➤ Danos Químicos

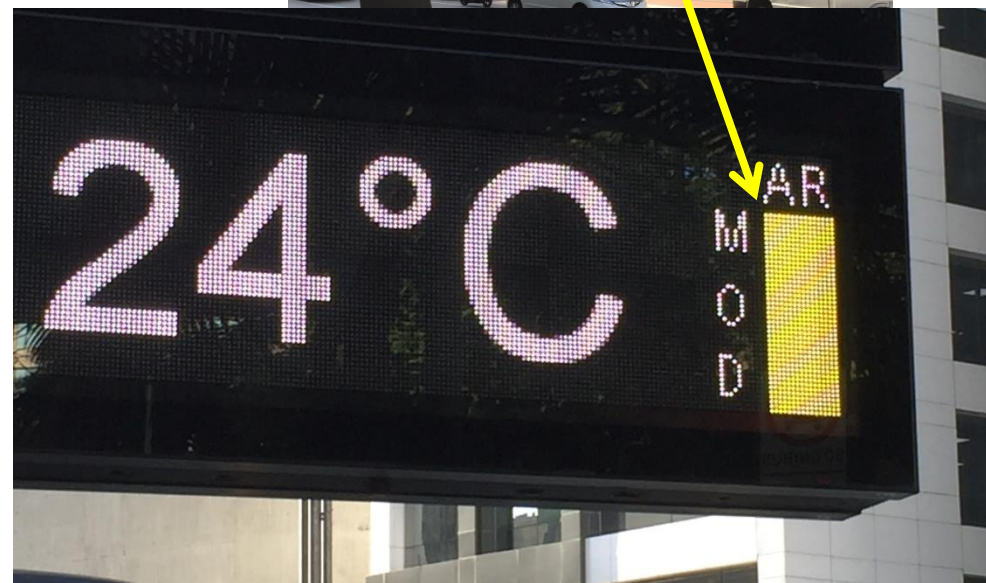
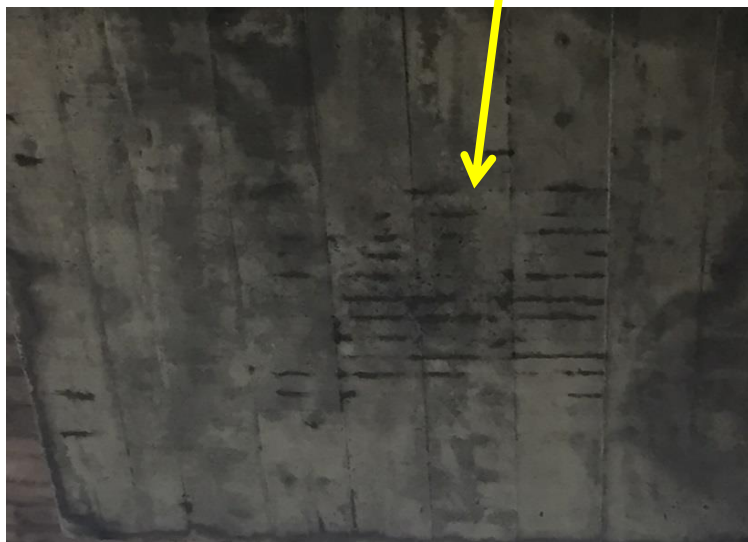
- Carbonatação
- Íons cloreto (maresia)
- Águas servidas sulfatadas (H_2SO_4)
- Águas salgadas (cloretos)
- Reação álcali-agregado (deletéria)
- Chuvas ácidas (H_2S - ácido sulfídrico)
- Produtos químicos
- Óleos e graxas orgânicos



➤ Danos Biológicos

- Bactérias
- Microrganismos
- Líquens
- Fungos

DANOS QUIMICOS - POLUIÇÃO







DANOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Efluentes industriais ácidos



Degradação do concreto
por ataque químico

Esgoto sanitário



Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

NBR 6118:2014

5.1.2 Classificação dos requisitos de qualidade da estrutura

Os requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto são classificados, para os efeitos desta Norma, em três grupos distintos, relacionados em 5.1.2.1 a 5.1.2.3.

5.1.2.1 Capacidade resistente **Estabilidade**

Consiste basicamente na segurança à ruptura.

5.1.2.2 Desempenho em serviço **Conformidade**

Consiste na capacidade da estrutura manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.

5.1.2.3 Durabilidade **Durabilidade**

Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

3 “pilares” da
qualidade

NBR 6.118-2014

6.1 Exigências de durabilidade

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b} Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

DURABILIDADE

A DURABILIDADE ESTA RELACIONADA A VIDA ÚTIL

VIDA ÚTIL – Item 6.2.1

Por vida útil de projeto entende-se o período de tempo durante o qual se mantém as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais

7.8 Inspeção e manutenção preventiva

7.8.1 O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

7.8.2 O manual de utilização, inspeção e manutenção deve ser produzido conforme 25.3.

25.3 Manual de utilização, inspeção e manutenção

De posse das informações dos projetos, materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar, de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessários para garantir a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado na ABNT NBR 5674.

Partes da estrutura que mereçam consideração especial, com vida útil diferente do todo, devem ser contempladas, como aparelhos de apoio, juntas de movimento etc.

Elementos não estruturais que possam influir no processo de deterioração das estruturas, como chapins, rufos, contrarrufos, instalações hidráulicas e impermeabilizações, devem ser vistoriados periodicamente.

COBRIMENTO

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na Tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5 mm.

CONCRETO

Resistência mínima do concreto é função da classe de agressividade ambiental

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

7.6.1 – O risco e a evolução da corrosão do aço na região das fissuras de flexão transversais à armadura principal dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura

DETERIORAÇÃO

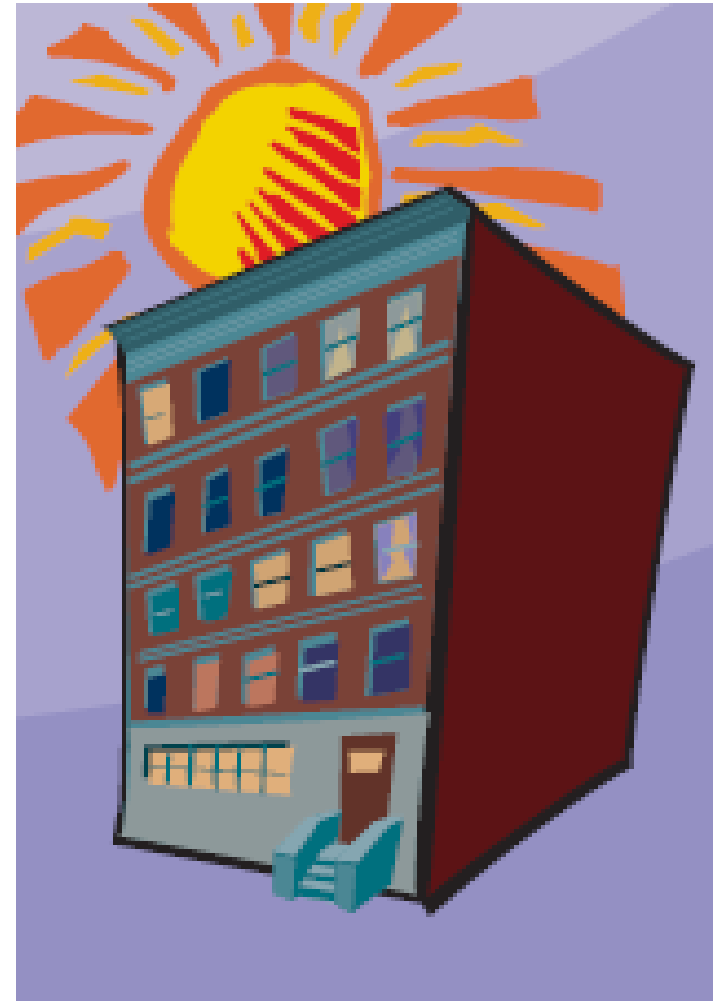
A NBR 6118 classifica classes de exposição das estruturas e seus componentes em função da deterioração a que estarão submetidos a partir de:

- ☐ Corrosão das armaduras por tipo de ambiente
- ☐ Ação do frio ou calor, também por tipo de ambiente
- ☐ Agressividade química



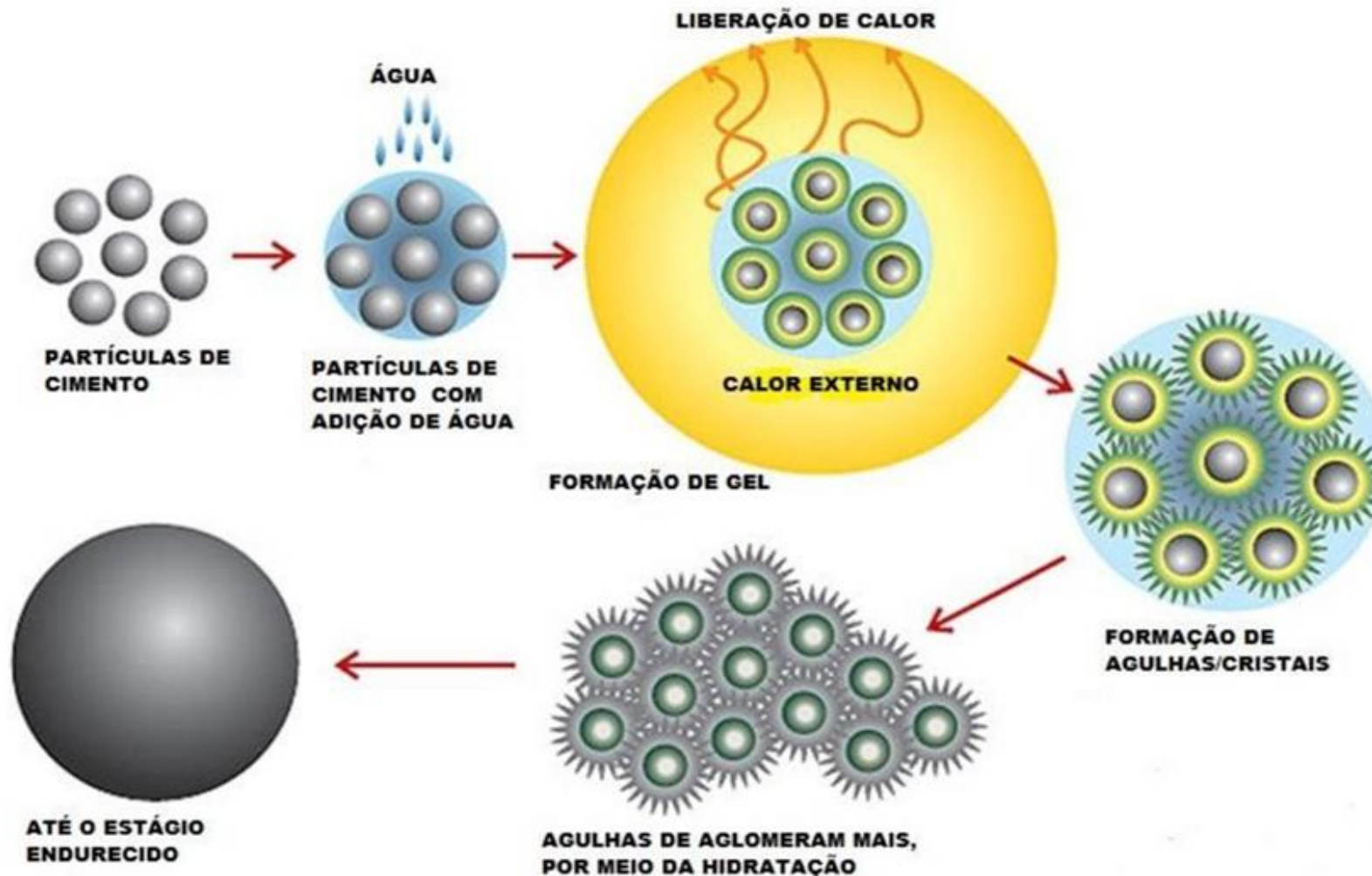
EFEITO TÉRMICO

- ❖ Fenômenos diários e sazonais da contração e dilatação no concreto armado e nos materiais empregados nas edificações de forma geral.
- ❖ O tipo de revestimento necessita de estudo detalhado pois deverá possuir características de absorção e reflexão
- ❖ Temperaturas internas também influenciam



CONCRETOS - CIMENTO

HIDRATAÇÃO DO CIMENTO



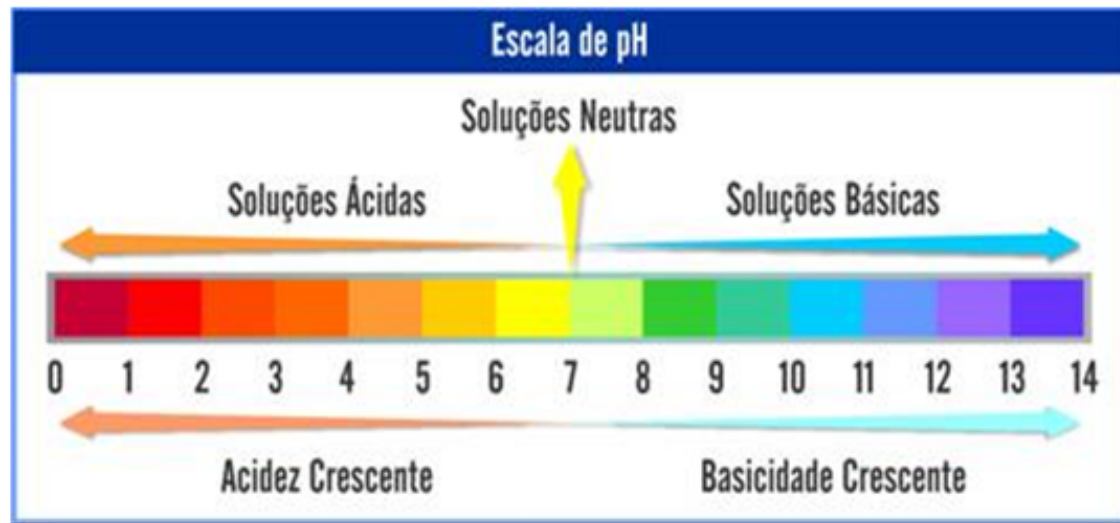
CIMENTO

	Cimento Portland	NBR
CP I	Comum (NBR 5732)	5732
CP I-S	Comum com adição de pozolana (1% a 5%)	5732
CP II-E	Composto com escória (6% a 34%)	11578
CP II-Z	Composto com pozolana (6% a 14%)	11578
CP II-F	Composto com Filer (carbonático - 6% a 10%)	11578
CP III	Alto-forno	5735
CP IV	Pozolânico	5736
CP V-ARI	Alta Resistência Inicial	5733
CPB	Branco	12989
CPB Estrutural	Branco Estrutural	12989
CP xx BC	Baixo Calor de Hidratação	13116
CP xx RS	Resistente a Sulfatos	5737

Resistência – 25, 32 ou 40 MPa



FATOR ÁGUA/CIMENTO



Água Química

- Água de Geleificação (15%)
- Água de Cristalização (25%)

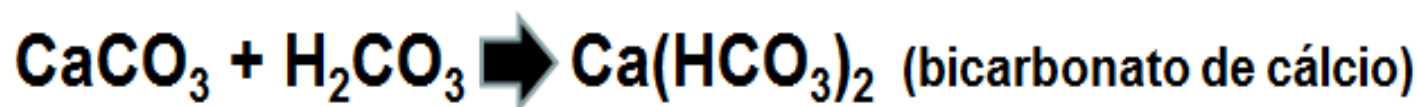
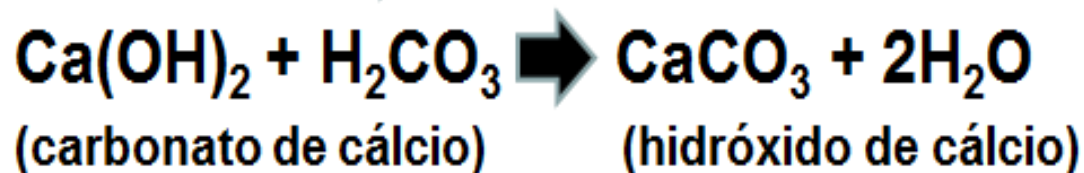
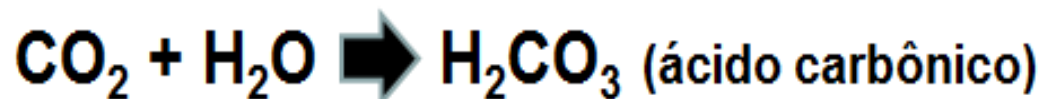
Água Física

- Água de Lubrificação

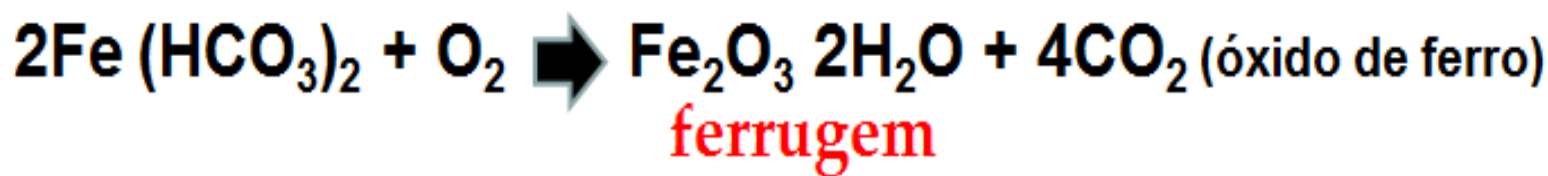
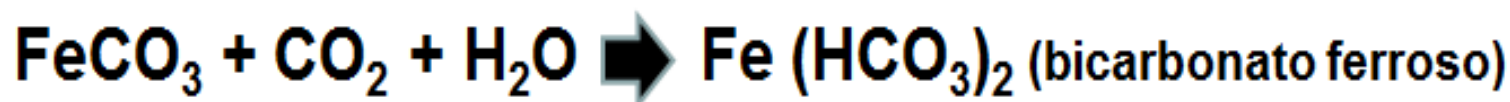
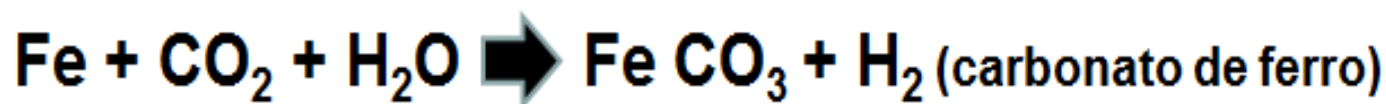
ÁGUA NO CONCRETO

- ☐ Melhora a trabalhabilidade
- ☐ Em excesso reduz a resistência à compressão
- ☐ Em excesso aumenta a permeabilidade
- ☐ Ajuste preciso da quantidade de água no amassamento do concreto é fundamental para se obter um concreto de boa qualidade

PROCESSO DE CARBONATAÇÃO DO CONCRETO



PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DAS ARMADURAS



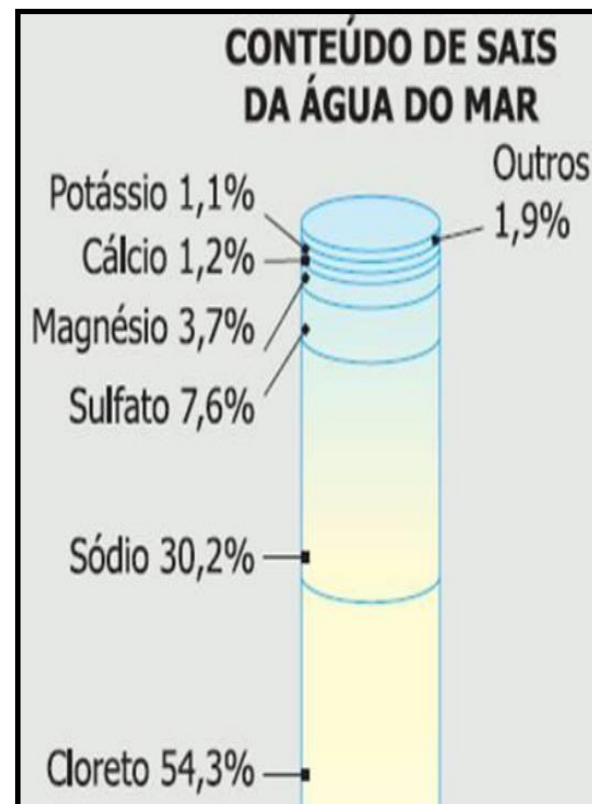
ÁGUA DO MAR

Agentes mais agressivos

- NaCl , CaSO_4 , MgCl , MgSO_4
- (Sal de Candlot - Expansão 300%)

Mecanismo de degradação

- Molhagem - Entrada de sais
- Secagem - Cristalização de sais anidros
- Remolhagem - Formação de sais expansivos



Obras portuárias / expostas à atmosfera marinha (maresia)

MANUTENÇÃO

- “Quando tudo vai bem, ninguém lembra que existe...”
- Quando algo vai mal, dizem que não existe...
- Quando é para GASTAR, acha-se que não preciso que exista...
- Porém, quando **realmente não existe**, todos concordam que deveria existir...”
(autor desconhecido)



MANUTENÇÃO PREDIAL

“Conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes a fim de atender às necessidades e segurança de seus usuários.” (NBR 5674)



VÍCIOS PELA FALTA DE MANUTENÇÃO

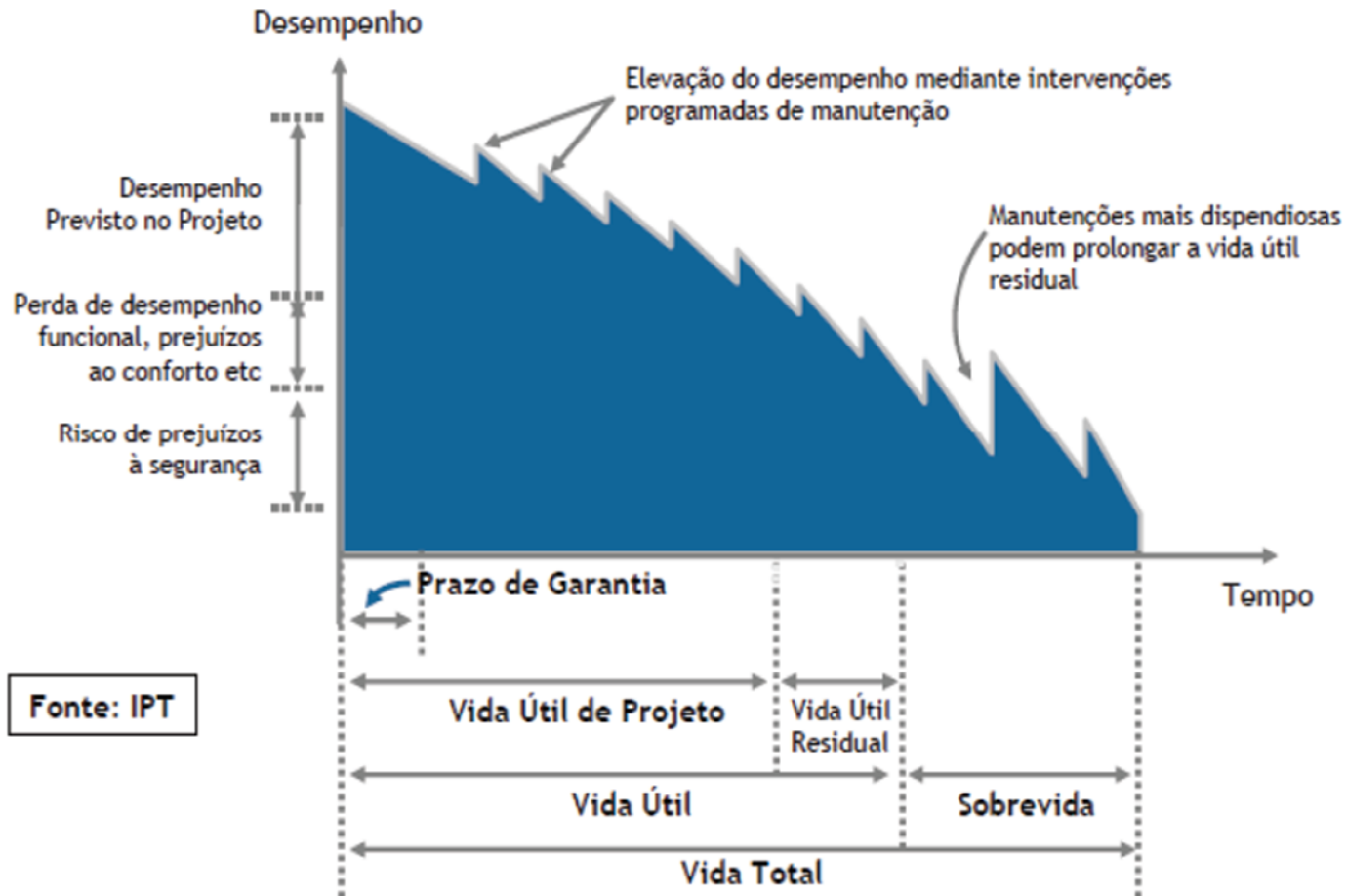
- Perda do Desempenho
- Deterioração acentuada
- Carbonatação com expulsão do cobrimento
- Redução da vida útil



FALHA DE MANUTENÇÃO NA EDIFICAÇÃO ARMADURA EXPOSTA – CORROSÃO



MANUTENÇÃO PREDIAL



PRINCIPAIS ÁREAS DE DEGRADAÇÃO

- Fachadas
- Varandas
- Garagens
- Tampas de caixas d'água
- Coberturas
- Pavimentos de uso comum



FACHADAS



FACHADAS



FACHADAS

PROBLEMAS DE CARBONATAÇÃO E EXPULSÃO DO COBRIMENTO



FACHADAS EDIFICAÇÕES À BEIRA MAR



VARANDAS EM BALANÇO



VARANDAS EM BALANÇO



GARAGENS

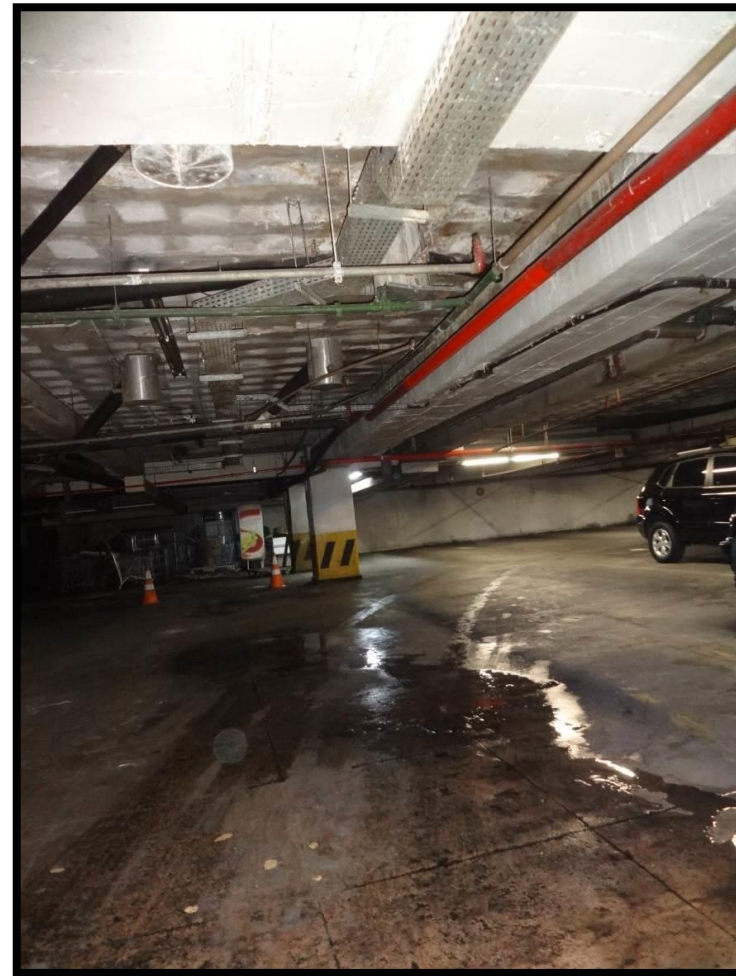
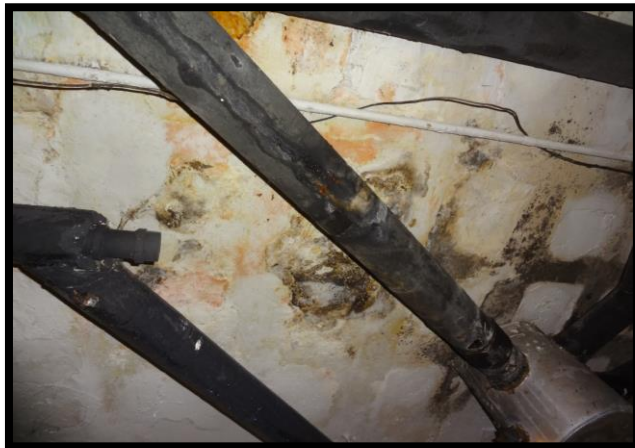
- As garagens nas edificações normalmente não têm revestimento na estrutura de seus tetos, sendo apenas eventualmente pintadas;
- Surge do gás carbônico oriundo dos escapamentos dos carros e das águas de lavagem e eventualmente águas da chuva. Esta combinação propicia carbonatação.



GARAGENS



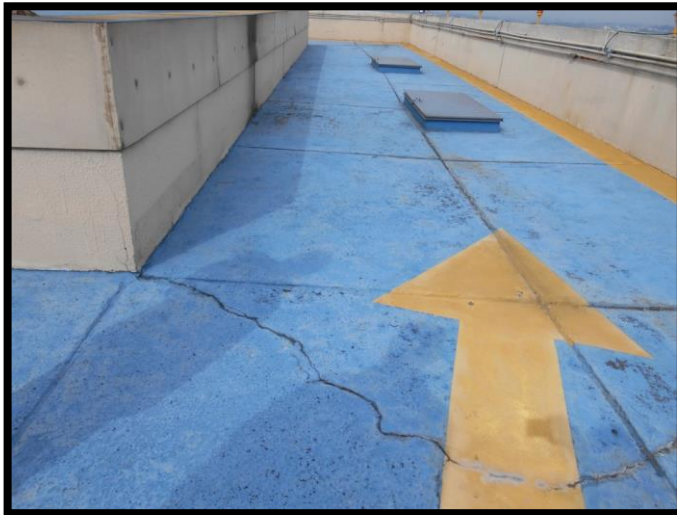
GARAGENS



CAIXA D'ÁGUA



COBERTURAS



PAVIMENTOS DE USO COMUM



AValiação da Deterioração

- 1) Exame Visual;
- 2) Exame à percussão;
- 3) Verificação da Porosidade;
- 4) Teste de Aderência;
- 5) Determinação do PH
- 6) Profundidade de Carbonatação;
- 7) Espessura do Cobrimento;
- 8) Espessura das fissuras;
- 9) Percentual de cloro e outros agentes químicos;



EXAME VISUAL

- **Coloração – verificar se está com a coloração uniforme;**
- **Presença de pigmentação;**
- **Manchas;**
- **Verificar eventuais fissuras;**
- **Verificar se há variação volumétrica;**



EXAME A PERCUSSÃO

- Testar através de um instrumento ou com a própria mão, verificando a uniformidade do som



TESTE DE ADERÊNCIA

- ▶ Cola-se uma pastilha de aço com epóxi, e se realiza o teste por arrancamento
- ▶ Assim se verifica se a superfície do concreto está “solta”, ocultando algum problema existente



Determinação do pH

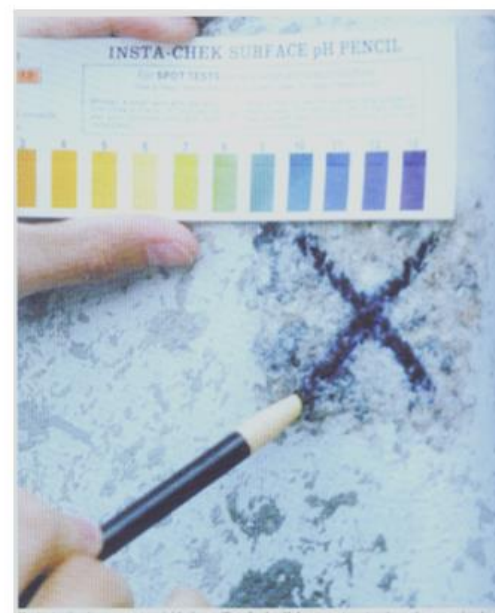
Identificação do cobrimento e da posição da armação (pacômetro)



Determinação do pH superficial do concreto

ESCALA DE pH

1	Ácido
7	Neutro
9,5	Concreto Carbonatado
13,5	Concreto Novo
14	Alcalino



Determinação do avanço da frente de carbonatação por teste colorimétrico

Realização de testes com fenolftaleína

Cor

- rósea – concreto ok
- cor natural – concreto carbonatado





XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

AGOSTO 2017

gilcouri@gmail.com
feigelson@globo.com

Obrigado!