



ABECE

*Tendências na concepção de proteção
e reparos em estruturas de concreto*

Eng Emilio Minoru Takagi

27 de Abril de 2011



MC- Bauchemie

Um companhia internacional



- **1.800 colaboradores, em mais de 30 plantas de produção ao redor do mundo**
- 10 % dos colaboradores trabalham em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)





Uma indústria farmacêutica de remédios para estruturas de concreto.



- Desenvolvimento de produtos inovadores de referência no mercado
- **30 % Produto;**
- **30 % Aplicação;**
- **40 % Diagnóstico e Projeto.**





Razões para a deterioração das estruturas de concreto

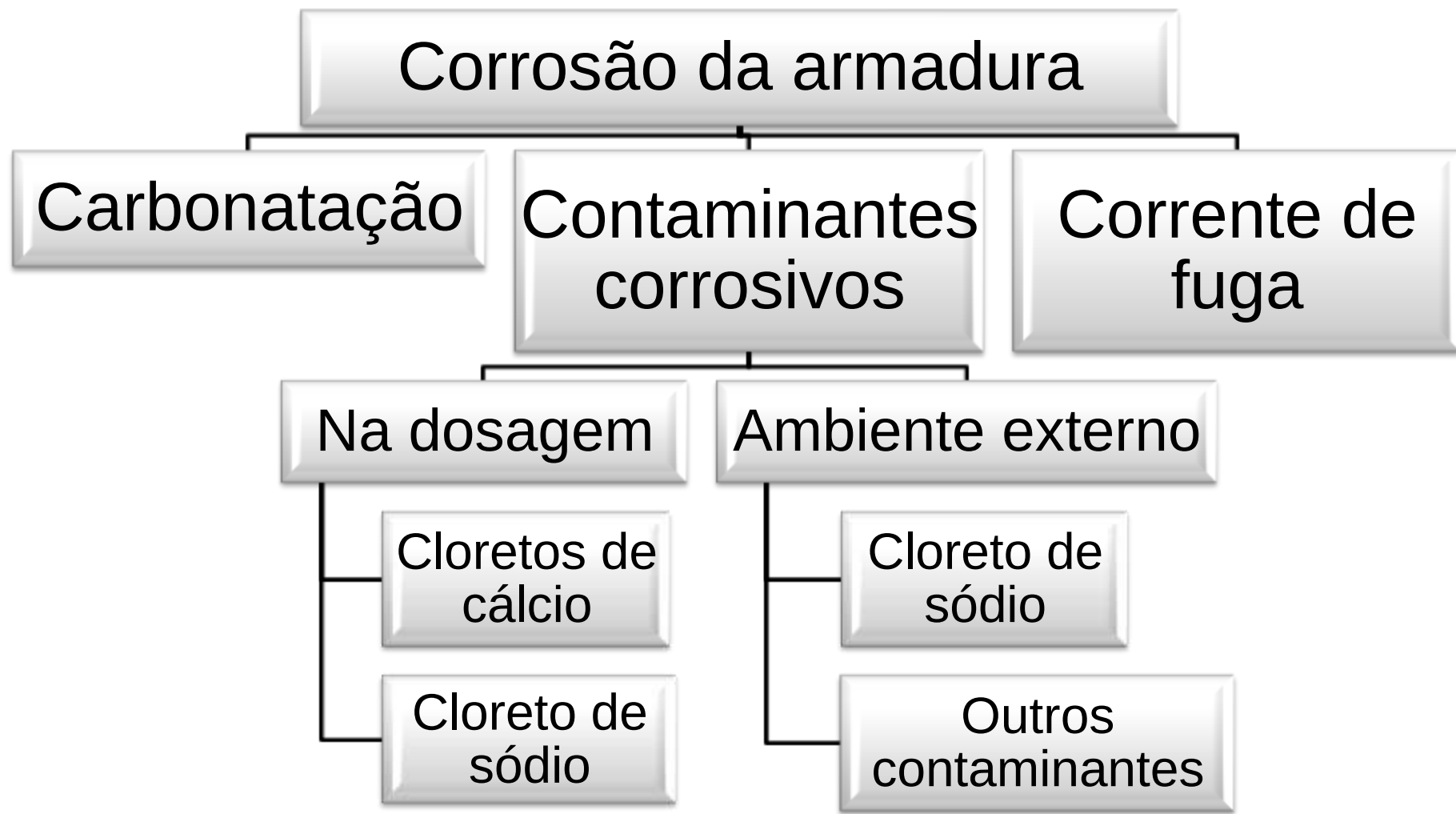
Avaliação dos defeitos e suas **causas**:

norma ENV 1504 – Parte 9



Avaliação dos defeitos e suas **causas**:

ENV 1504 – Parte 9



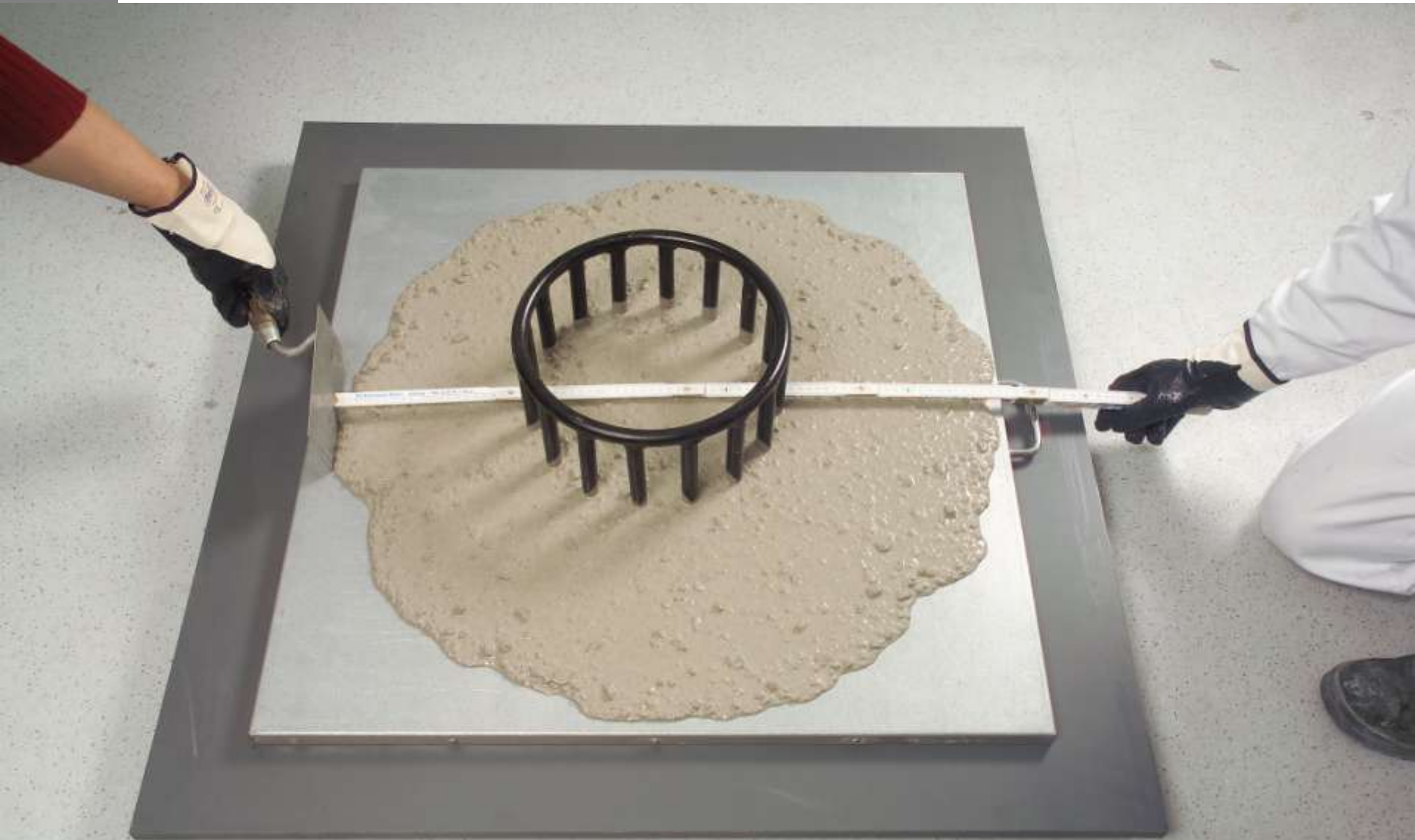
Manifestação patológica

- Manifestações características dos problemas patológicos, a partir da qual pode-se deduzir a sua natureza e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, e estimar suas consequências e a terapia mais adequada.

Mecanismos de degradação

- Todo problema patológico ocorre a partir de um fenômeno físico-químico de deterioração do concreto ou da corrosão da armadura, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos ou incorporados ao concreto.

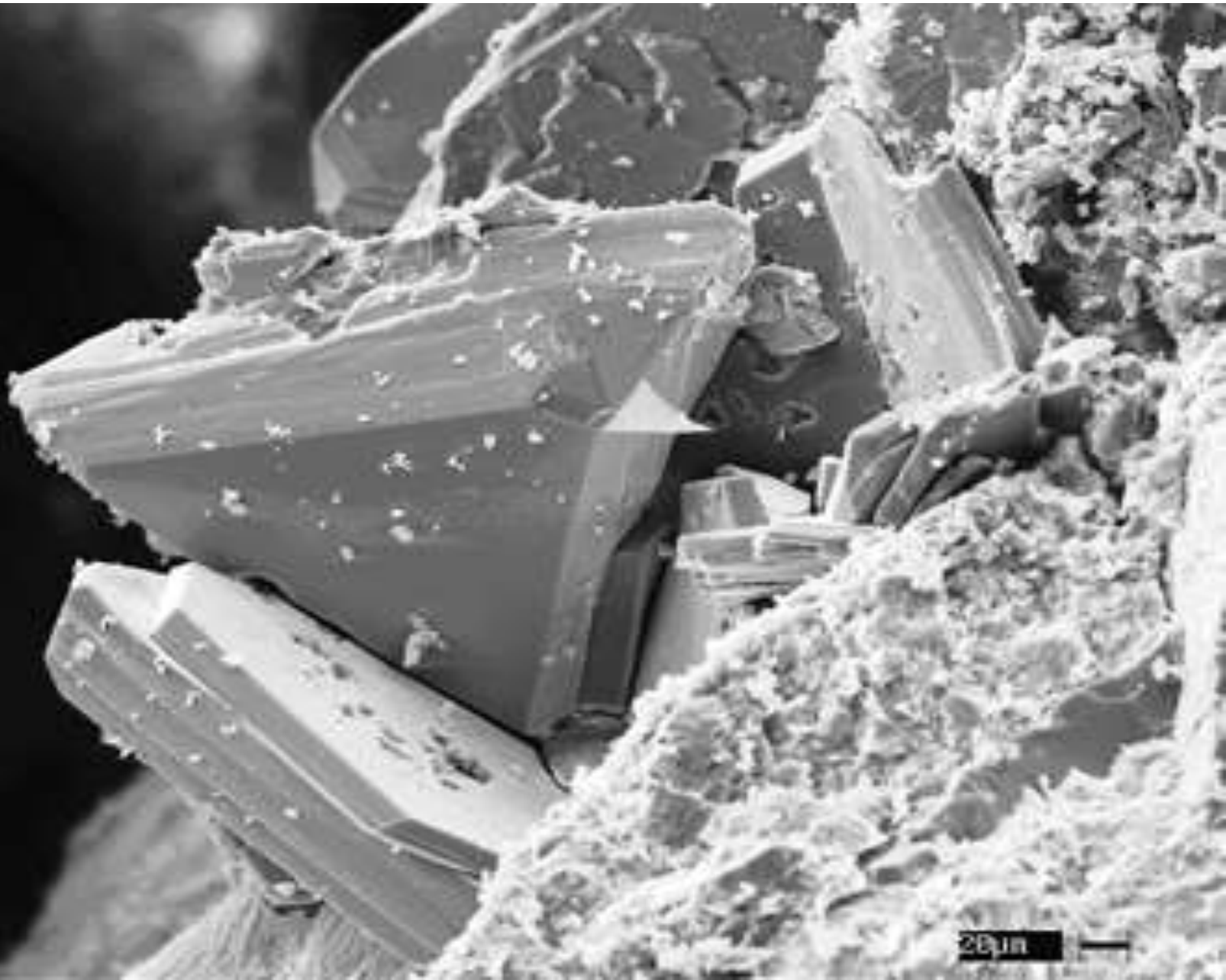
1 – Falha no adensamento (Segregação)



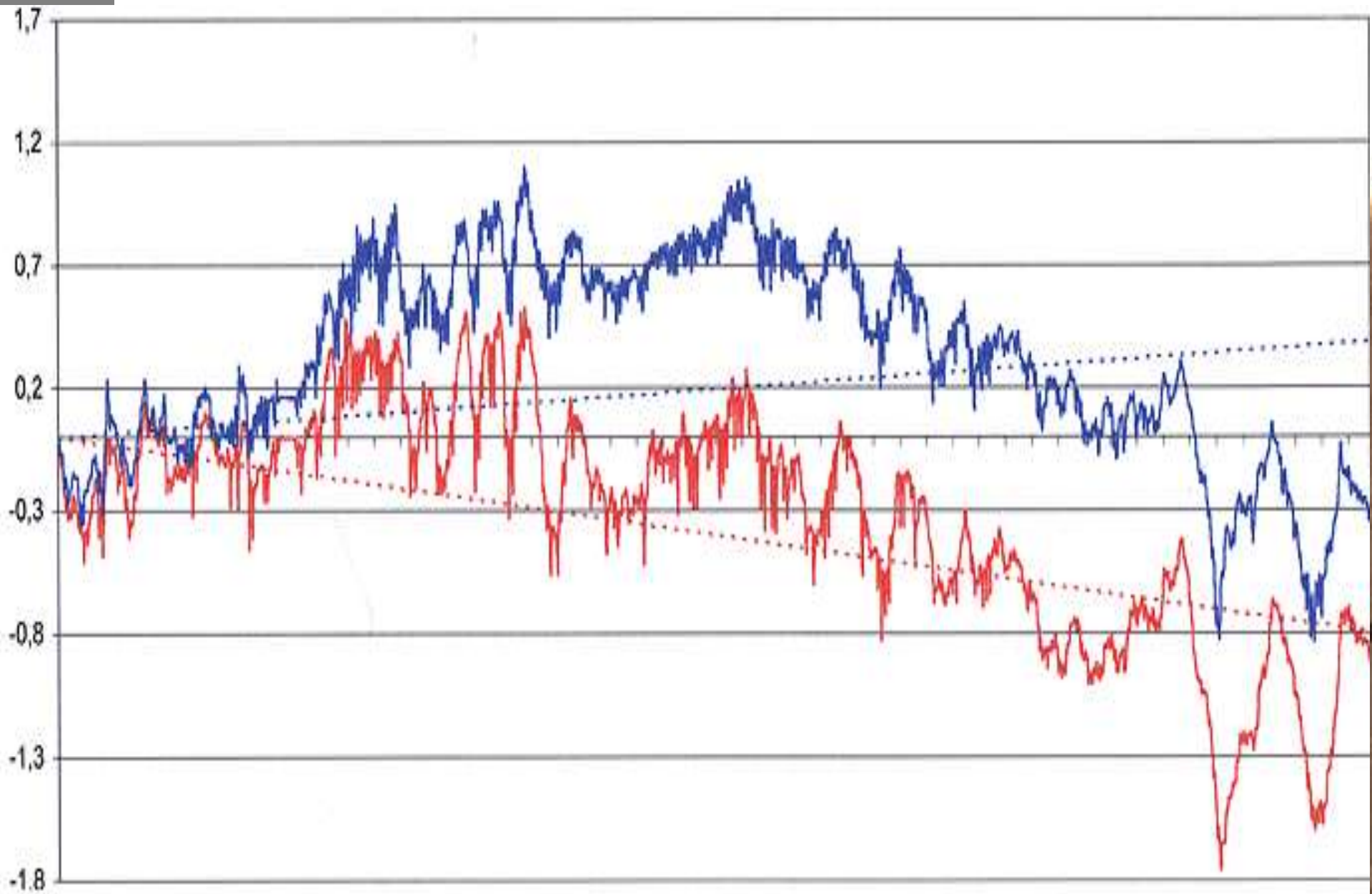
2 – Falha de preparo de substrato (corte verde)



3 – Fissura por retração autógena



4 – Fissura com variação térmica (LVDT)



5 – Fissura por sobrecarga



6 – Fissura por punção (falta de capitel)



7 – Falta de cobrimento (espaçadores)



8 - Ataque por sulfatos (expansão de etringita)



9 – Biodeterioração (microorganismos)



10 – Ácido sulfúrico biogênico (zona gasosa)



11 - Ataque por ácidos



12 – *Desgaste mecânico*



13 – Impacto mecânico



14 – Infiltrações de água



15 – Danos por incêndio



16 -Formação tardia de etringita ($\text{temperatura} > 80^{\circ}\text{C}$)



17 - Reação álcali-agregado (gel expansivo)



18 – Expansão da armadura por carbonatação

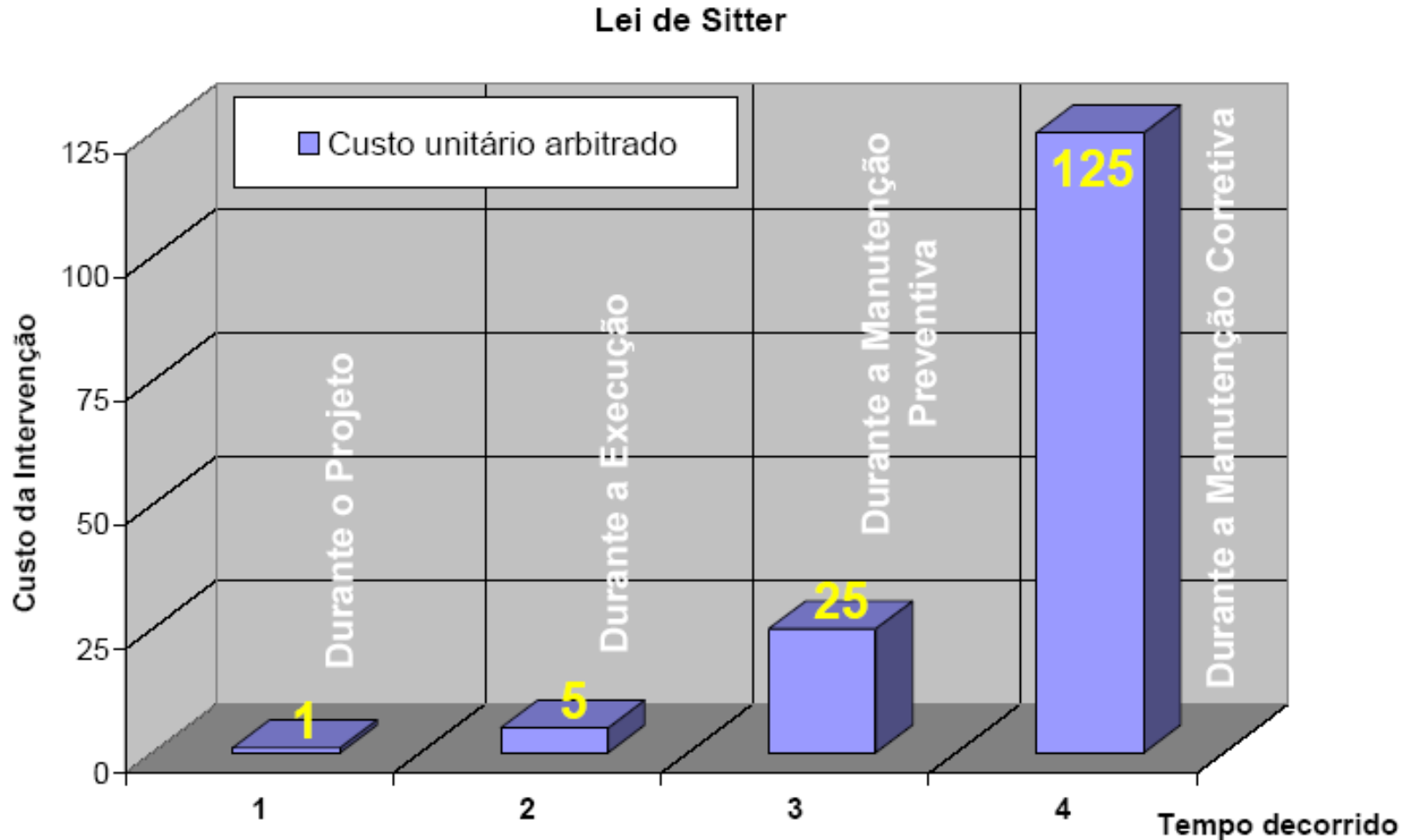


19 - Ataque da armadura por cloretos



Lei de Sitter - “Regra dos Cinco”

Estudo de avaliação do custo de reabilitação de estruturas



“Lei de Sitter – Regra dos Cinco”

Impermeabilidade x Estanqueidade



“Lei de Sitter – Regra dos Cinco”

Impermeabilidade x Estanqueidade



“Lei de Sitter – Regra dos Cinco”

Impermeabilidade x Estanqueidade



“Lei de Sitter – Regra dos Cinco”

Impermeabilidade x Estanqueidade





2010/01/08 09:36

Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



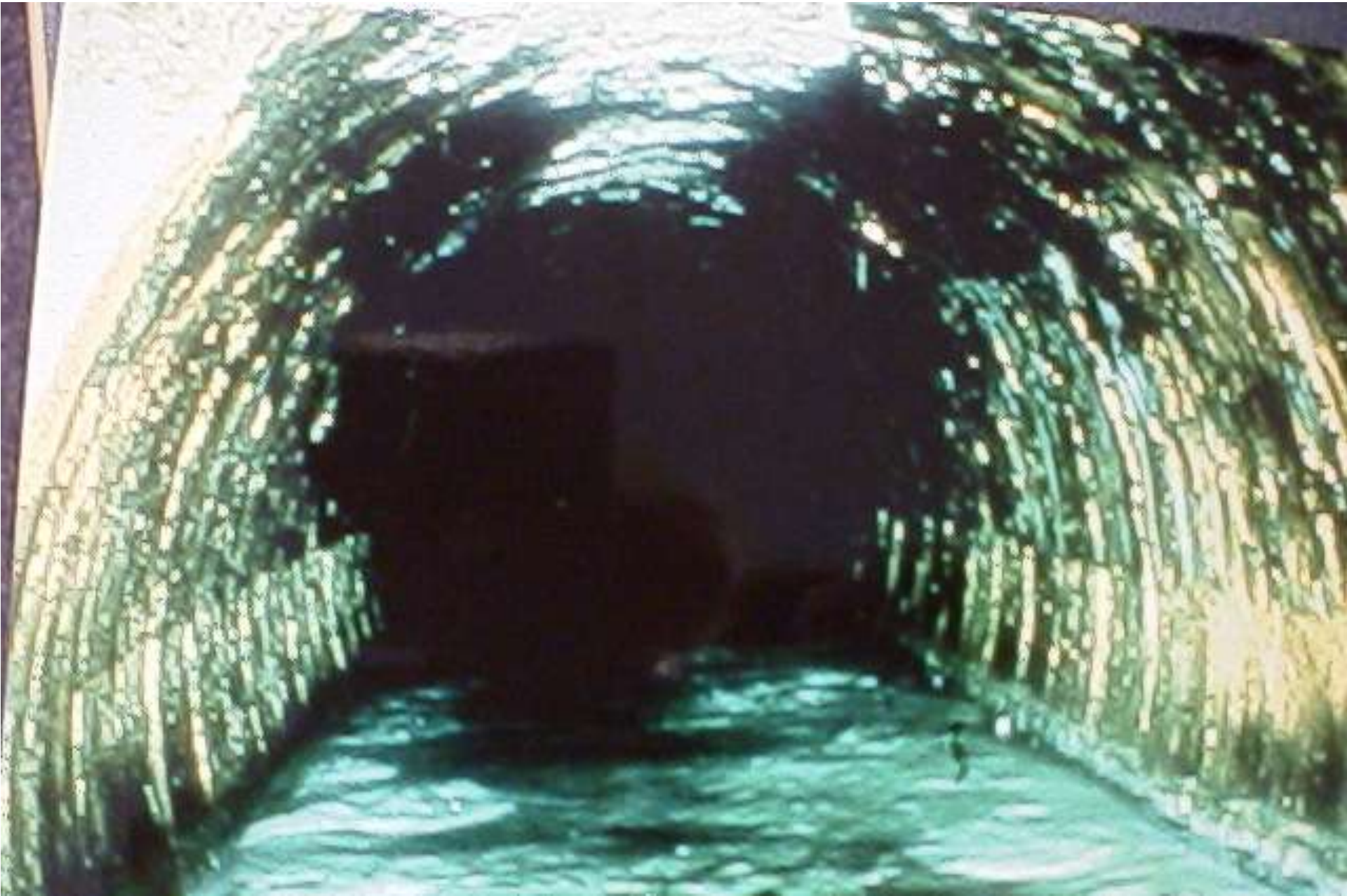
Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração

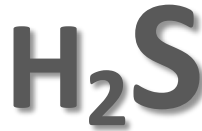
Compostos
de enxofre



*Desulfovíbrio
desulfuricans*



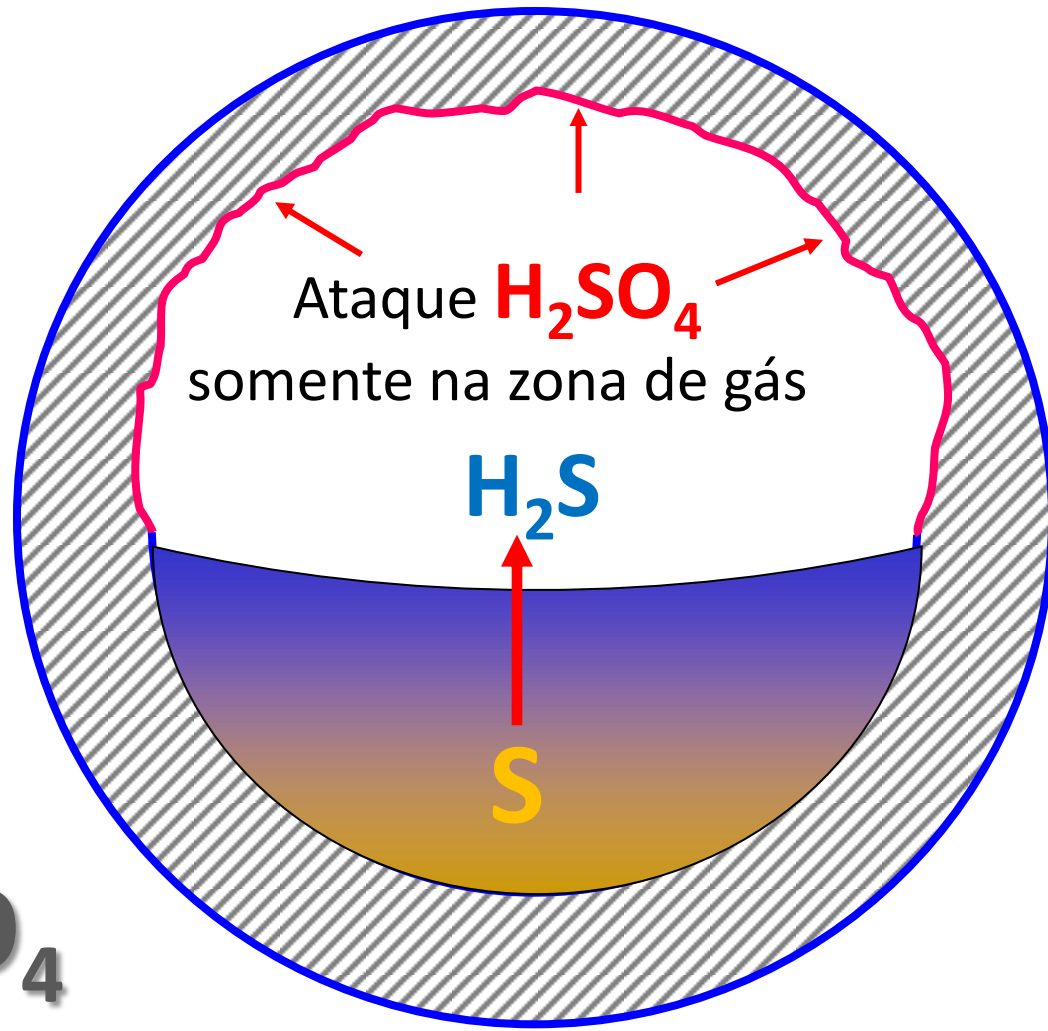
Gás
sulfídrico



*Thiobacillus thiooxidans e
Thiobacillus concretivorus*



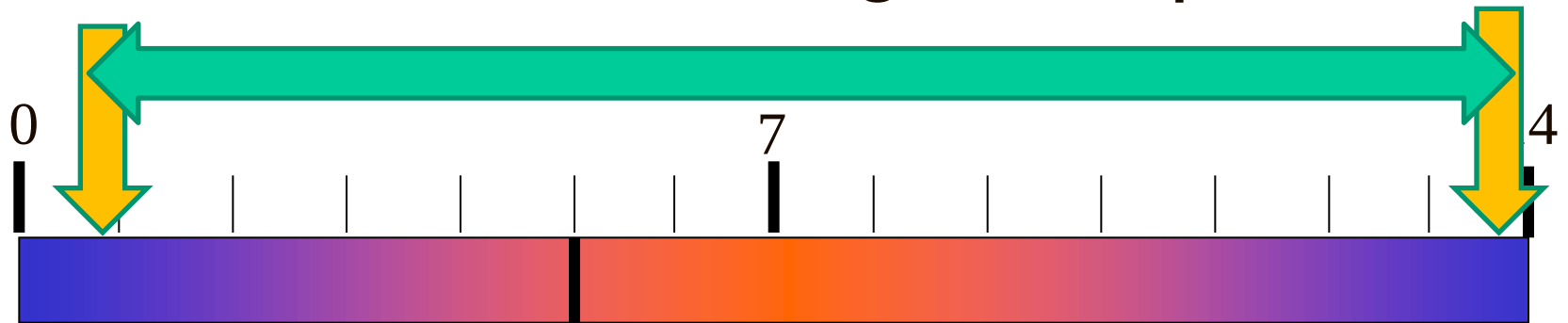
Ácido
sulfúrico
biogênico



Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração

Concreto: pH 12,7

Ácido sulfúrico biogênico: pH 0,7



1.000.000.000.000 vezes
a concentração !

Exercício de Problema Patológico: Biodeterioração



Princípios para a proteção e reparo do concreto

(P1)
impermeabilização

(P2)
Controle de
umidade

(P3)
Resistência ao
desgaste mecânico

(P4)
Resistência ao
ataque químico

(P5)
Reparo do
concreto

(P6)
Reforço estrutural

Princípios para a proteção e reparo da **armadura**

(P7)

**Restaurar a
passividade da
armadura**

(P8)

**Aumento da
resistividade do
concreto**

(P9)

Proteção catódica

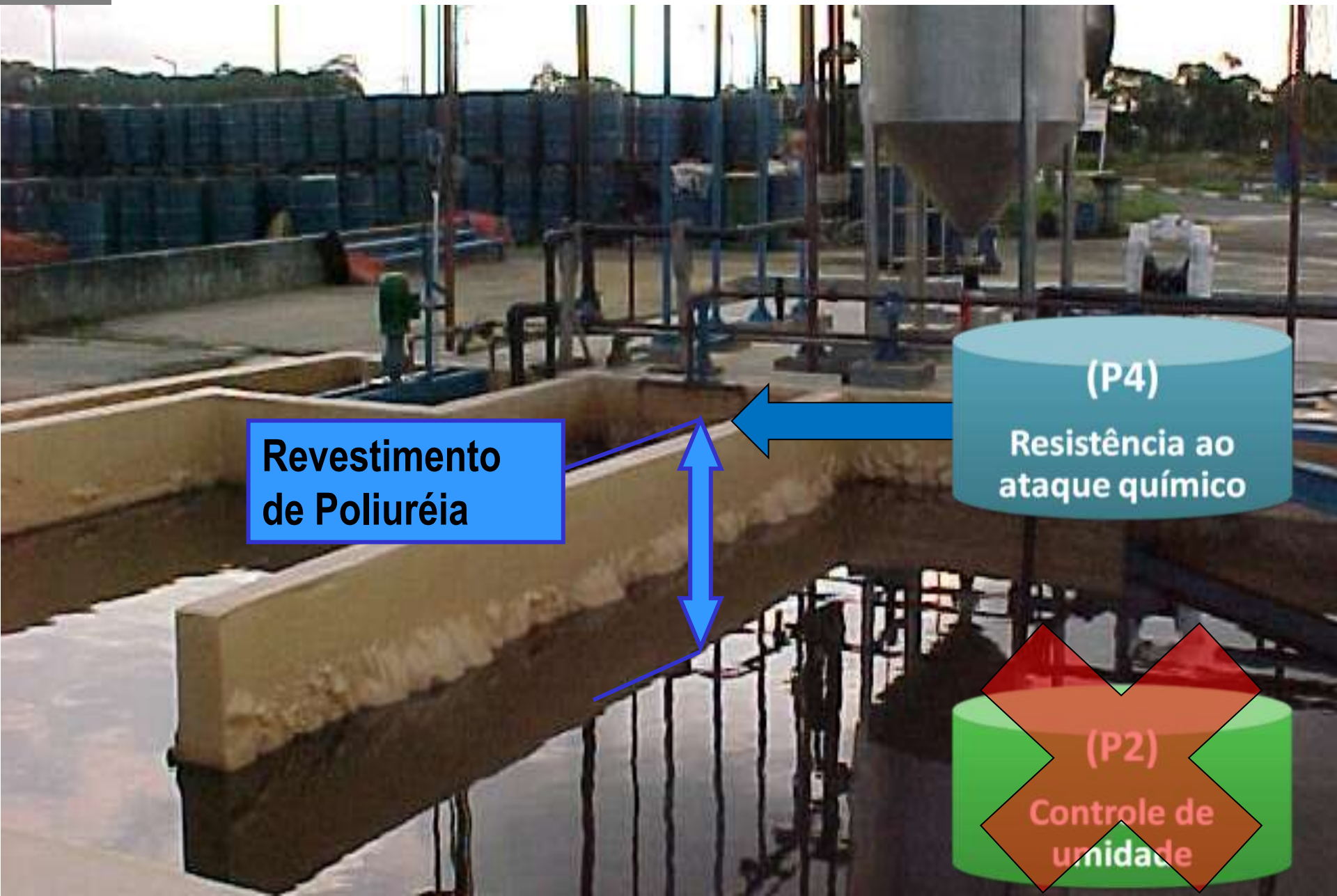
(P10)

**Controle das áreas
catódicas**

(P11)

**Controle das áreas
anódicas**

Princípios para proteção de tanques industriais



**Revestimento
de Poliuréia**

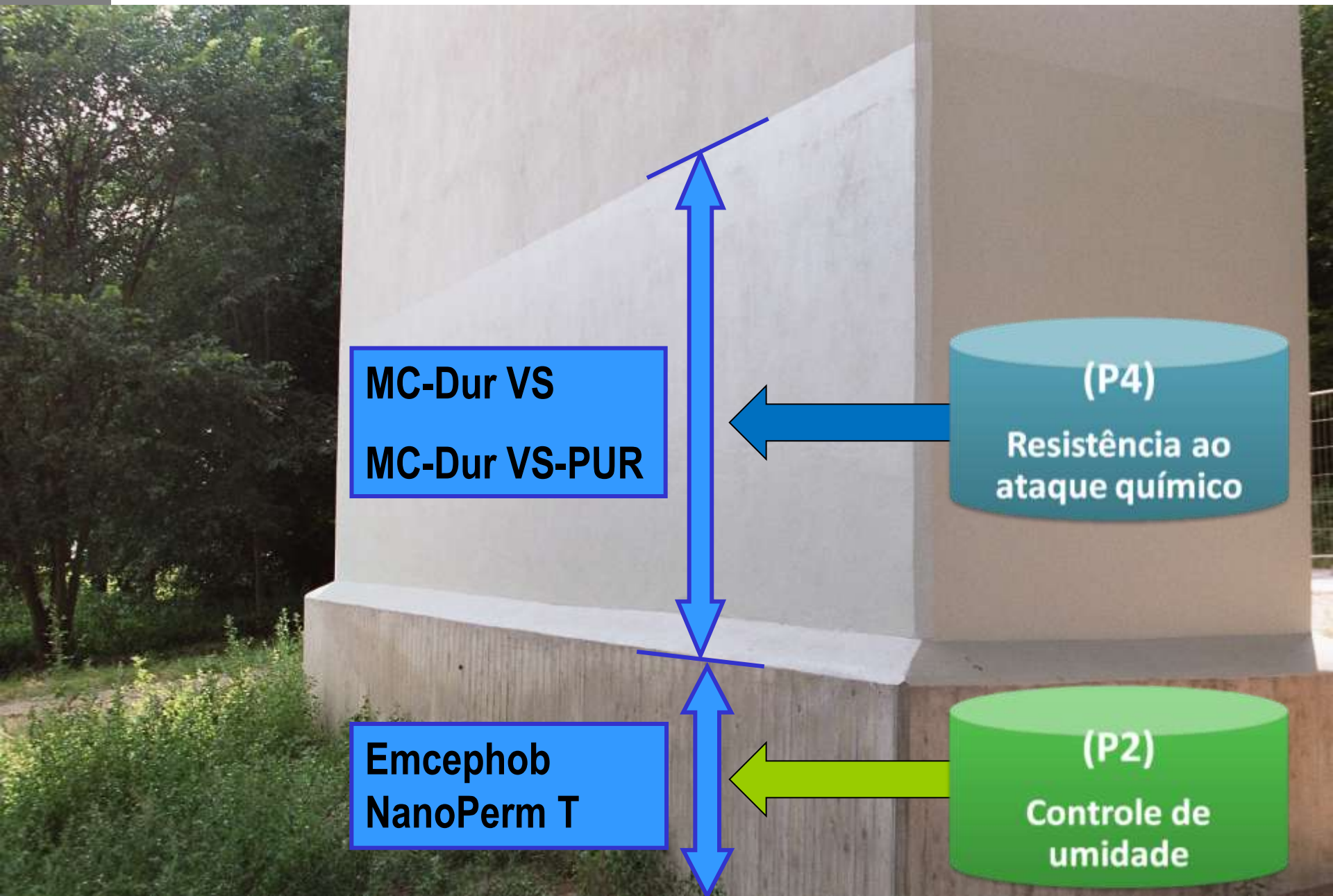
(P4)

**Resistência ao
ataque químico**

(P2)

**Controle de
unidade**

Princípios para a reforço com fibra de carbono





Reparo em concreto

Análise de situação, passos para encontrar a solução do problema

31 de Janeiro de 2011

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO



METRÔ

DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Código	ET-4.00.00.00/3J4-001	Rev.	Ø
Emissão	21/03/02	Folha	10 de 17

Emitente	Resp. Técnico - Emitente
DEPARTAMENTO DE PROJETO CIVIL – PCI	Verificação Metrô
3. IMPOSIÇÕES DE PROJETO E EXECUÇÃO Este capítulo fixa um padrão mínimo exigido da Contratada pelo Metrô de São Paulo para elaboração do Projeto Executivo e Execução dos Revestimentos Definitivos de Poços, Túneis, Estações e estruturas de contenção em concreto projetado das obras metroviárias. 3.1. Vida Útil Devem ser tomadas todas as medidas tecnológicas para <u>assegurar vida útil mínima de 100 anos.</u>	

assegurar vida útil mínima de 100 anos.



Pressuposto da Qualidade

- O projeto e a construção de uma obra sempre está voltada a produzir a obra de forma competente, conforme a boa técnica, para atender a **SEGURANÇA ESTRUTURAL** e as **NORMAS DE DESEMPENHO**.

Pressuposto do Uso Adequado e da Manutenção

- Em complemento ao pressuposto da qualidade, o dono da obra deve utilizá-lo adequadamente, inclusive, seguindo as especificações de **MANUTENÇÃO**

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Segurança Estrutural – NBR 6.118

- Uma obra NUNCA é igual a outra. Os materiais têm vida finita. É preciso admitir que sempre existe a PROBABILIDADE DE RUÍNA (10^{-6}). Segurança Estrutural é uma questão de CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA.

Normas de Desempenho - NBR 15.575

- As EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO devem ser estabelecidas tecnicamente através de parâmetros mensuráveis para aferir a QUALIDADE e conseqüentemente as RESPONSABILIDADES na construção civil (ISO/Dp 6241).



CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Manutenção Corretiva – NBR 14.037

- Atuação para a correção da FALHA ou do desempenho menor que o NÍVEL CRÍTICO esperado

Manutenção Preventiva

- Atuação de forma a REDUZIR ou EVITAR a FALHA, baseado em intervalos de TEMPO pré-definidos.

Manutenção Preditiva

- Atuação realizada com base no CONTROLE do DESEMPENHO. Permite OPERAÇÃO CONTÍNUA pelo maior tempo possível.



CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Manifestação patológica

- Manifestações características dos problemas patológicos, a partir da qual pode-se deduzir a sua natureza e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, e estimar suas consequências e a terapia mais adequada.

Mecanismos de degradação

- Todo problema patológico ocorre a partir de um fenômeno físico-químico de deterioração do concreto ou da corrosão da armadura, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos ou incorporados ao concreto.

Estádio do Mineirão

Belo Horizonte/ MG



Estádio Nacional

Brasília / DF



Estádio Fonte Nova

Salvador / BA



Arena Pernambuco

São Lourenço da Mata / PE



Arena Pantanal

Cuiabá / MS



Estádio Amazônia

Manaus / AM



Estádio Beira Rio

Porto Alegre / RS



Estádio do Castelão

Fortaleza / CE



Arena da Baixada

Curitiba / PR



Estádio das Dunas

Natal / RN



Estádio do Maracanã

Rio de Janeiro / RJ



Arena Corinthians

São Paulo / SP



SETE PASSOS PARA A COPA VERDE

The illustration features a dark grey background on the left with a sun and a wind turbine. In the center is a stylized industrial facility with two large yellow numbers, '1' and '2', positioned in front of it. To the right of the facility is a tall smokestack with a flame and a building with a window grid. The entire scene is set against a light grey background.

1

Conservação de energia e
mudanças climáticas

PRINCÍPIO: Como minimizar a pegada
de carbono

2

Água

PRINCÍPIO: Como promover a conservação da
água, por meio da minimização do uso

Sustentabilidade

3

Gestão integrada de resíduos

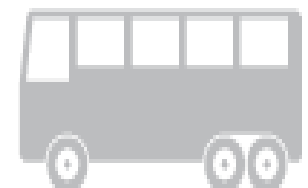
PRINCÍPIO: Como reduzir, reutilizar e reciclar resíduos com o apoio dos catadores de modo a incluí-los no processo de gestão



4

Transporte, mobilidade e acesso

PRINCÍPIO: Como alcançar a eficiência energética, pelo uso de meios universais e acessíveis de transporte que minimizem a poluição



Sustentabilidade



5

Paisagem e biodiversidade

PRINCÍPIO: Como conservar a biodiversidade, por meio da promoção da paisagem natural



6

Edifícios verdes e estilos de vida sustentáveis

PRINCÍPIO: Como promover a conscientização e estilo de vida sustentável

Sustentabilidade



Construção sustentável

PRINCÍPIO: Como assegurar a construção sustentável nos processos construtivos e edificações

Sustentabilidade - Certificação LEED®



LEED®



Total de 69 Pontos

Verde 26-32	Prata 33-38	Ouro 39-51	Platina 52-69
----------------	----------------	---------------	------------------

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| 1: Implantação Sustentável | (14 pontos) |
| 2: Uso Racional da Água | (5 pontos) |
| 3: Eficiência Energética | (17 pontos) |
| 4: Materiais e Recursos | (13 pontos) |
| 5: Qualidade do Ambiente Interno | (15 pontos) |
| 6: Inovação e Processo de Projeto | (5 pontos) |



Sustentabilidade - Certificação LEED®



LEED®



4: Materiais e Recursos

(13 pontos)

Regionalidade

< 800 km;

Conteúdo Reciclado

% em massa;

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

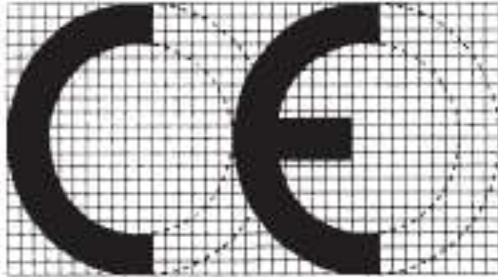
em mg/litro.



Sustentabilidade, segurança e durabilidade



LEED®



EN 1504

REACH ✓





REACH ✓ Segurança para saúde humana e meio ambiente





Rainha Elizabeth I da Inglaterra
1533 - 1603



Ludwig van Beethoven - Compositor alemão
1770 - 1827



Cândido Portinari - Pintor brasileiro
1903 - 1962

REACH ✓ Segurança para saúde humana e meio ambiente

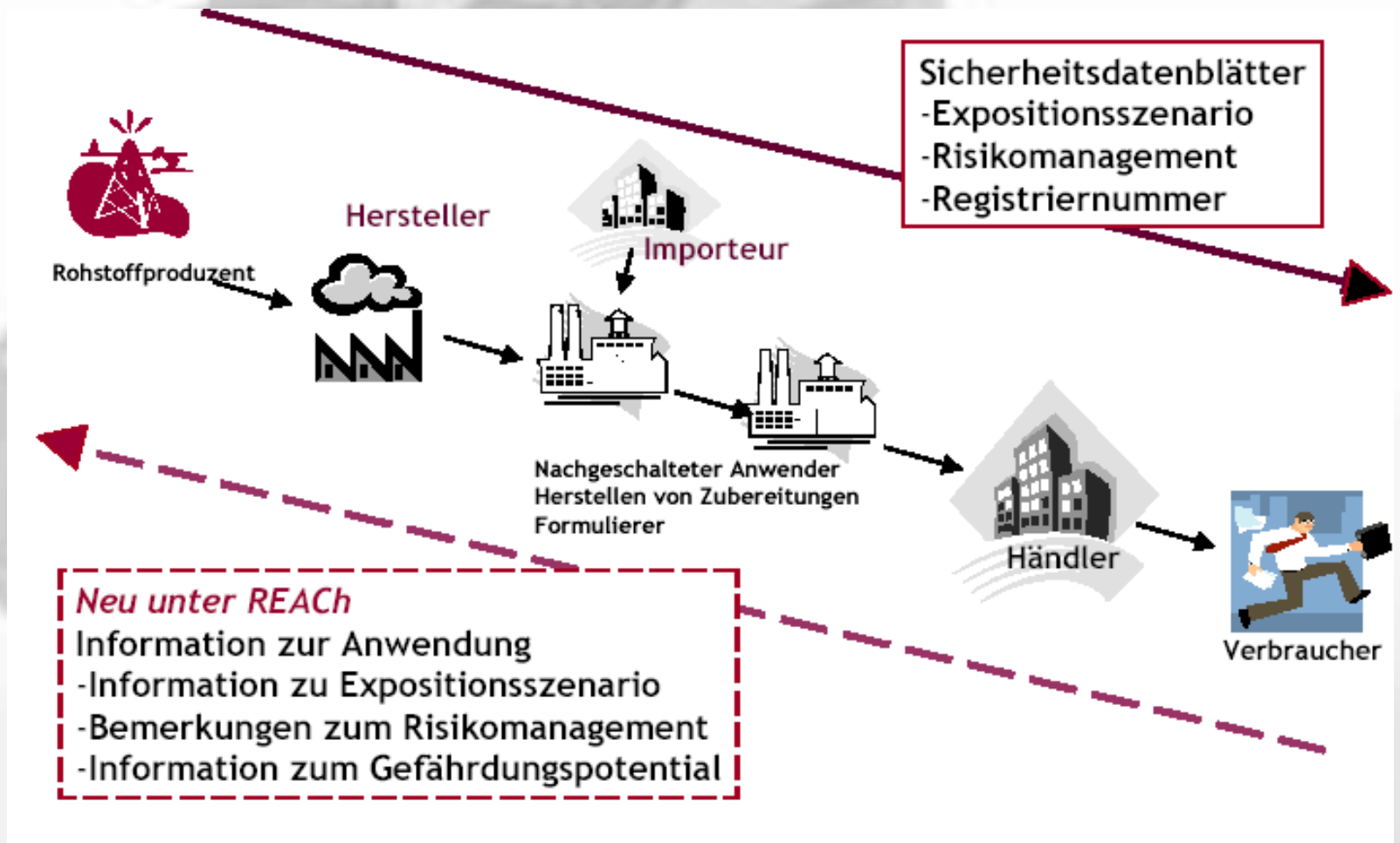


Excesso de chumbo nas tintas brasileiras
170.000 ppm – 10 ppm *Fonte Toxics Link*



REACH ✓ Segurança para saúde humana e meio ambiente





■ *Antes:*

tudo que é permitido NÃO é proibido

■ *Depois:*

tudo que é proibido NÃO é permitido

no data, no market

REACH ✓

Gerenciamento de riscos



*356 substâncias
no SIN List 1.1*

REACH ✓
SVHC

*46 substâncias
no SIN List 1.1*

Regulamentação REACH *Saúde e Meio Ambiente*

***R**egistration*

***E**valuation*

***A**uthorisation
and Restriction of*

***Ch**emicals*

Regulamentação REACH

Saúde e Meio Ambiente

100.000 substâncias químicas existentes

3.000 novas substâncias desde 1981



A maioria das substâncias não foram testadas com relação ao seu impacto na saúde e meio ambiente

REACH-regulation example

- MC-DUR 1900 is assessed positive for 
- application, periodical inhalation, periodical water contact

MC-DUR 1900

Chemikalienbeständige, rissüberbrückende
Epoxidharzbeschichtung mit erhöhter Verschleißfestigkeit

Produkteigenschaften

- Zweikomponentiger, pigmentierter Epoxidharz-Beschichtungsstoff für den Einsatz in der Industrie
- Beschichtung mit erhöhter Rissüberbrückung und erhöhter mechanischer und chemischer Beständigkeit
- Glatte, rutschsichere, ableitfähige und zugleich ableitfähige Ausführung möglich

Anwendungsgebiete

- Gewässerschutzbeschichtung nach dem Wasserhaushaltsgesetz (§ 19 WHG)
- Beschichtung bei kombinierter chemischer und mechanischer Beanspruchung oder häufiger Umnutzung
- Für den Einsatz in Industrie- oder vergleichbaren Bereichen
- REACH-bewertete Exp.szenarien: Wasserkontakt periodisch, Inhalation periodisch, Verarbeitung

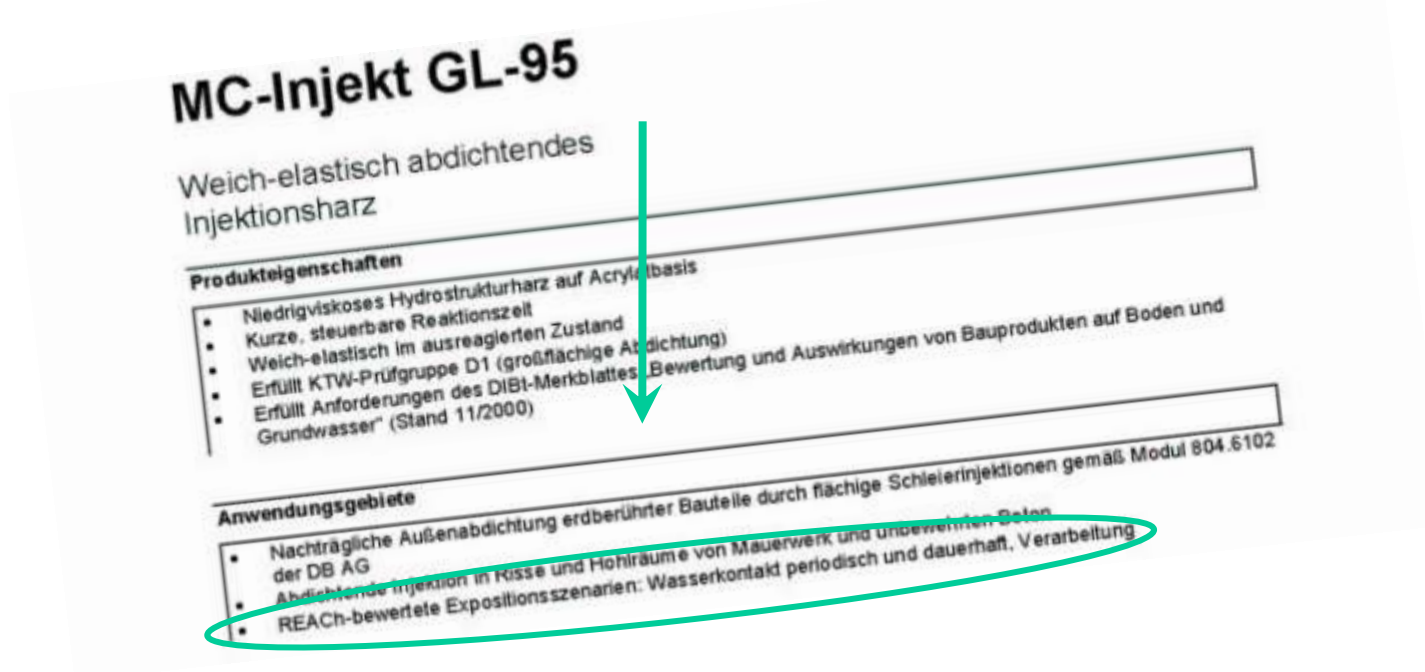
REACH-assessed exposure scenario: application, periodical water contact, periodical inhalation

application in sensitive areas is not possible



REACH-regulation example

- MC-Injekt GL-95 is assessed positive for
 - application, water contact (long-term and short-term)



Princípio ativo com desempenho:

Diferença entre **REFERÊNCIA**, **GENÉRICO** e o **SIMILAR**



Medicamento **GENÉRICO** contém o mesmo **princípio ativo**, na mesma dose e forma, apresentando o mesmo **desempenho** que a **REFERÊNCIA** assegurada por testes de **EQUIVALÊNCIA DE DESEMPENHO**.

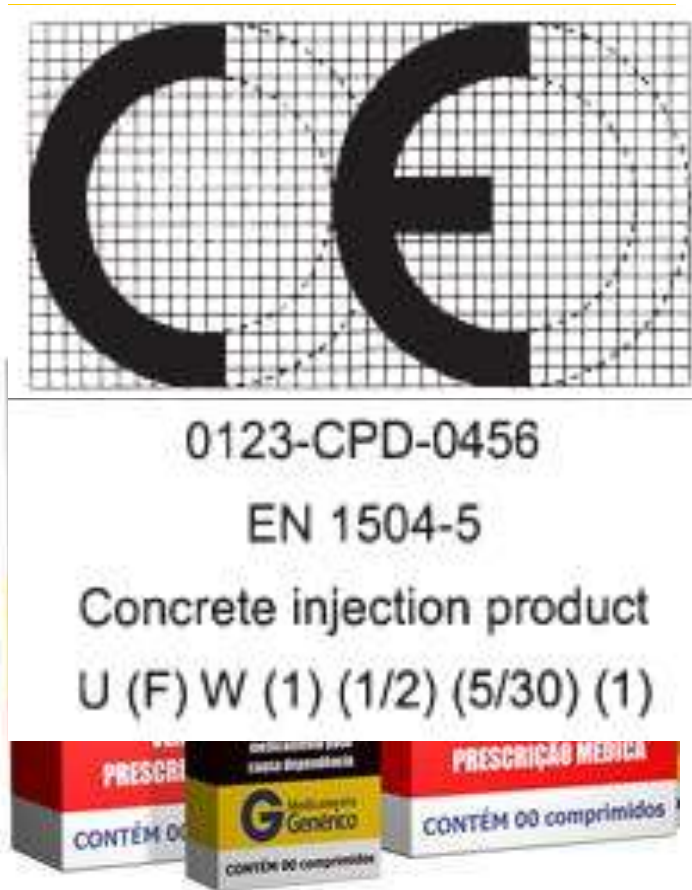
Medicamento **SIMILAR** contém o mesmo **princípio ativo**, na mesma dose e forma, mas **NÃO** são equivalentes em desempenho.

Proteção e reparo de estruturas de concreto?

Produtos e sistemas **GENÉRICOS** (norma EN 1504).



Medicamentos para as Manifestações Patológicas



Produto **CERTIFICADO** CE apresenta o mesmo **desempenho** que a **REFERÊNCIA DA NORMA EN 1504** assegurada por **testes de EQUIVALÊNCIA DE DESEMPENHO**.

A **TABELA DE SIMILARIDADE** de produtos **NÃO** garante a **EQUIVALÊNCIA DE DESEMPENHO**.



Conceitos Fundamentais

EN 1504 – Parte 1
Escopo geral e definições

EN 1504 – Parte 8
Controle de qualidade do **fabricante** do produto

EN 1504 – Parte 10
Controle de qualidade do **aplicador** na obra

ENV 1504
Parte 9
Princípios gerais para o uso de produtos e sistemas

EN 1504 – Parte 2
Sistemas de proteção superficial

EN 1504 – Parte 3
Reparos estruturais e não-estruturais

EN 1504 – Parte 4
Colagem estrutural

EN 1504 – Parte 5
Injeção em concreto

EN 1504 – Parte 6
Ancoragem de barras de armadura

EN 1504 – Parte 7
Proteção contra corrosão de armadura



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”





EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”

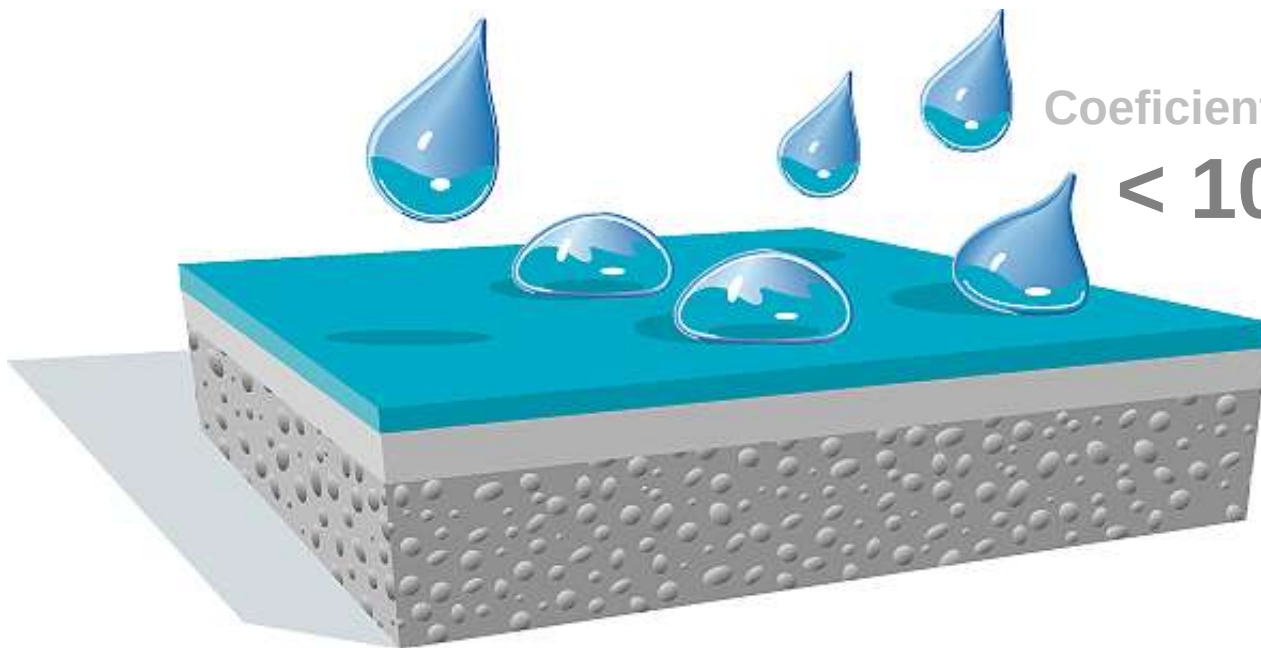
Produtos e sistemas de proteção de concreto que NÃO permitem a penetração de água e agentes agressivos.

EN 1062-3

Coeficiente de absorção capilar

$< 100 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$

$< 10 \text{ g/m}^2/\text{h}^{0,5}$
Cloretos



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”

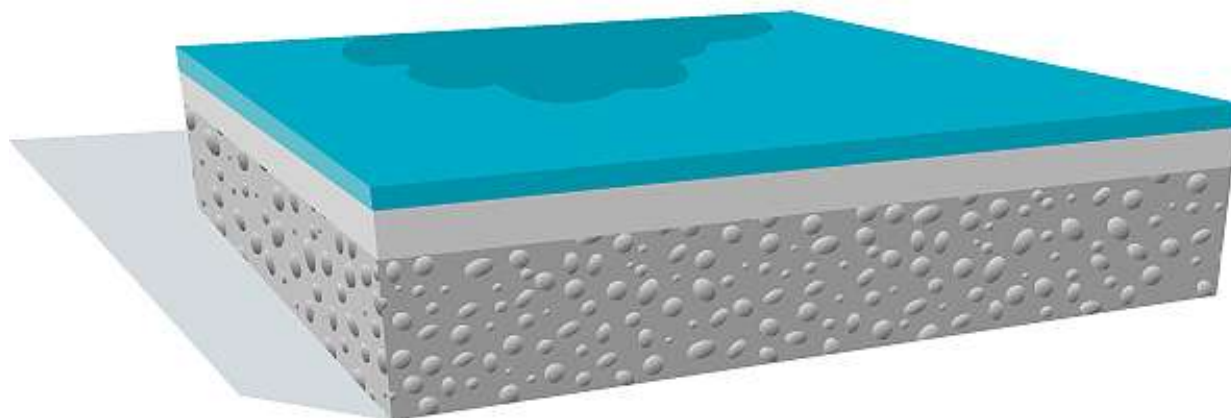
Produtos e sistemas de proteção de concreto que possuam resistência à intempéries e raios UV.



Envelhecimento Artificial
UV e umidade EN 1062-11

> 2.000 horas

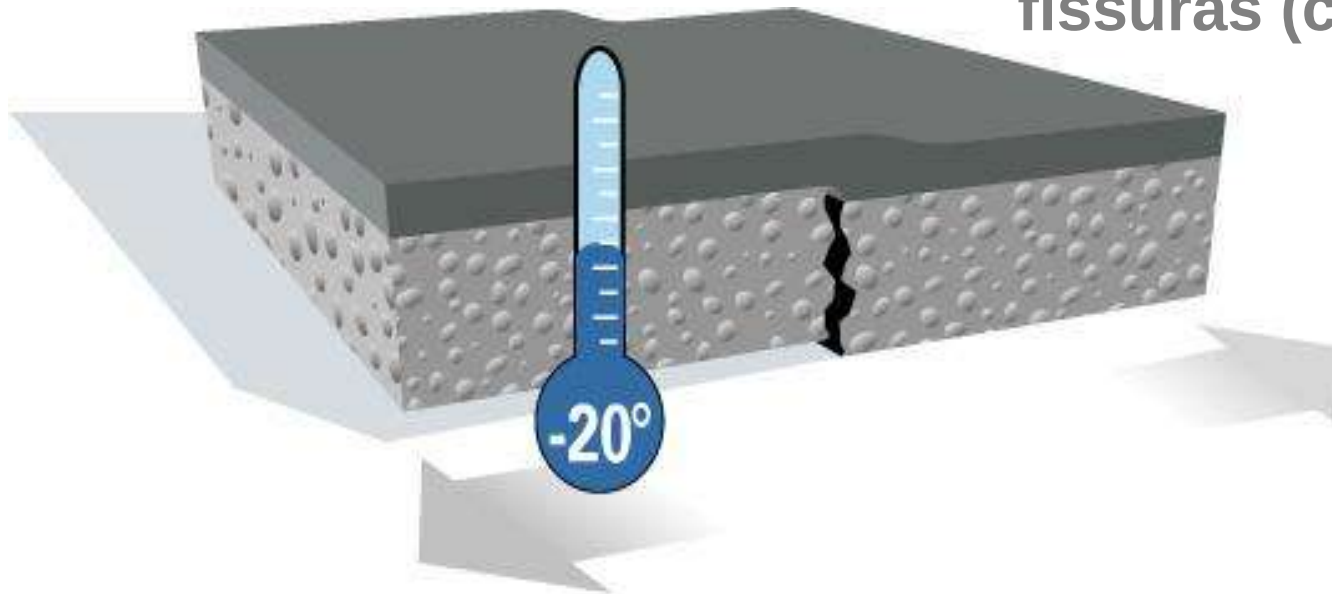
- ☐s/ bolhas
- ☐s/ fissuras
- ☐s/ delaminação



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”

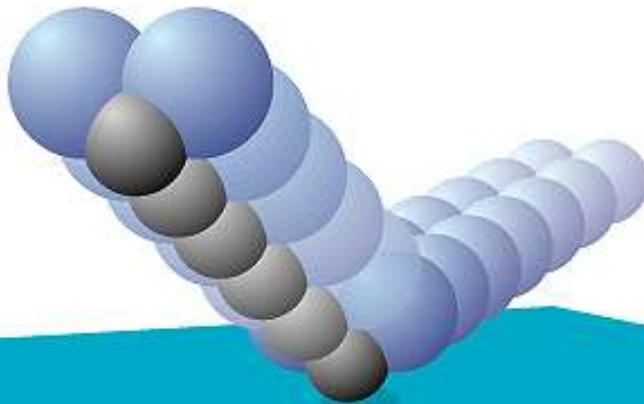
Produtos e sistemas de proteção de concreto que possuam capacidade de “ponteamto” de fissuras (crack-bridging).



Sistemas de proteção que evitam a carbonatação do concreto

Produtos e sistemas de proteção de concreto que **NÃO PERMITEM** a penetração do CO₂.

CO₂



Grande resistência a difusão de CO₂

Classe 3 EN 1062-6

> 50 m

de camada de ar



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”

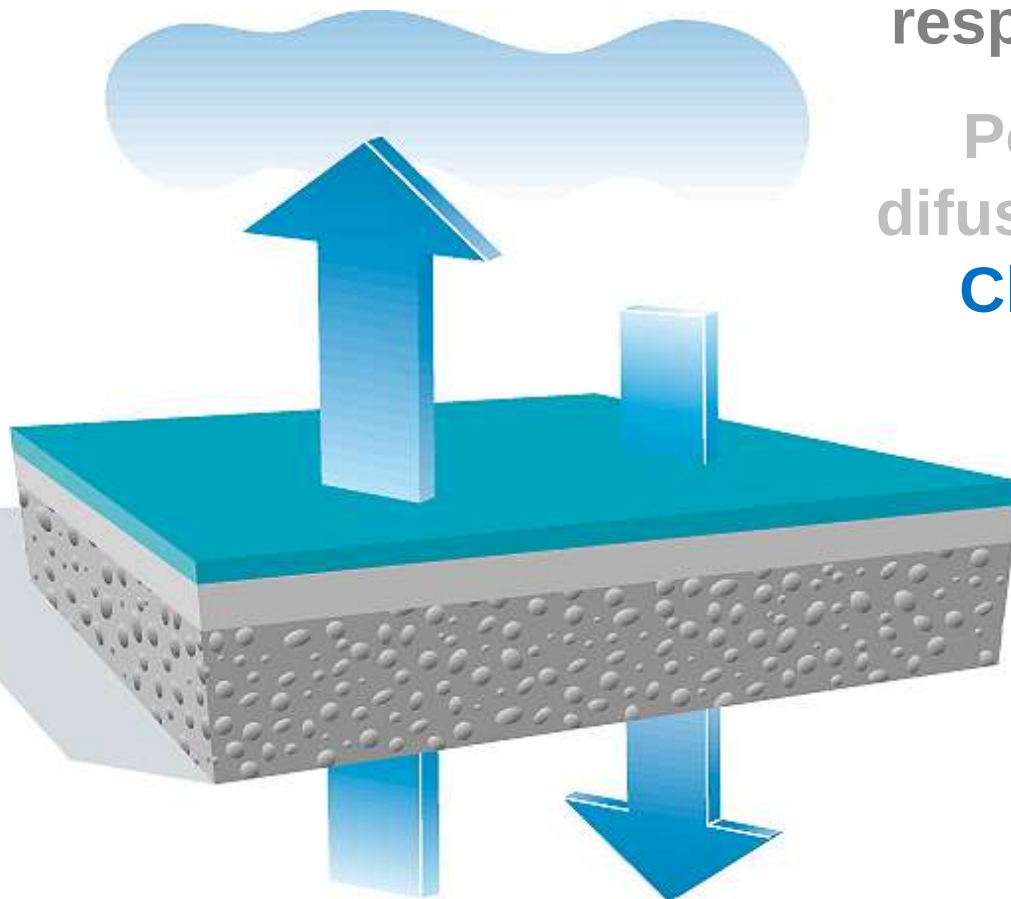
Produtos e sistemas de proteção de concreto que **PERMITEM** a respiração do concreto.

Pouca resistência à difusão de vapor de água

Classe 1 ISO 7783-1

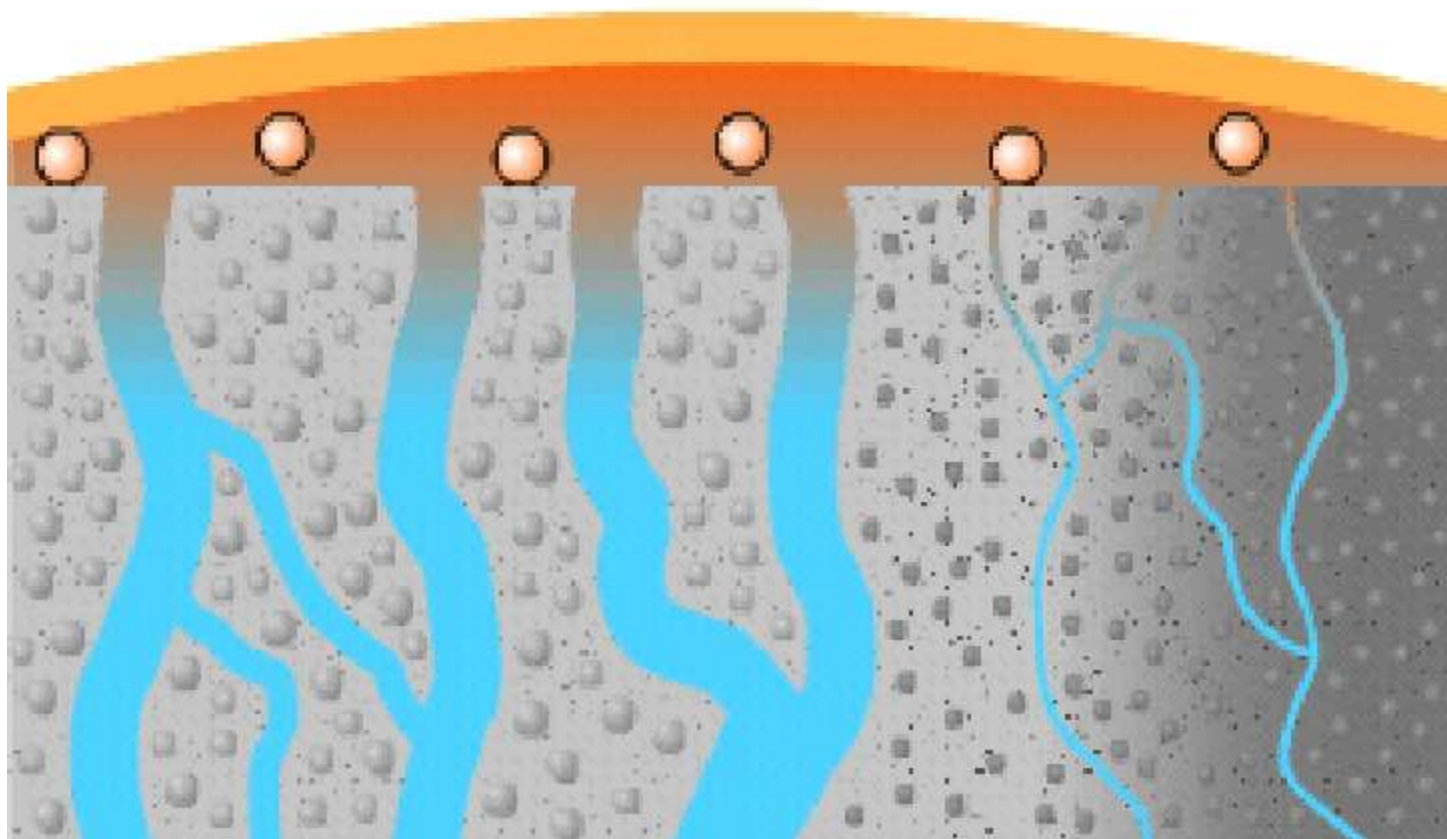
< 5 m

de camada de ar



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”



EN 1504 – Parte 2

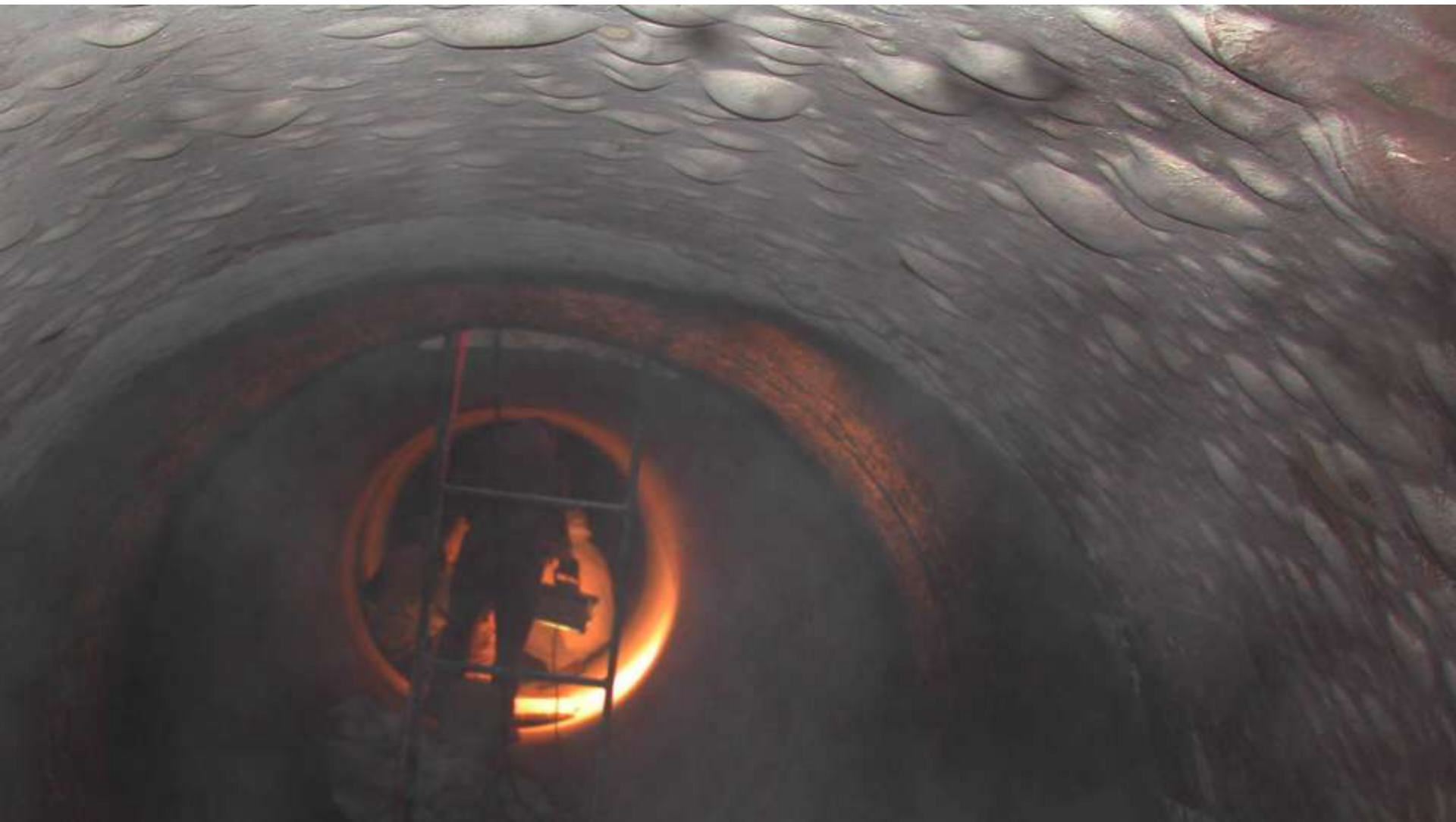
“Sistemas de proteção de superfície”



Bolhas (efeito de osmose)

EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”



EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”



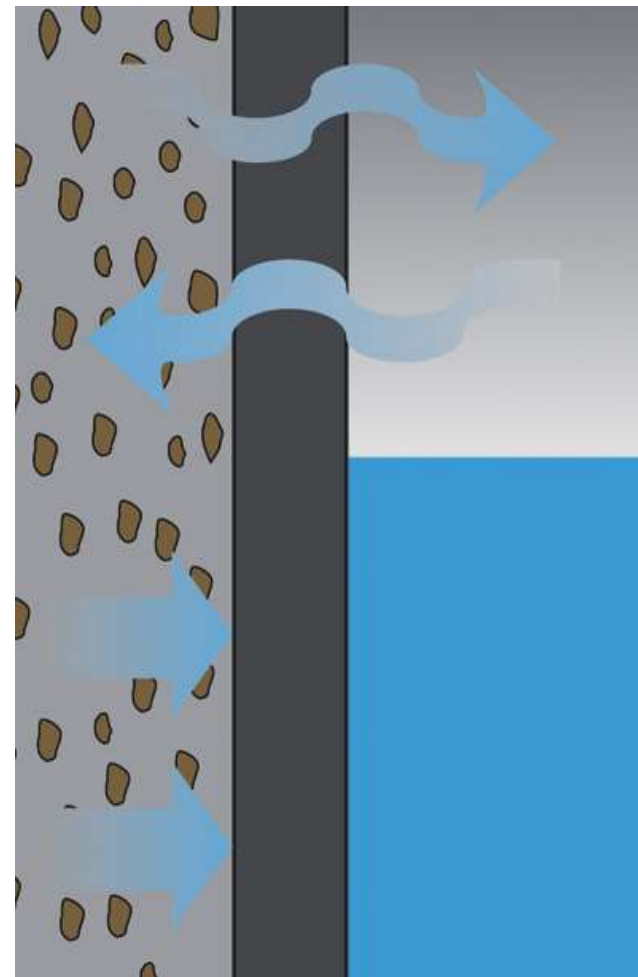
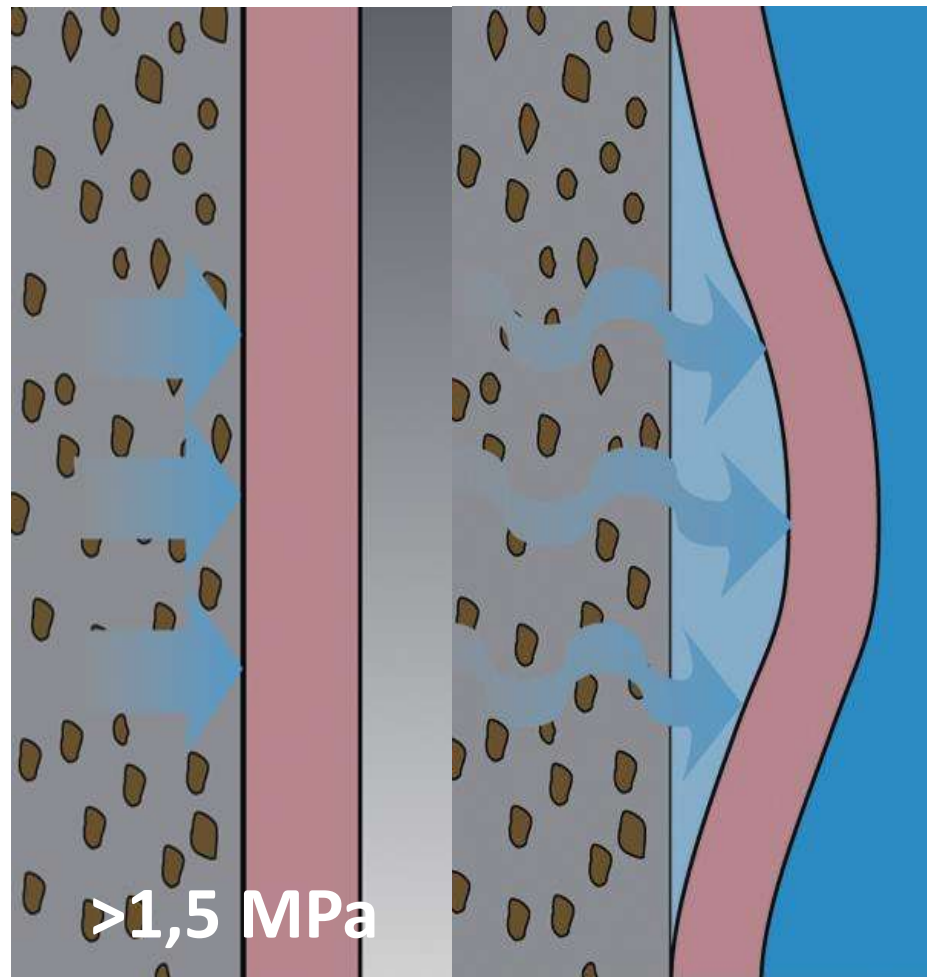
EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”

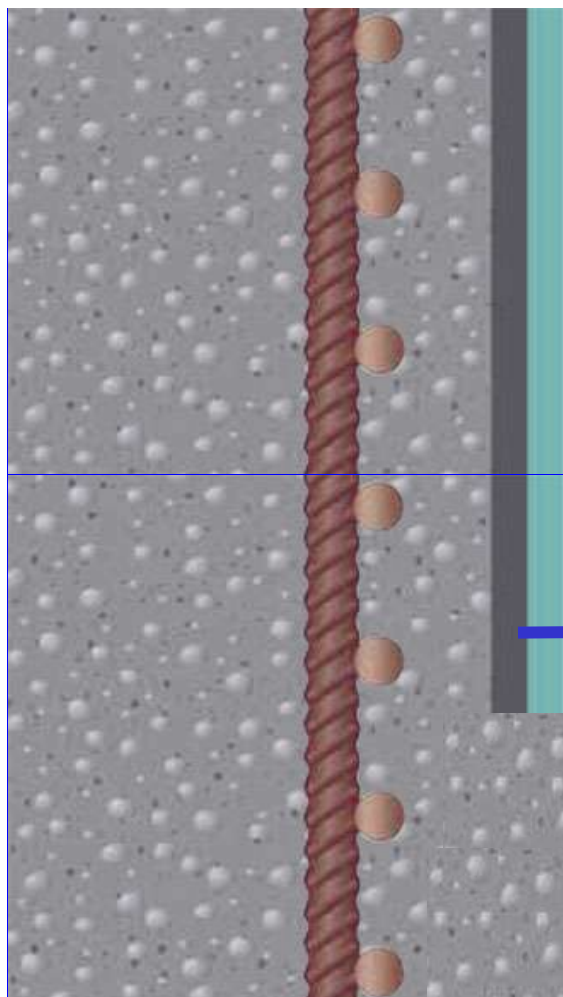


EN 1504 – Parte 2

“Sistemas de proteção de superfície”



Cobrimento equivalente de concreto



Emcephob NanoPerm T

Resistência a CO_2 : $\geq 3.640 \text{ m} > 50 \text{ m}$;

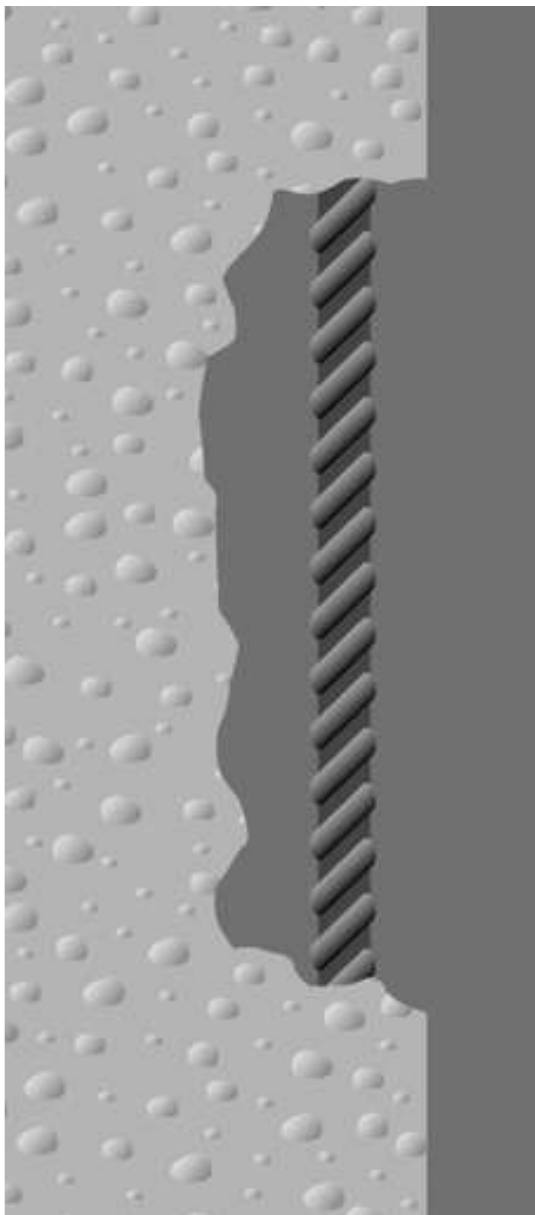
Difusão de vapor : $\leq 0,6 \text{ m} < 5,0 \text{ m}$;

$200 \mu\text{m} = 100 \text{ cm de concreto } a/c=0,7$

Cobrimento de concreto



Cobrimento equivalente de concreto



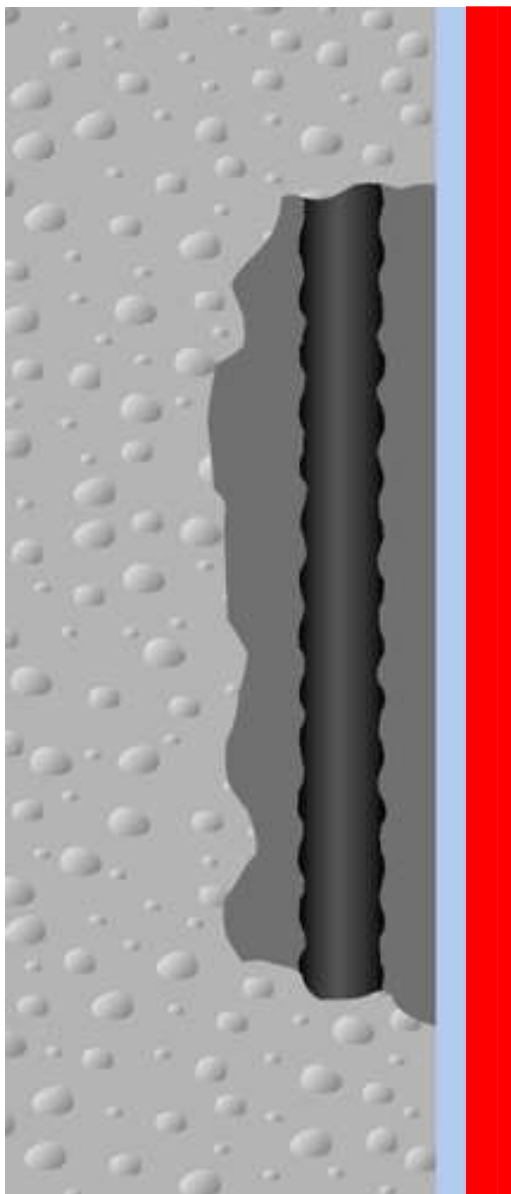
1) Sistema convencional:

Recomposição da
superfície de concreto
pela aplicação de um
cobrimento

“impermeável e
espesso” de acordo com
a norma vigente



Cobrimento equivalente de concreto



2) Últimos avanços:

Aceitação do cobrimento de concreto existente e proteção total da estrutura por um

← “sistema de proteção superficial”

EN 1504 – Parte 3

“Reparos estruturais e não-estruturais”



EN 1504 – Parte 3

“Reparos estruturais e não-estruturais”

Reparos Estruturais		Reparos Não-estruturais	
Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
Resistência à compressão			
≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
Aderência			
≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
Aderência após ciclo térmico			Sem requisitos
≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
Teor de cloretos ≤ 0,05 %			
Módulo de Elasticidade		Sem requisitos	
≥ 20 GPa	≥ 15 GPa		
Resistência à carbonatação		Sem requisitos	
equivalente concreto a/c= 0,45			



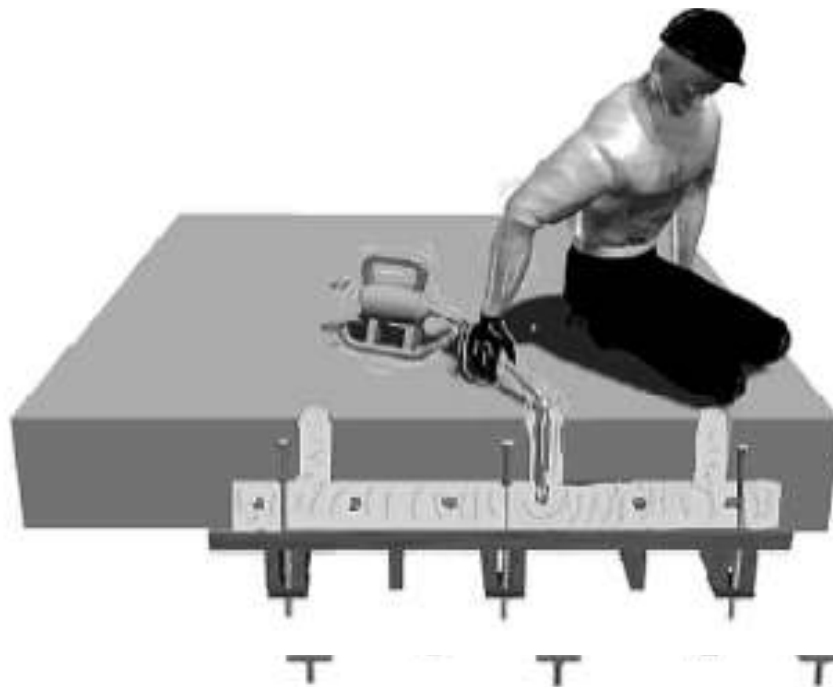
Detalhamento de reparos estruturais ACI-RAP



Detalhamento de reparos estruturais ACI-RAP



Detalhamento de reparos estruturais ACI-RAP

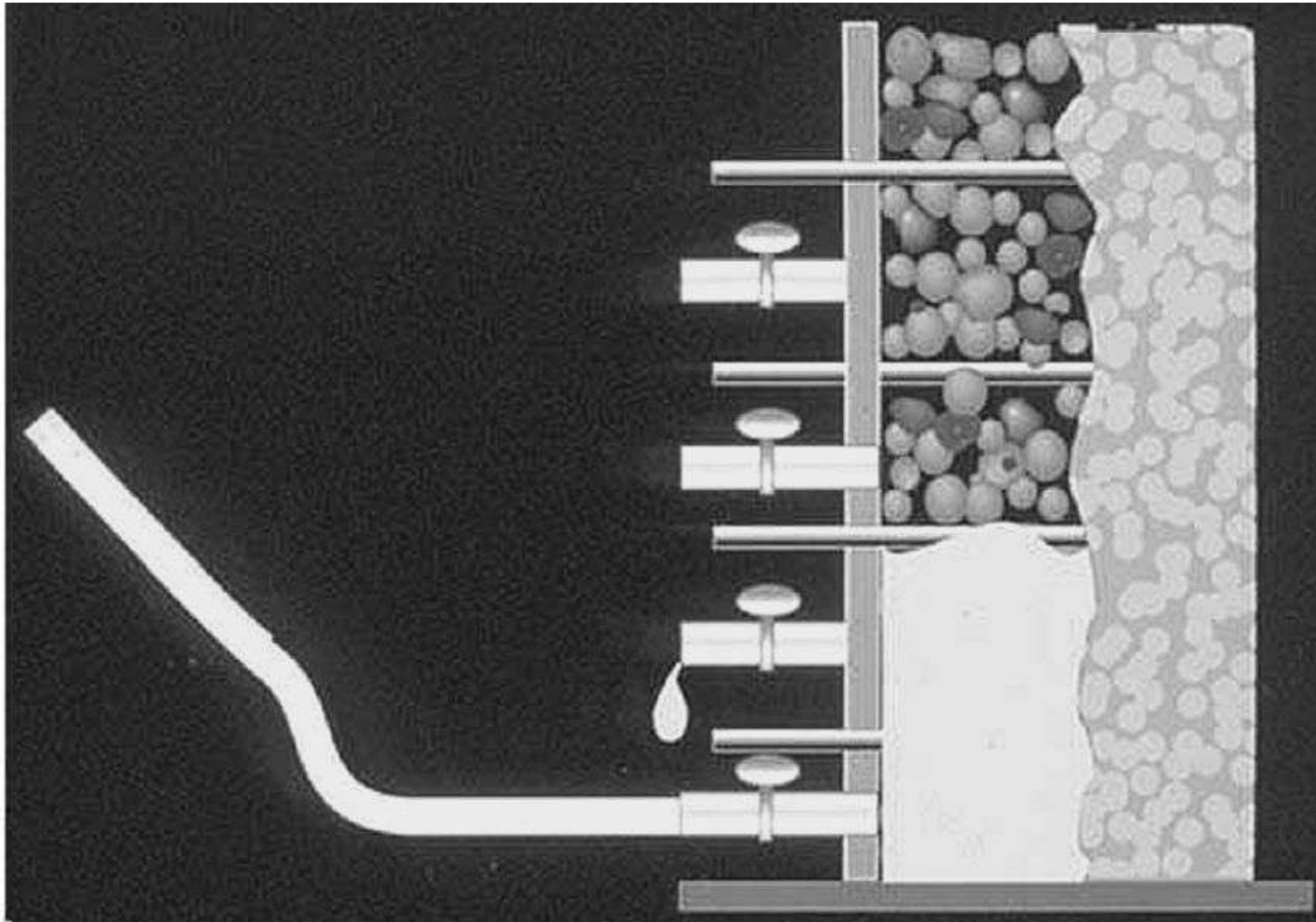


Pencil vibrator is used to consolidate repair material in cavity.

Detalhamento de reparos estruturais ACI-RAP



Detalhamento de reparos estruturais ACI-RAP



Ponte de Aderência – ensaio de arrancamento

NBR-13528/95	SEM Ponte de Aderência	COM Ponte de Aderência
Tensão	1,22 MPa	2,50 MPa

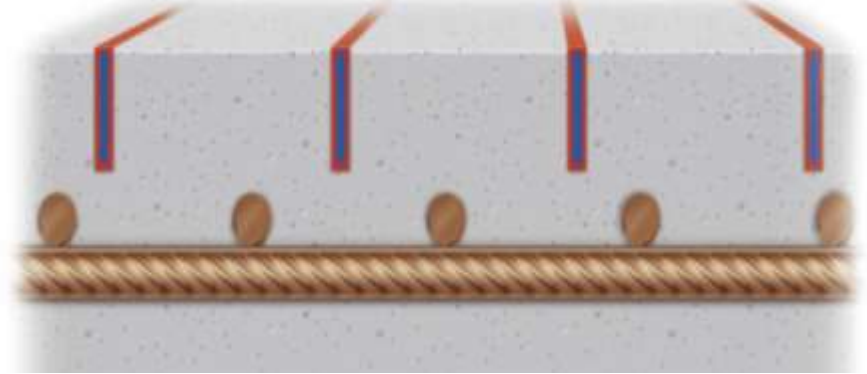
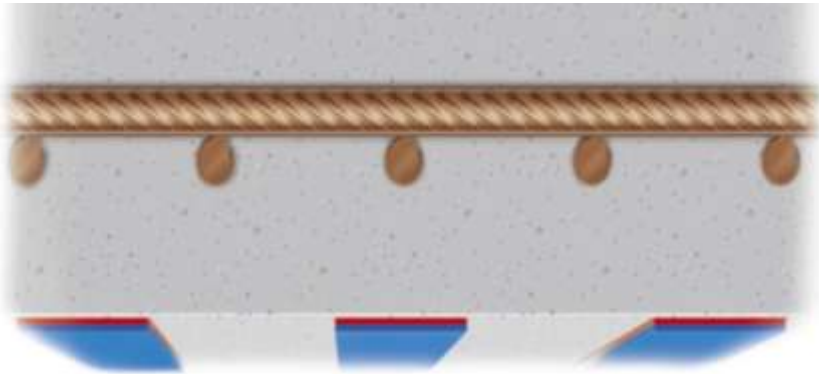


EN 1504 – Parte 4: “Colagem estrutural”



EN 1504 – Parte 4: “Colagem estrutural”

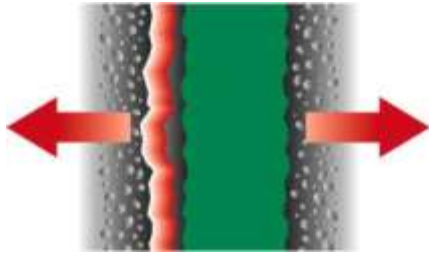
Lâmina de fibra de carbono



EN 1504 – Parte 5: “Injeção em concreto”

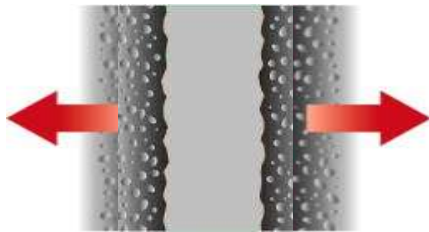


Materiais utilizados nas injeções



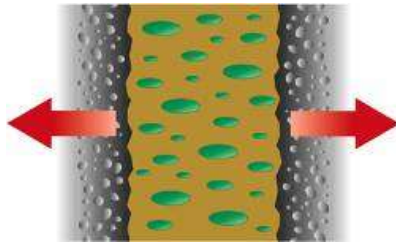
Epóxis

Baixíssima viscosidade
Insensíveis a umidade



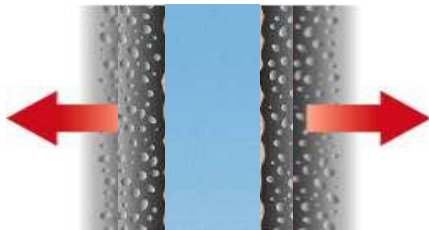
Microcimentos

Suspensões ultrafinas



Poliuretano

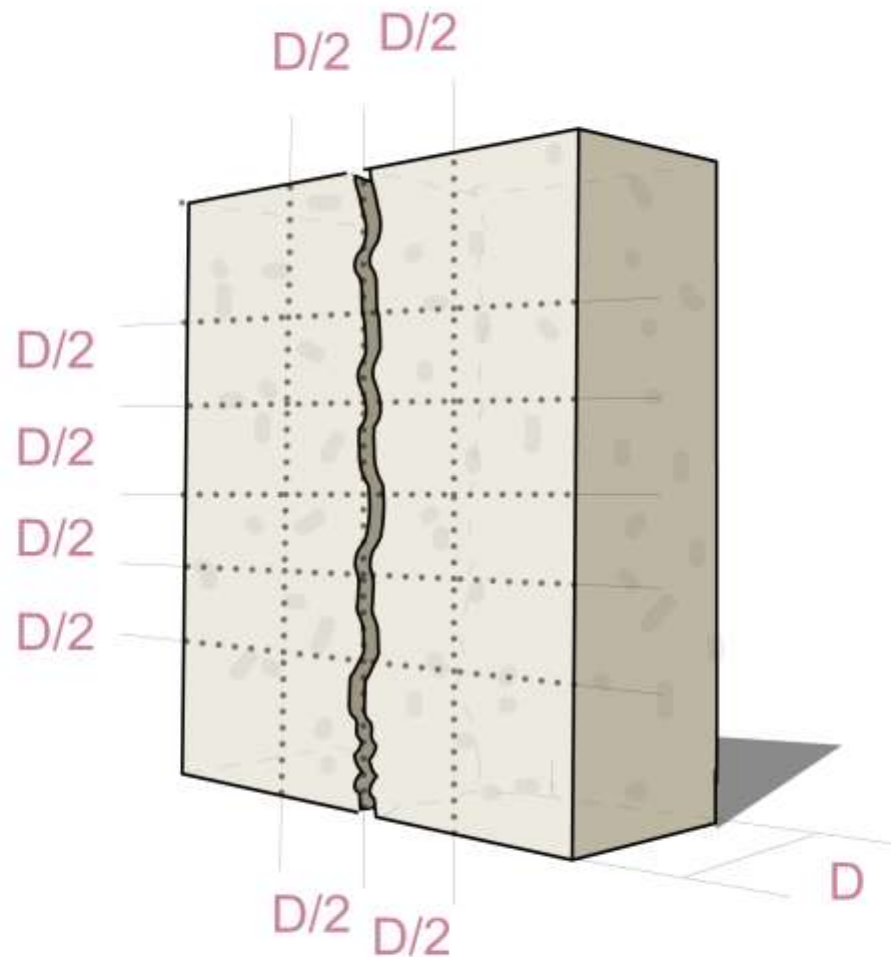
Estrutural (Normal, Longo, Subaquática)
Flexível (Espuma e Gel)



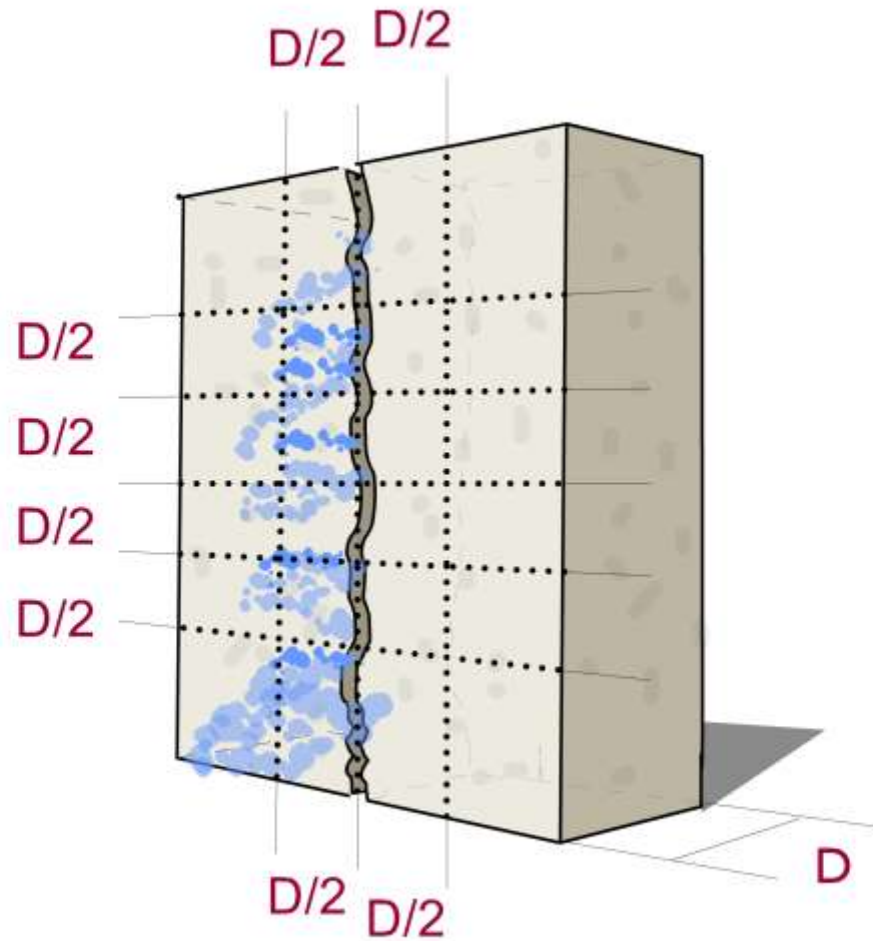
Gel de Acrílico

Hidroestruturado (Água)
Polimérico (Emulsão Acrílica)

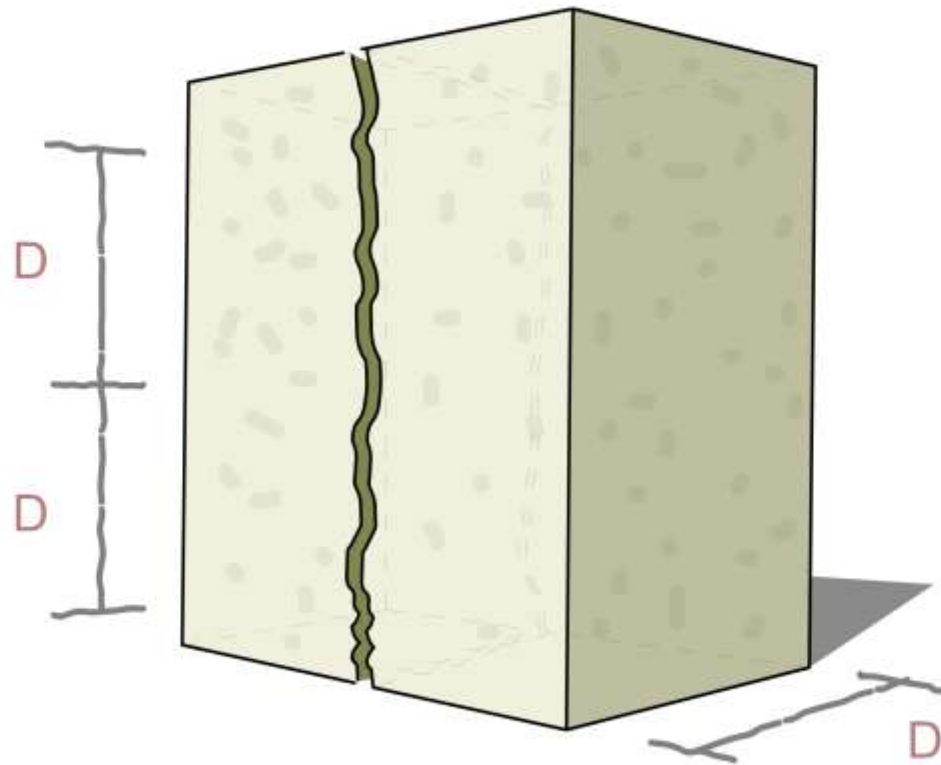
Bicos de perfuração SEM fluxo



Bicos de perfuração COM fluxo



Bicos de adesão SEM fluxo





**Why do we need a
2
Step
Injection ?**





EN 1504 – Parte 6:

“Ancoragem de barras de armadura”



EN 1504 – Parte 6:

“Ancoragem de barras de armadura”

Características de desempenho

Resistência ao arranque

Deslocamento $\leq 0,6$ mm sob carregamento de 75 KN

Teor de cloreto

$\leq 0,05$ %

Temperatura de transição vítrea (T_g)

≥ 45 °C ou 20 °C acima da máxima temperatura ambiente de serviço da estrutura, o que for maior

Fluência sob esforço de tração

Deslocamento $\leq 0,6$ mm após sob carregamento contínuo de 50 KN após 3 meses



EN 1504 – Parte 7:

“Proteção contra corrosão de armadura”



Deslocamento $\leq 0,6$ mm sob
carregamento de 75 kN



EN 1504 – Parte 7:

“Proteção contra corrosão de armadura”

Características de desempenho

Proteção contra a corrosão

O teste é considerado aprovado se as zonas de aço revestidas estiverem livres de corrosão e se a ferrugem nas bordas < 1 mm

Temperatura de transição vítrea (T_g)

No mínimo 10 K acima da máxima temperatura de serviço

Aderência (barra de aço revestido e concreto)

O critério de avaliação é a tensão de aderência no deslocamento de $\Delta = 0,1$ mm. O teste é considerado aprovado se a tensão de aderência determinada com a barra revestida é no mínimo 80 % da tensão referência de aderência em barras não-revestidas

EN 1504 – Parte 7:

“Proteção contra corrosão de armadura”

P2: Controle de umidade no concreto

M2.4 Desumidificação eletroquímica

P7: Restaurar e preservar a passividade da armadura

M7.3 Realcalinização eletroquímica

M7.4 Realcalinização do concreto por difusão

M7.5 Extração eletroquímica de cloretos

P9: Controle das áreas catódicas da armadura

M9.1a Limitação do oxigênio por saturação

M9.1b Limitação do oxigênio com película impermeável



EN 1504 – Parte 7:

“Proteção contra corrosão de armadura”

P10: Proteção catódica da armadura

M10.1a Proteção catódica passiva

M10.1b Proteção catódica ativa

P11: Controle das áreas anódicas da armadura

M11.1 Pintura de pigmentos ativos na armadura*

M11.2 Pintura de camada de isolamento elétrico*

M11.3 Inibidores de corrosão para reparo





*Nova abordagem para
Dimensionamento por Vida Útil de
estruturas de concreto*



Código	ET-4.00.00.00/3J4-001	Rev.	Ø
Emissão	21/03/02	Folha	10 de 17

Emitente

DEPARTAMENTO DE PROJETO CIVIL – PCI

Resp. Técnico - Emitente

Verificação Metrô

3. IMPOSIÇÕES DE PROJETO E EXECUÇÃO

Este capítulo fixa um padrão mínimo exigido da Contratada pelo Metrô de São Paulo para elaboração do Projeto Executivo e Execução dos Revestimentos Definitivos de Poços, Túneis, Estações e estruturas de contenção em concreto projetado das obras metroviárias.

3.1. Vida Útil

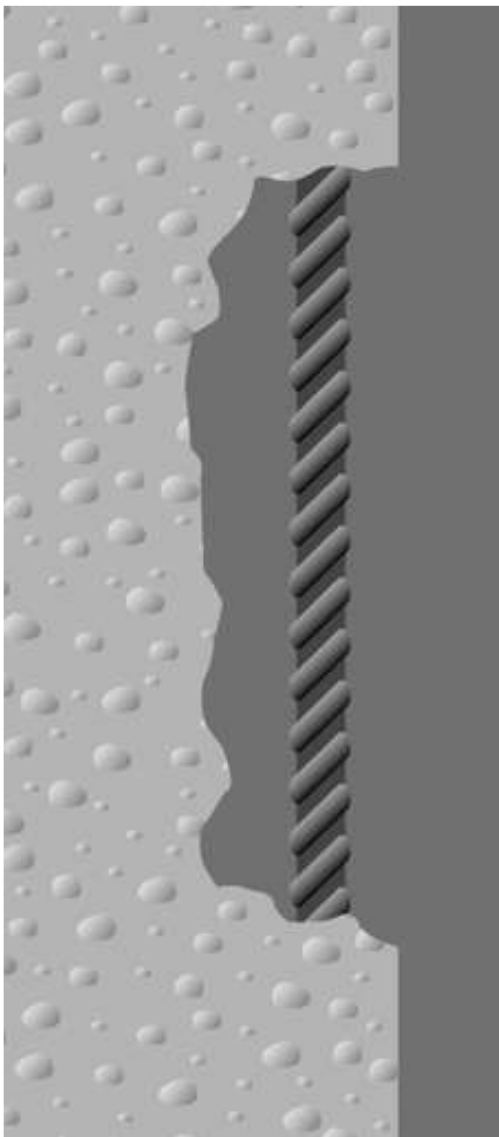
Devem ser tomadas todas as medidas tecnológicas para assegurar vida útil mínima de 100 anos.

assegurar vida útil mínima de 100 anos.

Vida útil no método probabilístico de dimensionamento de estruturas

- Permite o dimensionamento de estruturas de concreto armado a partir do **Nº de Anos de Vida Útil** e o **Nível de Risco de Falha** definido pelo Cliente;
- O resultado do projeto é uma probabilidade de falha baseado em equações de **Estado Limite de Utilização (ELU)** da estrutura e equações do **Mecanismo de Degradação** preponderante.

Durabilidade: Cobrimento nominal de concreto

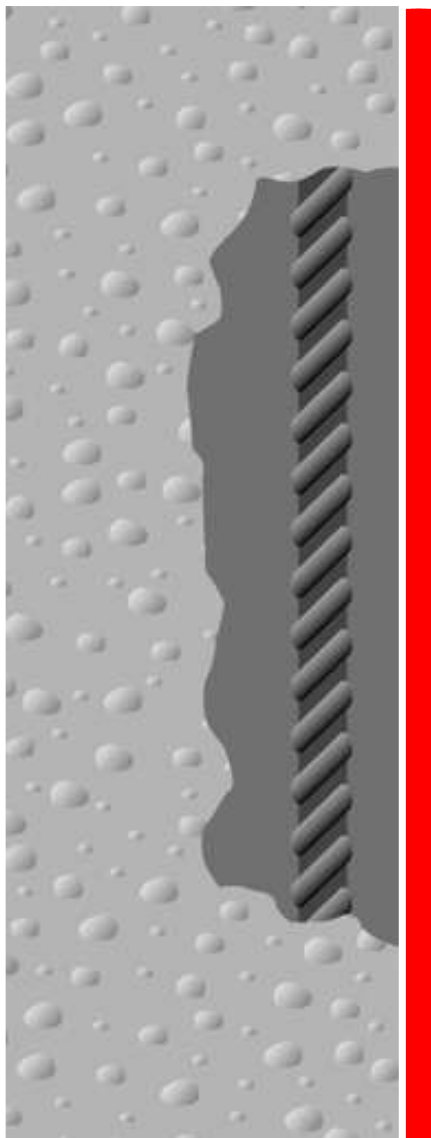


Sistema CONVENCIONAL:

Aplicação de um cobrimento de concreto **impermeável e espesso** de acordo com a **Tabela 7.1 e 7.2** da norma NBR 6118:2003

Concreto Armado	Classe de Agressividade Ambiental			
	I	II	III	IV
	cobrimento nominal (mm)			
Laje	20	25	35	45
Viga / Pilar	25	30	40	50

Durabilidade: Proteção superficial de concreto

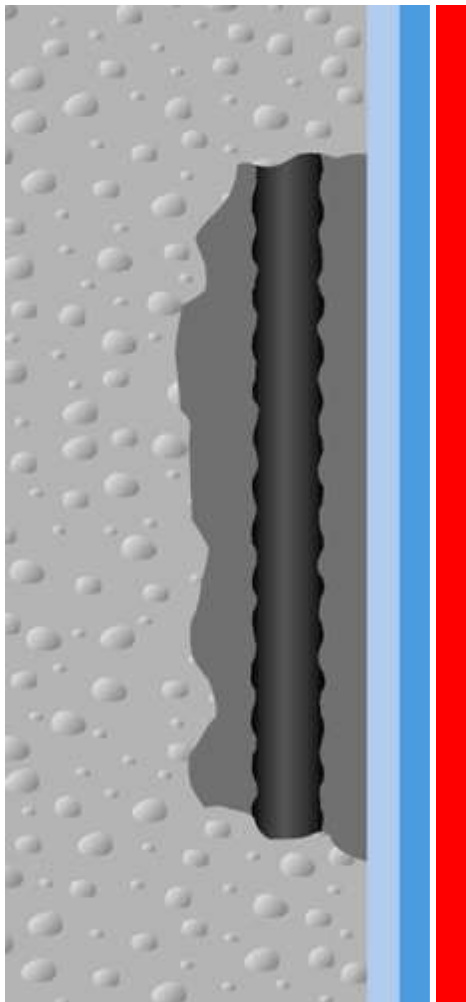


Últimos AVANÇOS:

Aceitação do cobrimento existente
+ uma proteção superficial de
acordo com o **Parágrafo 7.4.2** da
norma NBR 6118:2003

*Ensaaios comprobatórios de
desempenho da durabilidade da
estrutura frente ao tipo e nível de
agressividade previsto*

Cobrimento equivalente de concreto

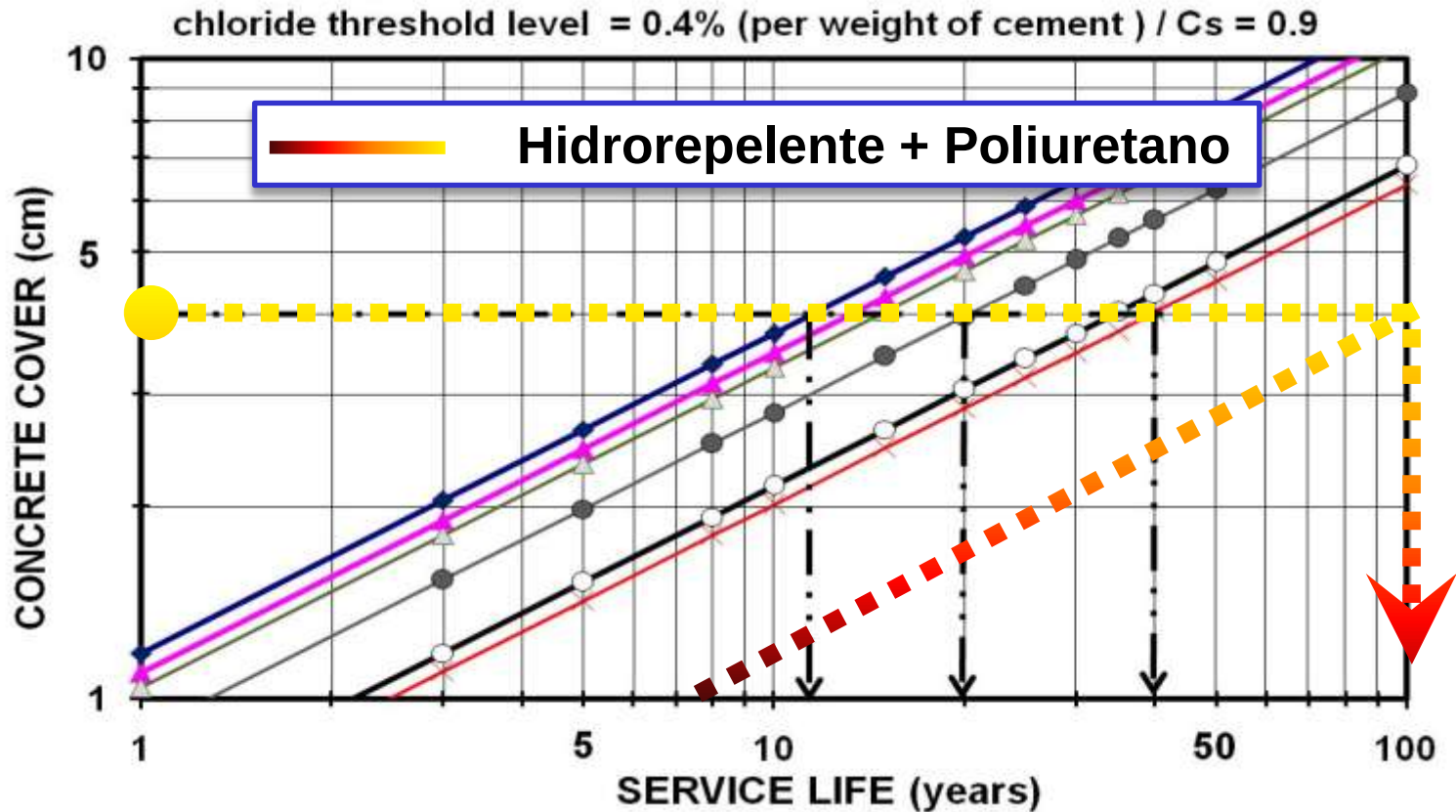


2) Últimos avanços:

Aceitação do cobrimento de concreto existente e proteção total da estrutura por um sistema de proteção superficial

Previsão da Vida Útil das Obras Marítimas

Prof. Marcelo Medeiros e Paulo Helene



◆ Reference (without treatment)

◆ Water repellent (silane/siloxane)

▲ Coating (Acrylic)

○ Double system (silane/siloxane + acrylic)

× Coating (Polyurethane)

● Sodium silicate



A Lei de Murphy

Nível de Risco de Falha

- ***“Se alguma coisa pode dar errado, vai dar errado” (1949)***

Cap. Edward A. Murphy - Força Aérea dos EUA

- Na Engenharia os problemas patológicos envolvem fenômenos naturais que são inerentemente ALEATÓRIOS, sendo necessário definir uma PROBABILIDADE DE FALHAS para as SOLUÇÕES que devem ter **ROBUSTEZ** para evitar **COLAPSOS PROGRESSIVOS**



Dimensionamento considerando o Colapso Progressivo - Robustez



Colapso Progressivo - Robustez



Colapso Progressivo - Robustez



Colapso Progressivo - Robustez



Colapso Progressivo - Robustez



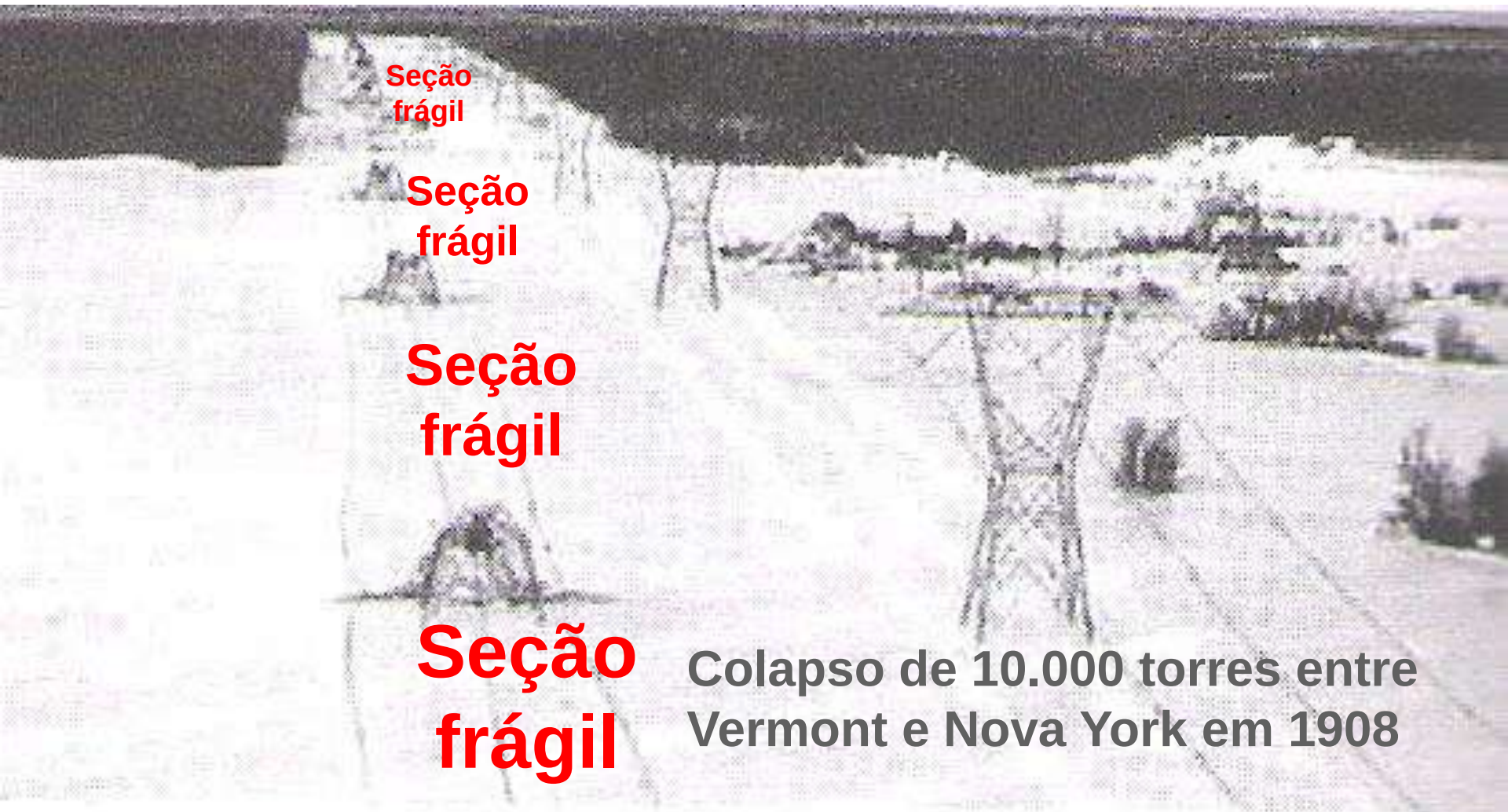
Colapso Progressivo - Robustez



Colapso Progressivo - Robustez



Dimensionamento considerando o Colapso Progressivo - Robustez



Seção
frágil

Seção
frágil

Seção
frágil

Seção
frágil

Colapso de 10.000 torres entre
Vermont e Nova York em 1908

Dimensionamento considerando o Colapso Progressivo - Segmentação



Seção
frágil

Seção
frágil

Colapso do terminal do
Aeroporto Charles de Gaulle

Dimensionamento considerando o Colapso Progressivo - Segmentação



**Seção
frágil**

**Seção
engastada**

**Colapso de anel exterior do
Pentágono 11 de Setembro**

Dimensionamento considerando o Colapso Progressivo - WTC







Obrigado!

Eng Emilio Minoru Takagi

emilio.takagi@mc-bauchemie.com.br

Celular: (11) 8263-1570

Nextel (11) 7720-7448

*ID Nextel 100*110660*

