



15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização 2018

04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil

A IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Paulo Helene
PhD Engenharia

Realização:



Instituto de
Impermeabilização

1

Conceitos

As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto VUP:

- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Resistir incêndio
- ✓ Duráveis
- ✓ Bonitas
- ✓ Sustentáveis

2

Conceitos

As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto VUP:

- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Resistir incêndio
- ✓ **Duráveis**
- ✓ **Bonitas**
- ✓ Sustentáveis

3



4



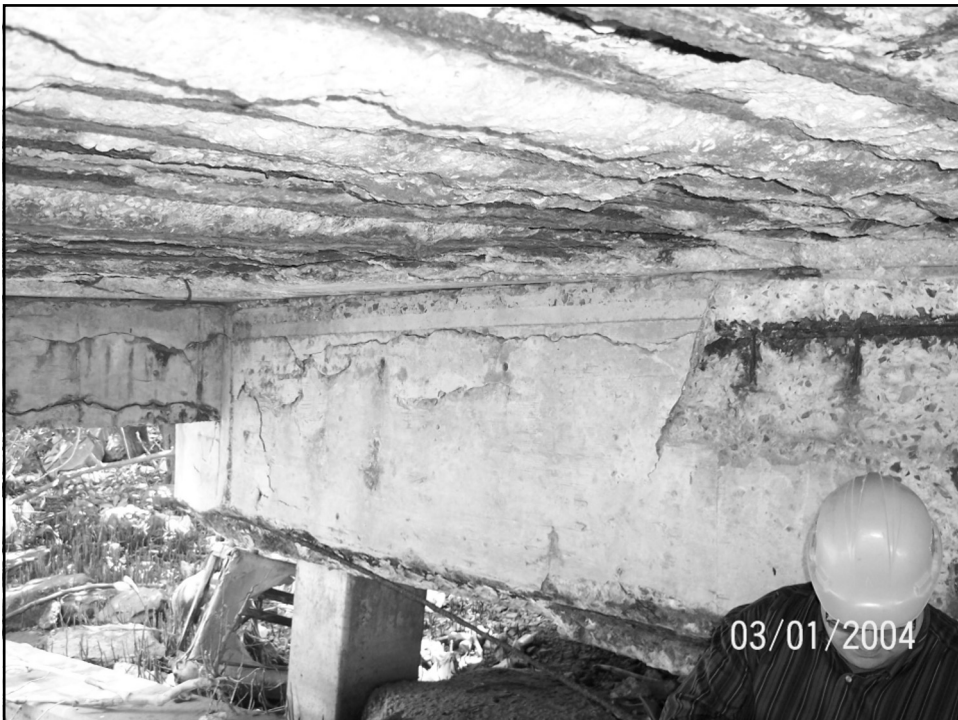
5



6



7



8



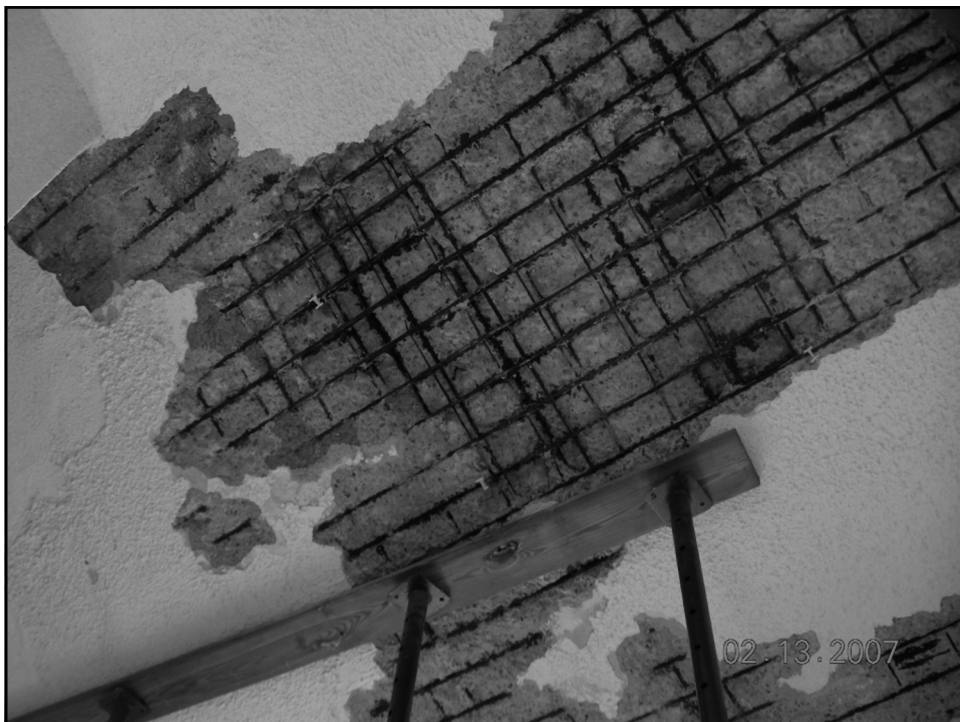
9



10



11



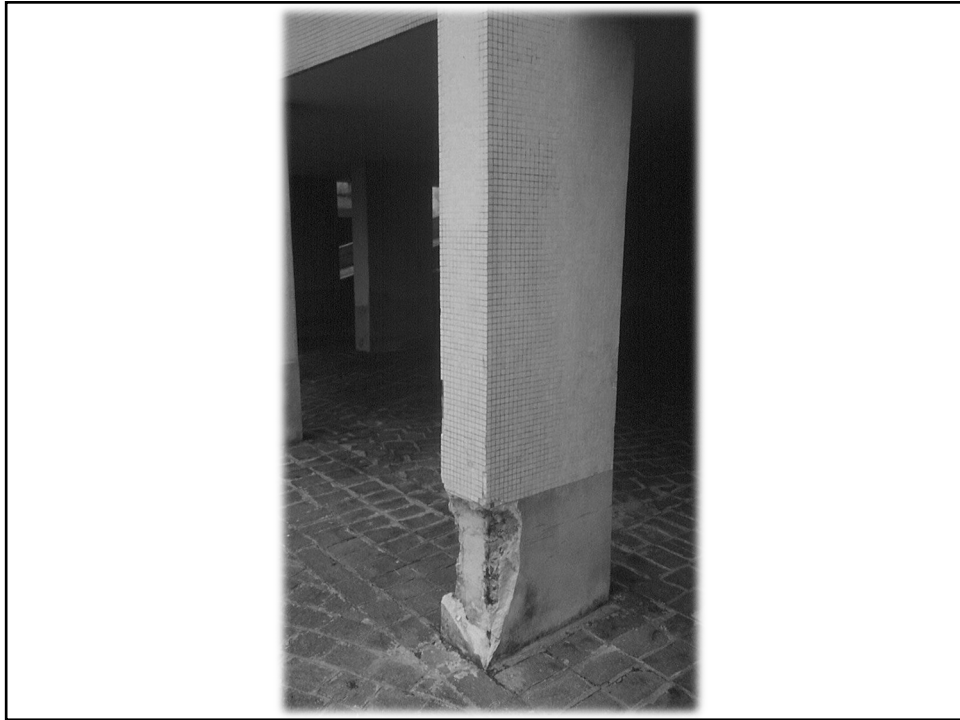
12



13



14



15



16



17



18



19



20

- a) prever drenagem eficiente (*o problema é a água*);
- b) evitar formas arquitetônicas e estruturais inadequadas;
- c) garantir concreto de qualidade apropriada, particularmente nas regiões superficiais dos elementos estruturais;
- d) garantir cobrimentos de concreto apropriados para proteção às armaduras;
- e) controlar a fissuração das peças;
- f) prever revestimentos protetores (*impermeabilização*); e
- g) definir um plano de inspeção e manutenção preventiva.

21

Estruturas de Concreto

Conceitos

- ✓ **Envelhecimento natural** *previsto; não incomoda*
- ✓ **Envelhecimento precoce** *não previsto; caro*
- ✓ **Durabilidade em uso** *manutenção*
- ✓ **Projeto de manutenção** *saber fazer e bem realizar*

22

Mecanismos de Deterioração e Envelhecimento

Aço / Armadura

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

Concreto

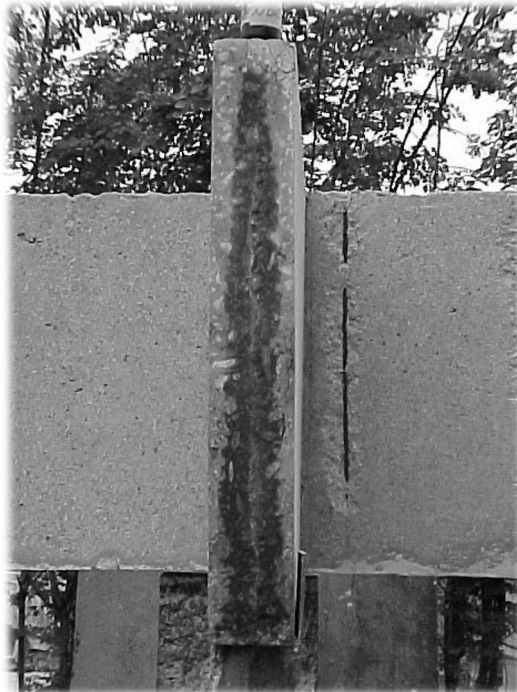
- ✓ lixiviação → água, chuva ácida e ácidos
- ✓ expansão → sulfatos e AAR
- ✓ intemperismo → fungos, fuligem

Estrutura

- ✓ Fissuras, deformações, ações mecânicas, movimentos térmicos, impactos, ações cíclicas, retração, fluência, relaxação, ...

23

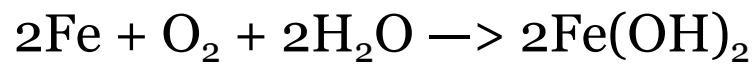
**Aço →
Corrosão
por
carbonatação
Grelha da Civil
demolida**



24

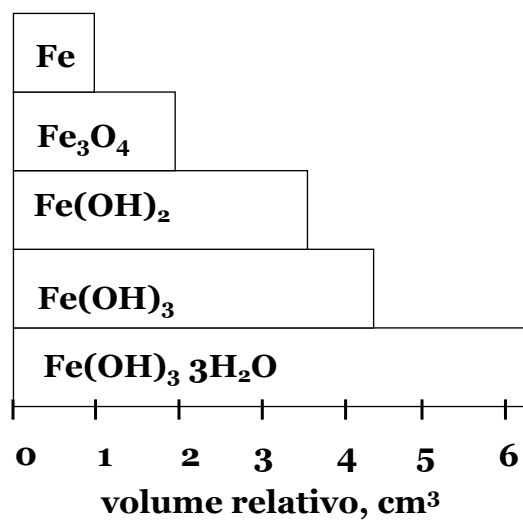
CORROSÃO DE ARMADURAS

- Condições para ocorrência no concreto
- Oxigênio + “água” → “ferrugem”



25

Produtos da Corrosão

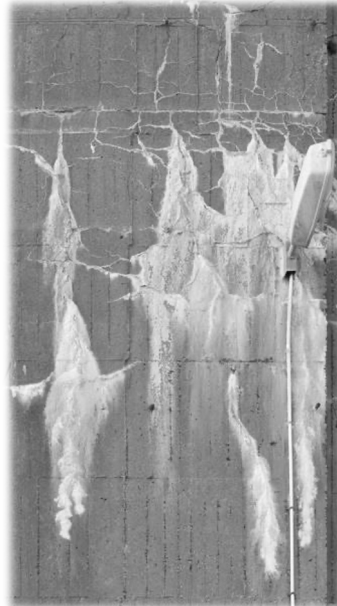


26

Concreto

✓ **lixiviação**

Percolação ou movimento da água nos poros do concreto carreando substâncias solúveis, principalmente o Ca(OH)_2



27

Concreto → *Lixiviação* (água de chuva)



Cobertura do Prédio da FAU-USP



Edifício da Engenharia Civil POLI.USP

28

Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado AAR

Manifestação:

- Fissuras mapeadas;
- Presença de gel



29



30



31



32



33



34

Concreto

✓ intemperismo → fungos

Fatores decisivos que influenciam o surgimento e a proliferação dos fungos

Fator de influência	Parâmetros	Unid.	Intervalo para o crescimento		Comentários
			Mínimo	Máximo	
Temperatura	Temperatura superficial da parede	°C	-8	60	Depende da espécie de fungo e da fase de desenvolvimento (germinação de esporos ou crescimento de micélios)
Umidade	Umidade relativa próximo à superfície	%	70*	100	Os nutrientes podem ser encontrados em acúmulos de sujeira
Substrato	Nutrientes e teor de sal	-	-	-	O pH também depende da umidade relativa e da temperatura do ar e é influenciado pelos fungos.
Ambiente	pH na superfície	-	2	11	Depende da temperatura e umidade
Tempo	Quantidade de horas por dia	h/d	1	-	Sempre presente
Atmosfera	Quantidade de oxigênio	%	0,25	-	

Fonte: modificado de Sedlbauer (2001).

Nota: *Há um tipo de fungo conhecido (*Xeromyces*) cujo crescimento pode ocorrer a partir de uma umidade relativa de 45%.

<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n4/02.pdf>

35



36

Concreto → *intemperismo*
fungos, poeira, fuligem



37



Lina Bo Bardi

MASP Museu de Arte São Paulo 1968

38

Normalização

ISO 16204:2012 Durability - Service life design of concrete structures
Estabelece 4 alternativas para verificar VUP:

The avoidance-of-deterioration method. *Método baseado na proteção da estrutura, impedindo o contato com o meio agressivo*

IMPERMEABILIZAÇÃO

39

**qual o significado de
impermeabilização ?**

40

existe material impermeável à
água e aos gases?



*parede de 0,5 mm, selado, vidro comum =
480 anos para descer 10 mm*

41

...então todos os produtos e
sistemas dito
“impermeáveis” são, na
verdade, permeáveis ?

42

...sim e muitos deles com permeabilidade inferior à de uma parede de concreto.

43

comparativo com água

Pintura acrílica →	8cm 20MPa e 2cm 50MPa
Poliuretano →	25cm 20MPa e 4cm 50MPa
Epóxi →	30cm 20MPa e 5cm 50MPa
Poliuréia →	35cm 20MPa e 7cm de 50MPa
Manta PVC →	28cm 20MPa e 4cm 50MPa
Manta betume →	10cm 20MPa e 2cm 50MPa

44

ABNT NBR 12655

Tabela 3 – Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água, por exemplo, em caixas d'água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,45	40

45

ABNT NBR 12655

Tabela 4 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO_4) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO_4) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO_4 seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

46

... então porque com
concreto armado e
protendido em geral
nunca funciona ?

47

Reservatórios de água

Piscinas

Coberturas

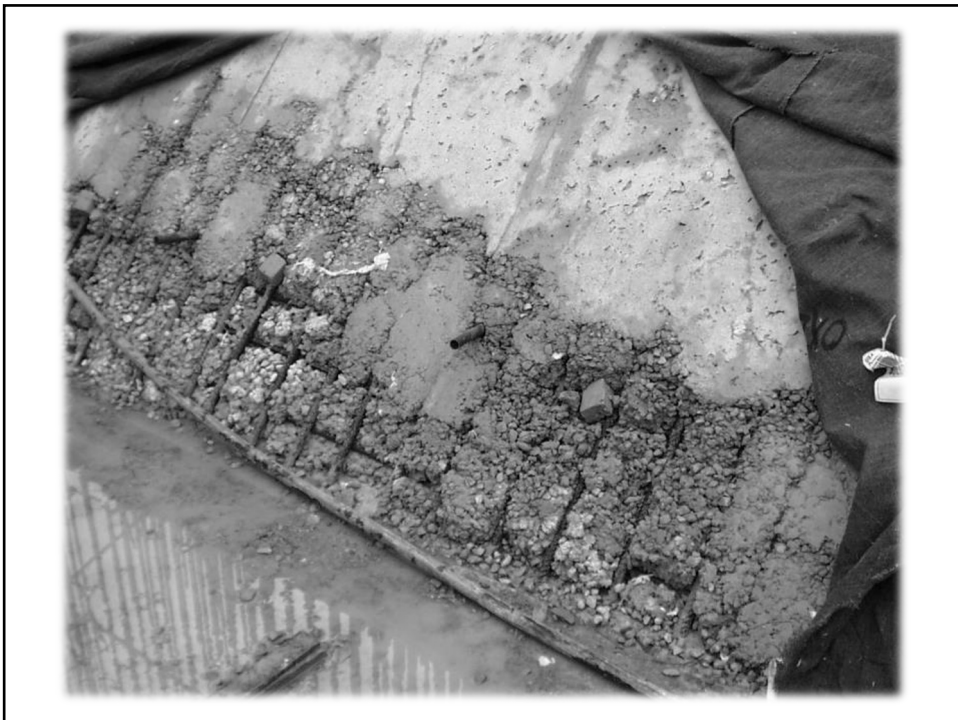
Pontes

Túneis

48



49



50



51



52

Reservatórios de água

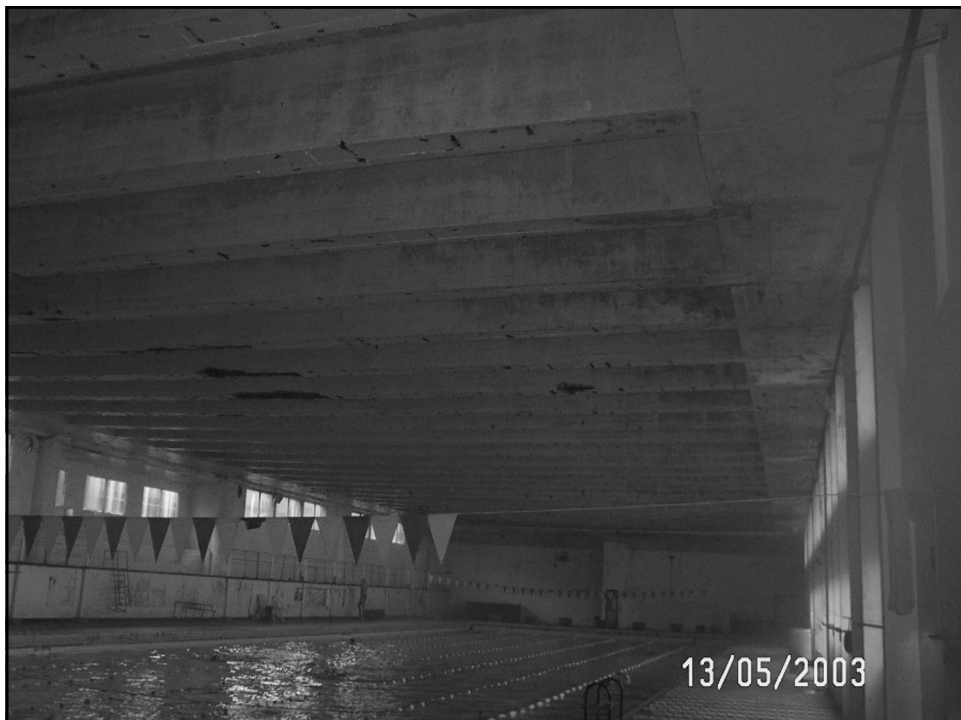
Piscinas

Coberturas

Pontes

Túneis

53



54



55

Reservatórios de água

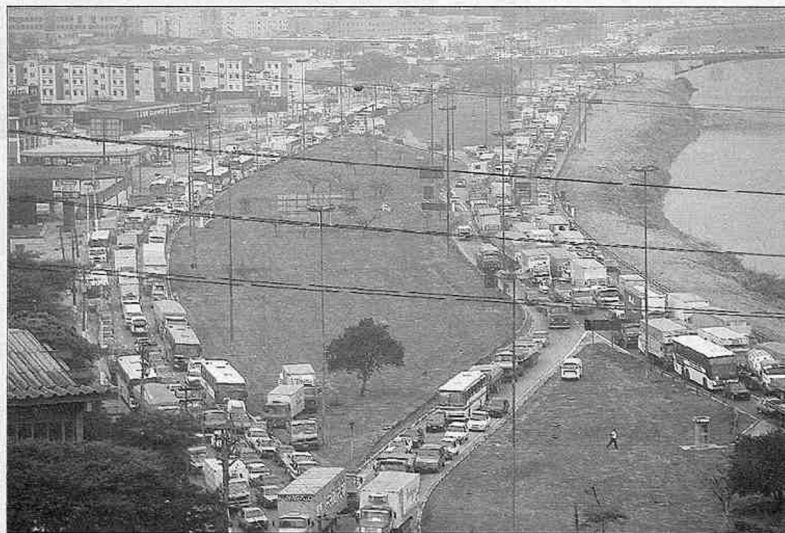
Piscinas

Coberturas

Pontes

Túneis

56



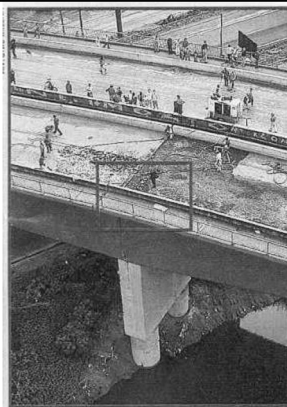
ANTONIO ABILENA

O descaso estrangula São Paulo

Há mais de um ano a prefeitura soube que a Ponte dos Remédios estava com problemas em sua estrutura. Não a consertou, mas avisou o DER, que também não fez nada. Quando a ponte deu sinais de que poderia ruir, na semana passada, a Marginal Tietê foi interditada e instalou-se o caos na cidade inteira.

Pág. 12

57



A Ponte dos Remédios, com seus 360 metros, foi construída, em 1970, com tecnologia inovadora, a do concreto protendido. Na semana passada, depois de quase três décadas sem a manutenção do governo estadual ou da prefeitura e recebendo a carga pesada de caminhões rumo à Ceagesp, ela começou a rachar como um biscoito. A Marginal do Tietê foi interditada para que o movimento dos carros não aumentasse as fissuras. Uma das vigas de sustentação teve dez dos 44 cabos rompidos em três pontos distintos. Estavam oxidados pela infiltração de água das chuvas em microfissuras da parede. Na maior parte das fendas havia espaço suficiente para deixar passar as pernas de um garoto de 12 anos



FOTOS: MANOEL LOPES JUNIOR/ODIA IMAGEM

58



Concreto → *Lixiviação (água)*

59



PROBLEMA
quase insolúvel

ESTANQUEIDADE!

60

**impermeabilidade do concreto
versus
estanqueidade da estrutura**



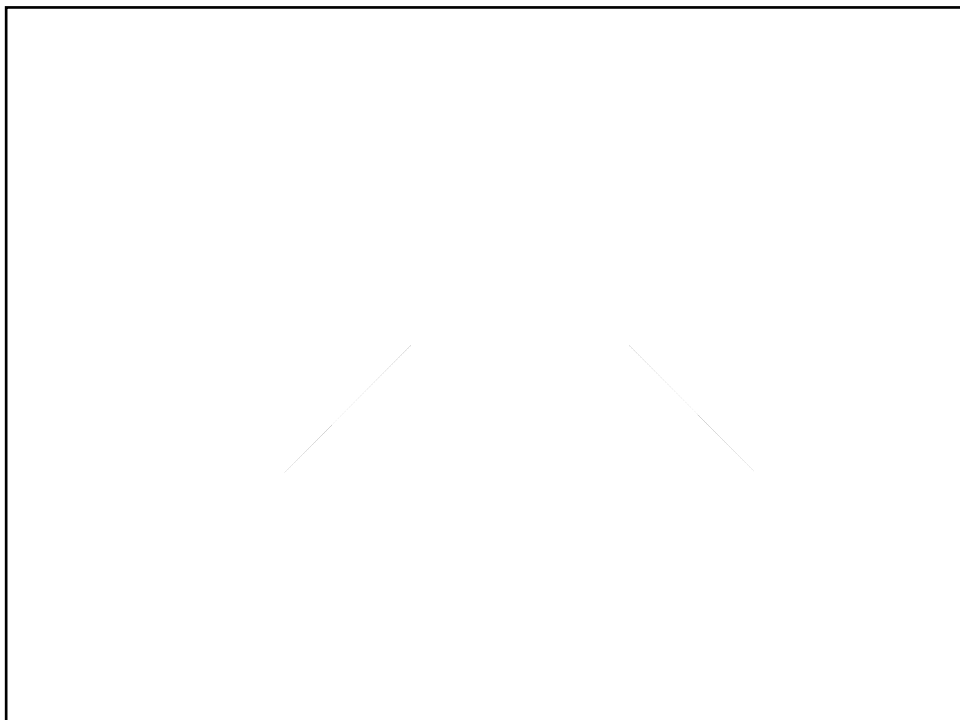
61



62

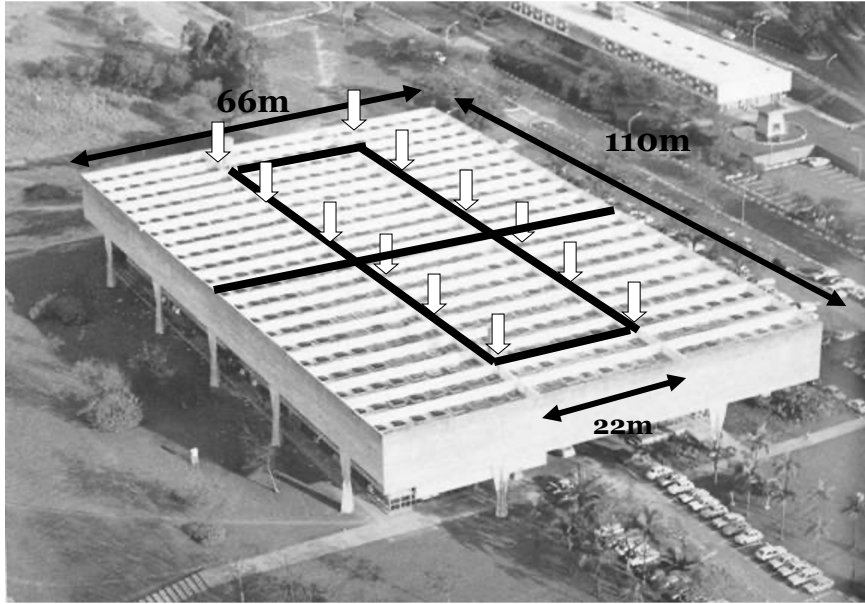


63



64

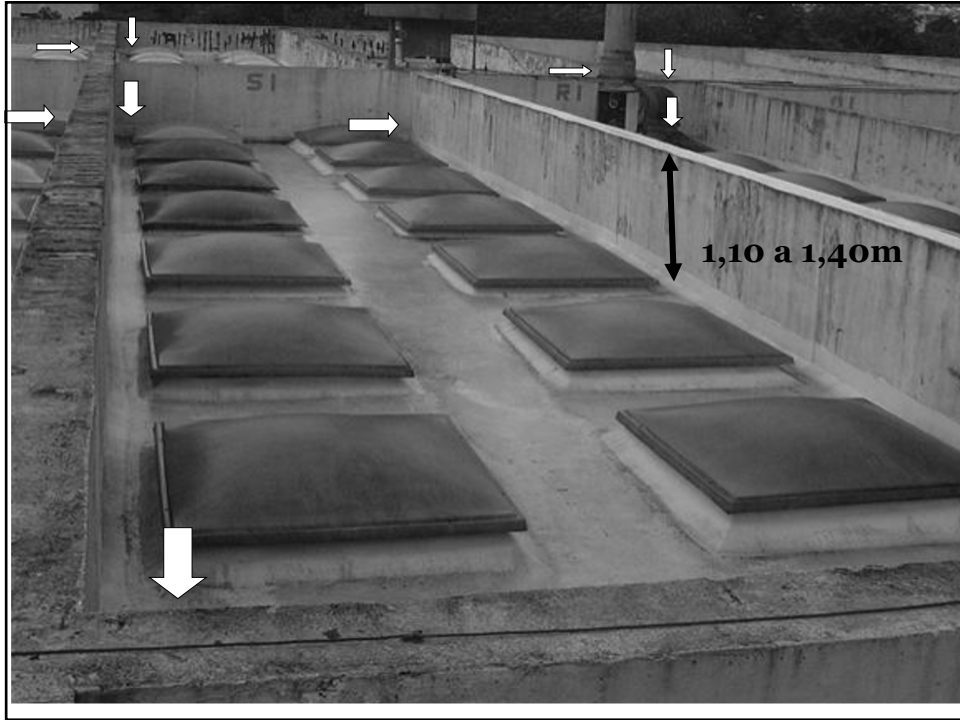
Edifício Sede da FAU.USP, em São Paulo, 1969



67



68



69

Problemas Observados

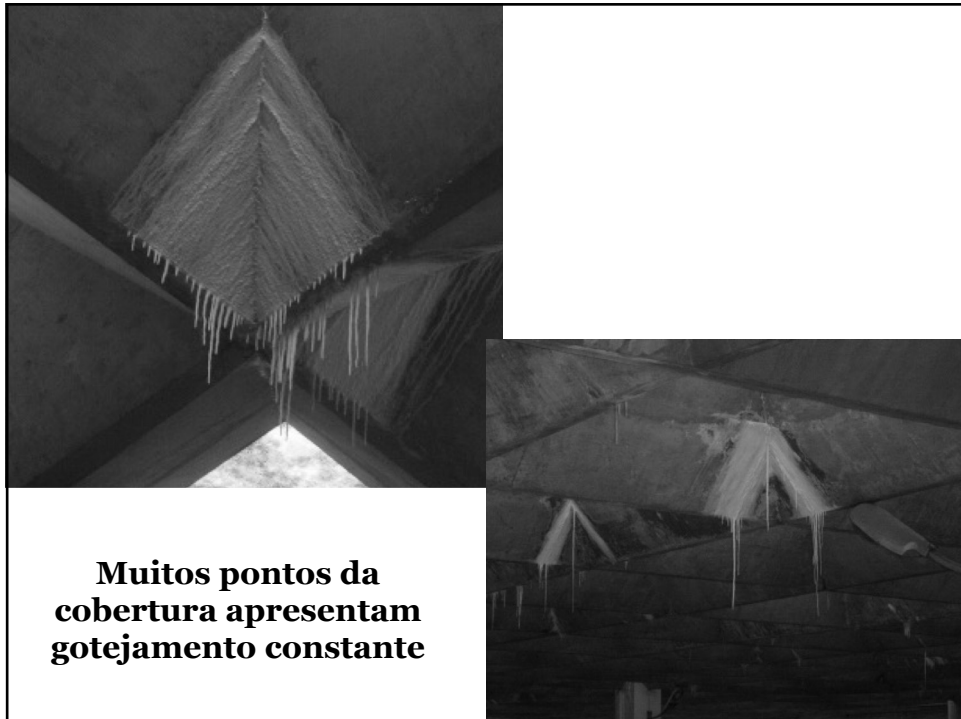
70



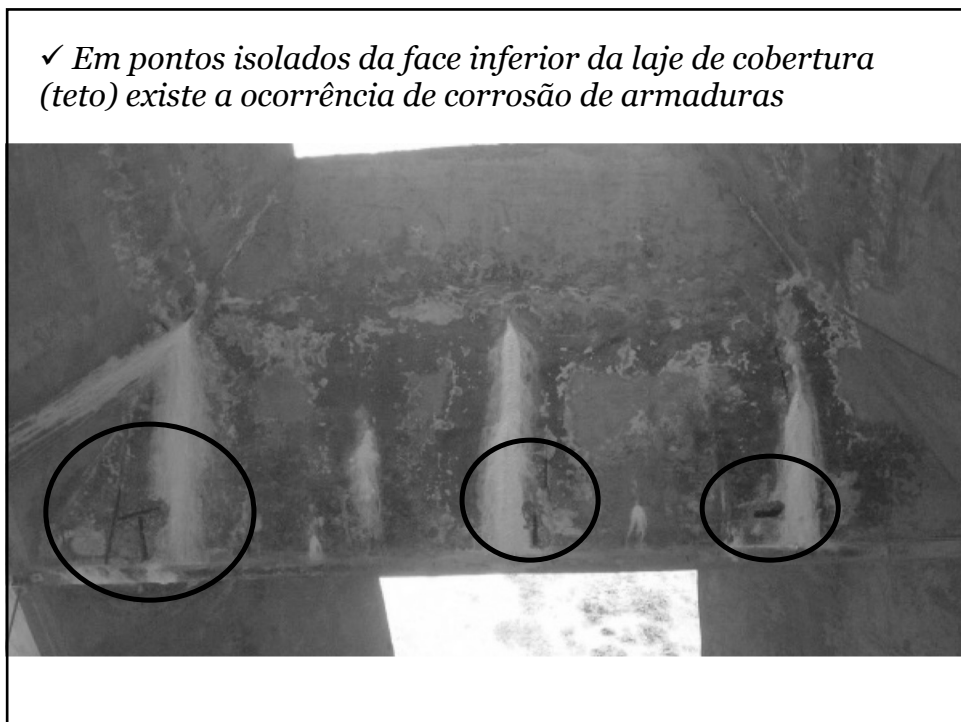
71



72



73



74



75



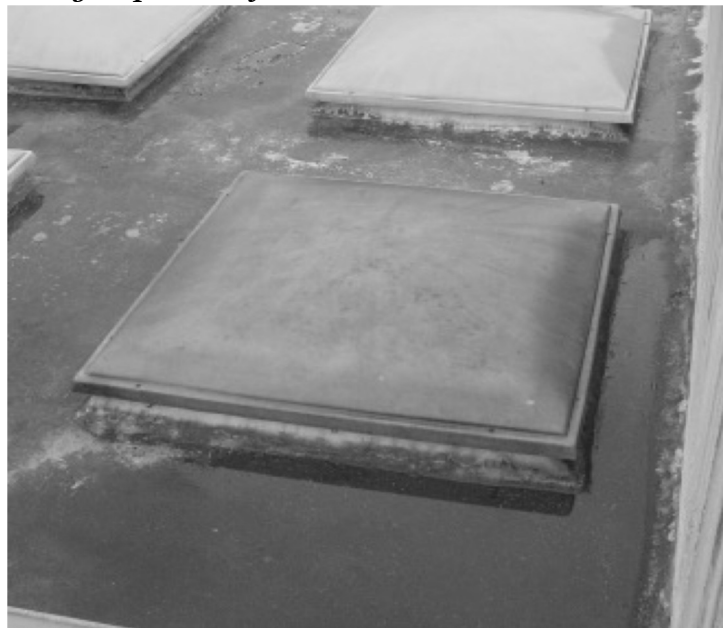
76

✓ **Colapso do sistema de impermeabilização atual**



77

✓ *Poças de água por insuficiência do caimento*



78



79

✓ *Corrosão de armaduras nas vigas estruturais invertidas*



80

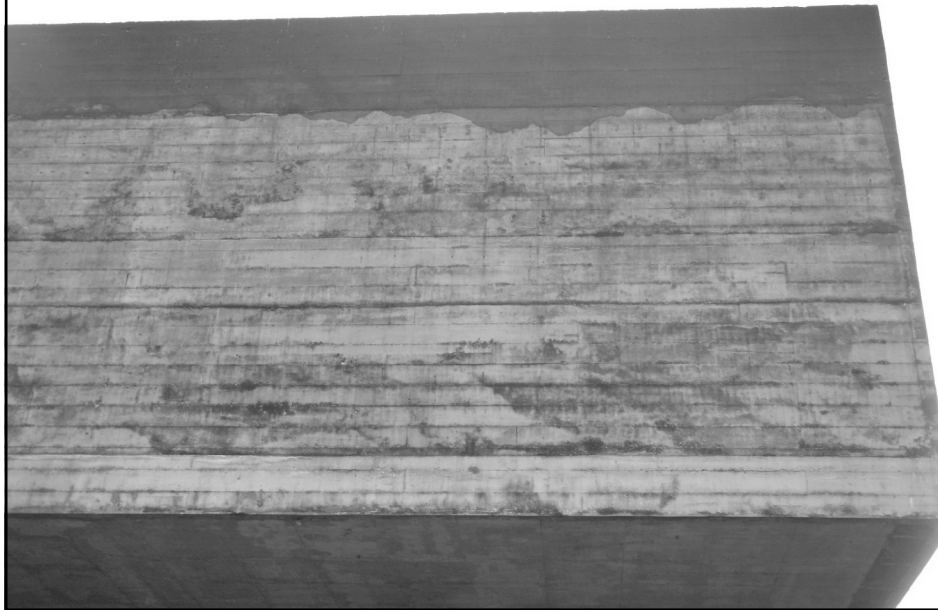


81



82

ABNT NBR 6118:2007, item 7.2.4 ?



83

normalização

ABNT NBR 6118:2007, item 7.2.4:

“Todos os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos por chapins. Todos os beirais devem ter pingadeiras e os encontros a diferentes níveis devem ser protegidos por rufos”

de quem é a responsabilidade?

84

**Não existe material de
construção mais durável
que o concreto!**

**Somente algumas rochas
têm a mesma durabilidade**

85

Panteão
de
Roma



86



87

Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de 44m



88

Conceitos

- ✓ **Impermeabilidade é diferente de estanqueidade**
- ✓ **Material é diferente de estrutura**

89

Conceitos

- ✓ Não existe panacéia universal nem solução “definitiva”. A solução definitiva é saber conviver com o problema.
- ✓ Deve ser implementado um programa de manutenção permanente (*jardineiro*)

90

Solução Corretiva

- Acessos / Segurança
- Estanqueidade juntas
- Proteção
- Reabilitar a estrutura
- Estanqueidade lajes

91



92



93

Alternativas para obter Estanqueidade *(impermeabilização)*

- **Silicato de sódio (incorporada)**
- **Manta PVC (não aderente)**
- **Poliuréia (aderente)**

94

Impermeabilização da laje

Silicato de sódio

(incorporada)

95



96

Alternativa com silicato de sódio

Aplicação de acetato de cálcio diluída a 10%, 24 h antes da aplicação do silicato de sódio



97

Alternativa com silicato de sódio

Aplicação do silicato de sódio em reparo preparado ao mesmo tempo em que é aplicado na laje de cobertura.



98

Alternativa com silicato de sódio



Hidratação de laje de concreto após aplicação do silicato de sódio

99

Impermeabilização da laje **Manta PVC** *não aderente*

100

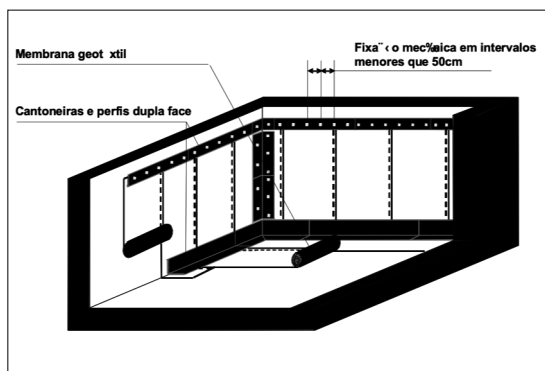
Recuperação e proteção inicial das vigas estruturais



101

Alternativa com manta de PVC

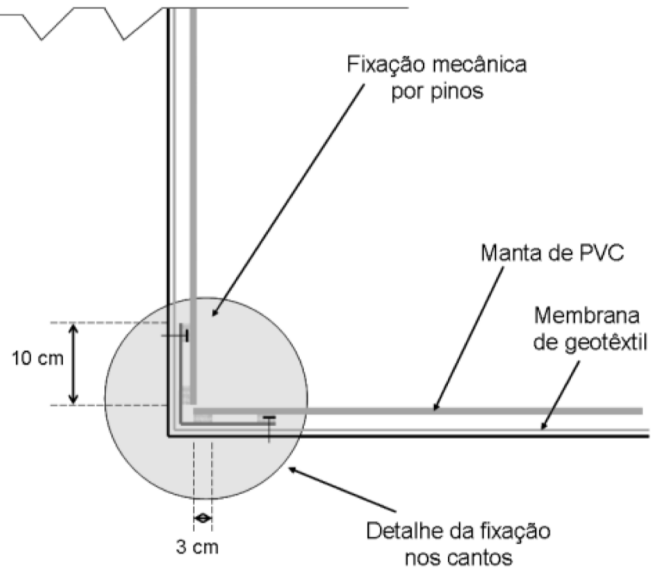
Fornecimento e aplicação da manta de PVC



- Geotêxtil de 150g/m², 3mm
- fixações mecânicas,
- perfil metálico com dupla-face (alumínio e PVC)
- manta de PVC reforçada com malha de poliéster na espessura de mínima de 1,2mm.

102

Detalhe da fixação da manta de PVC nos cantos em 90°



103



104



105

Alternativas (*não aderente*)

**manta de PVC reforçada com malha de poliéster na
espessura de mínima de 1,2mm**



106



**Equipamento para soldagem dupla de dois panos de manta
(que tem largura de 2m)**

107

Revestimento Poliuréia

**sistema elastomérico de alta espessura
(>1,5mm), à base de poliuréia pura
isento de solventes.**

sistema aderente

108

Alternativa com revestimento base poliurea

- **Regularização da superfície;**
- **Cura úmida por aspersão de água;**
- **Limpeza do substrato.**

109

Alternativa com revestimento base poliuréia



**Air Less bi-componente” de pressão
mínima de 3.500 psi e temperatura
mínima de 75°C**

110

Manutenção preventiva

111

Manutenção preventiva

- ✓ **Reparos estruturais → Realizar reparos a cada 5 anos. Admite-se que eventualmente 5% das áreas reparadas apresente algum tipo de reincidência ou que surjam novos pontos.**
- ✓ **Juntas de dilatação → pequenos reparos a cada 5 anos. Renovação a cada 15 anos.**
- ✓ **Sistema de impermeabilização com revestimento de poliuréia → deve ser realizada limpeza semanal e renovação a cada 15 anos.**

112

Manutenção preventiva

Manual de Utilização, Inspeção e Manutenção com base nas prescrições das normalizações nacionais :

ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações – Procedimento

ABNT NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação

113

CONCLUINDO

projetar e construir estruturas de concreto estanques e duráveis depende:

- ✓ especificação correta (desempenho);
- ✓ projeto bem detalhado;
- ✓ preço unitário justo;
- ✓ dosagem / controle racional;
- ✓ treinamento dos operários;
- ✓ projeto de impermeabilização;
- ✓ fiscalização
- ✓ manutenção

114

CONCLUINDO

1. *Alcançar estanqueidade é o desafio.*
2. *Não existe panacéia universal.*
3. *Água é o problema a ser equacionado através de:*
 - ✓ *projetar bem*
 - ✓ *construir bem*
 - ✓ *impermeabilizar bem*
 - ✓ *fazer manutenção periódica*

115



15° Simpósio Brasileiro
de Impermeabilização 2018
04 e 05 Junho 2018 – São Paulo – Brasil


OBRIGADO!




"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br
11.2501.4822 / 23
11.9.5045.4940

Patrocínio:



Realização:



Instituto de
Impermeabilização

116