



Curso de Especialização em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas de Concreto

Eng. PhD. Prof. Eliana Monteiro
Eng. MSc. Prof. Carlos Welington

Recife, 09 de dezembro de 2008

1

**Curso de Especialização em Inspeção, Manutenção e
Recuperação de Estruturas de Concreto**

Estanqueidade e Reabilitação de uma Cobertura de Concreto

Eng. Paulo Helene

*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Coordinador Internacional de la Red REHABILITAR CYTED
Miembro de Red Prevenir ALCONPAT. CIAM
Vice-Presidente do IBRACON*

Recife, 09 de dezembro de 2008

2

**Curso de Especialização em Inspeção, Manutenção e
Recuperação de Estruturas de Concreto**

Edifício

“Vilanova Artigas”

Prédio da FAU.USP

Estudo de Caso

Recife, 09 de dezembro de 2008

3

Edifício
“Vilanova Artigas”
Prédio da FAU.USP

- 1. Descrição**
- 2. Problemas**
- 3. Inspeção**
- 4. Diagnóstico. Prognóstico**
- 5. Conceitos de Reabilitação**
- 6. Alternativas**

4

NB 1 / NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto

Procedimento

2003 obrigatória a partir de abril de 2004

6.2 Vida útil de projeto

6.2.1 Vida útil de projeto significa o período de tempo através do qual as características projetadas para aquela estrutura de concreto se mantêm dentro de padrões mínimos, desde que utilizadas e mantidas em conformidade com as condições expressas em 7.8 e 25.4.

5

NB 1 / NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto

Procedimento

7.8 Inspeção e Manutenção Preventiva

7.8.1 Todo projeto estrutural deve levar em conta estratégias que facilitem a inspeção e manutenção preventiva da estrutura de concreto.

7.8.2 Um manual de uso, inspeção e manutenção deve ser elaborado de acordo com 25.4.

6

NB 1/ NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto
Procedimento

25.4 Manual de uso, inspeção e manutenção

Dependendo do porte da estrutura e das condições de agressividade ambiental, um manual de uso, inspeção e manutenção deve ser elaborado por profissional competente contratado pelo proprietário. Esse manual deve conter todas as informações, dados e memórias do projeto, dos materiais, dos produtos e da execução da estrutura. Esse Manual deve especificar de forma clara e objetiva os requisitos básicos de uso e manutenção preventiva que assegurem a vida útil prevista e estar conforme com a NBR 5674 Manutenção de Edificações. Procedimento.

7

NBR 5674 Manutenção de Edificações
Procedimento

3.4 Manual de operação, uso e manutenção

Documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação. Deve ser elaborado em conformidade com a NBR 14037 Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

8

Descrição sumária e sucinta da estrutura em estudo

9

projeto, concepção e contextualização

O prédio da FAUUSP é certamente o mais conhecido dos edifícios projetados pelo arquiteto João Batista Vilanova Artigas (1915-1985). Conceitualmente, o prédio representa as influências do chamado "brutalismo", vertente paulista do movimento moderno e do qual o autor é idealizador e um dos expoentes.

ARTIGAS (1961) pensou na FAU: "como a espacialização da democracia, em espaços dignos, sem portas de entrada, porque o queria como um templo, onde todas as atividades são líricas".

A estrutura do edifício é composta por elementos de concreto armado e protendido e foi projetada pelo escritório do engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz.

10



11



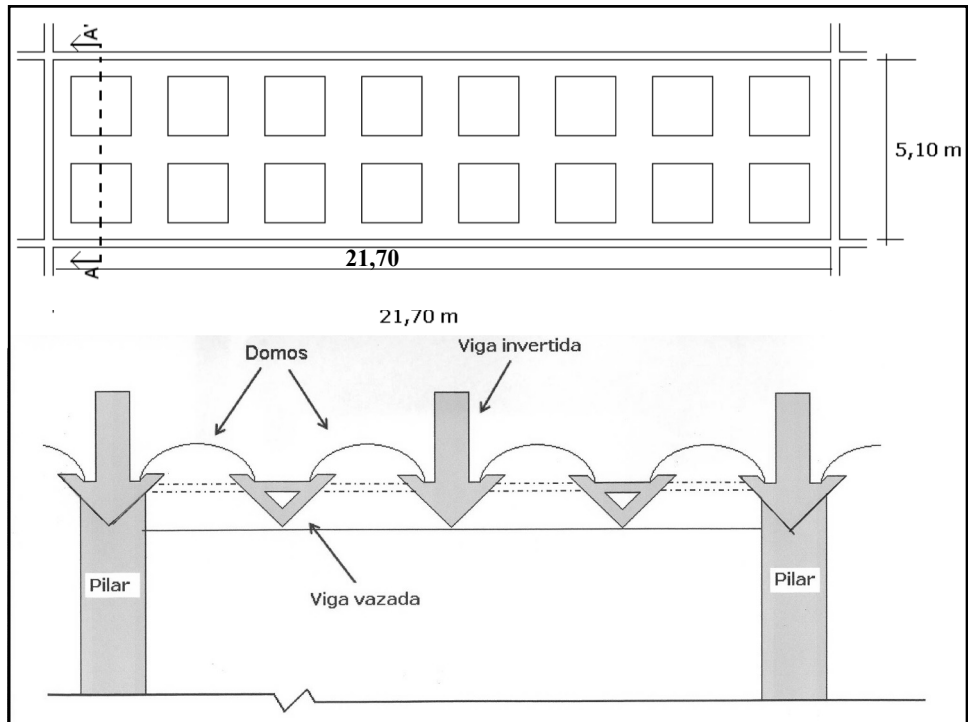
12



13



14



15



16

Problemas Observados

17



Vista geral do problema

18

✓ Ocorrência generalizada de eflorescências e estalactites na face inferior da laje estrutural de cobertura



19



Muitos pontos da laje apresentam
gotejamento constante



20



21

✓ Em pontos isolados da face inferior da laje existe a ocorrência de corrosão de armaduras



22

✓ Colapso do sistema de impermeabilização atual



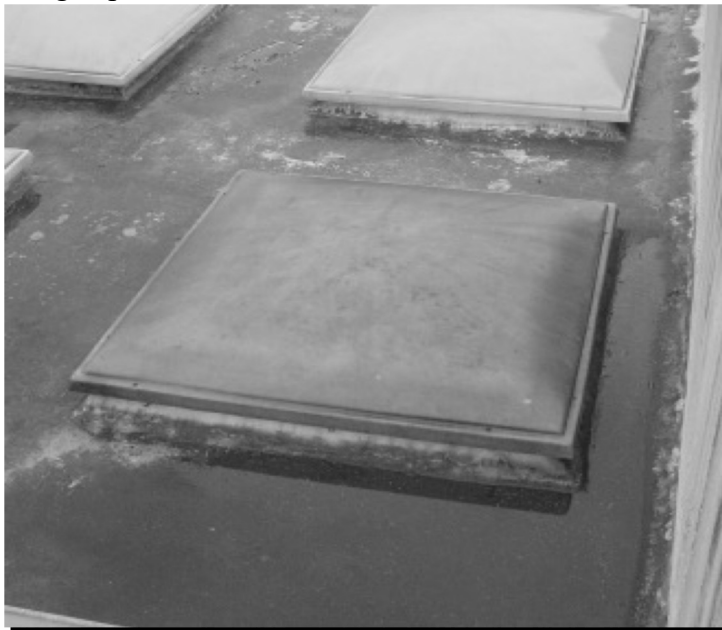
23



Colapso da argamassa de enchimento / regularização

24

✓ Poças de água por insuficiência do caimento



25



26

✓ Corrosão de
armaduras nas vigas
estruturais invertidas



27



Corrosão nas vigas invertidas

28

- ✓ Estribos rompidos por corrosão



29

Agressividade Ambiental

Segundo os critérios de classificação da agressividade ambiental recomendados pelo procedimento **NBR 6118** para o Projeto de Estruturas de Concreto pode-se considerar:

- ✓ **macro-clima**, atmosfera urbana e industrial → grau de agressividade forte, **III**.

- ✓ **micro-regiões**, nos locais e faces protegidos de chuva, secos e estanques

30

Inspeção detalhada e Resultados de Ensaio

31

**Extração de testemunhos cilíndricos
(diâmetros de 75 mm) conforme
recomendação da norma NBR 7680**



32



33

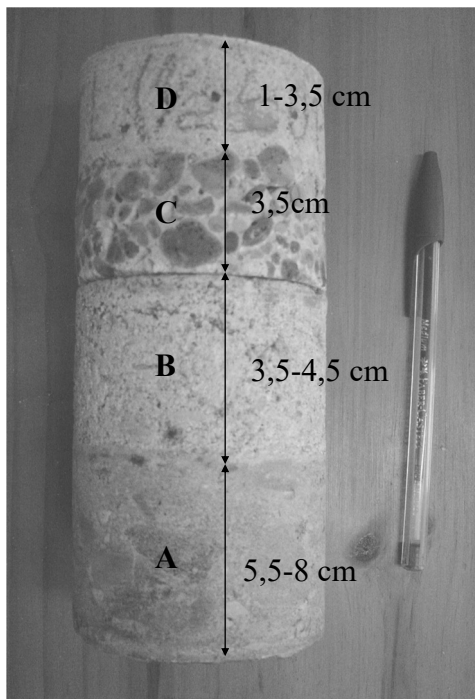
✓ Existência de sobreposição indevida de várias camadas de diferentes sistemas de impermeabilização

A = mesa estrutural da laje;

B = argamassa de regularização e caimento do primeiro sistema impermeabilizante.;

C = argamassa para proteção mecânica do primeiro sistema impermeabilizante.;

D = argamassa de regularização e caimento do segundo sistema impermeabilizante



34



35

- ✓ Muitas partes internas das vigas vazadas da laje de cobertura (tipo “caixão perdido”) encontram-se cheias de água



36



37



38



39



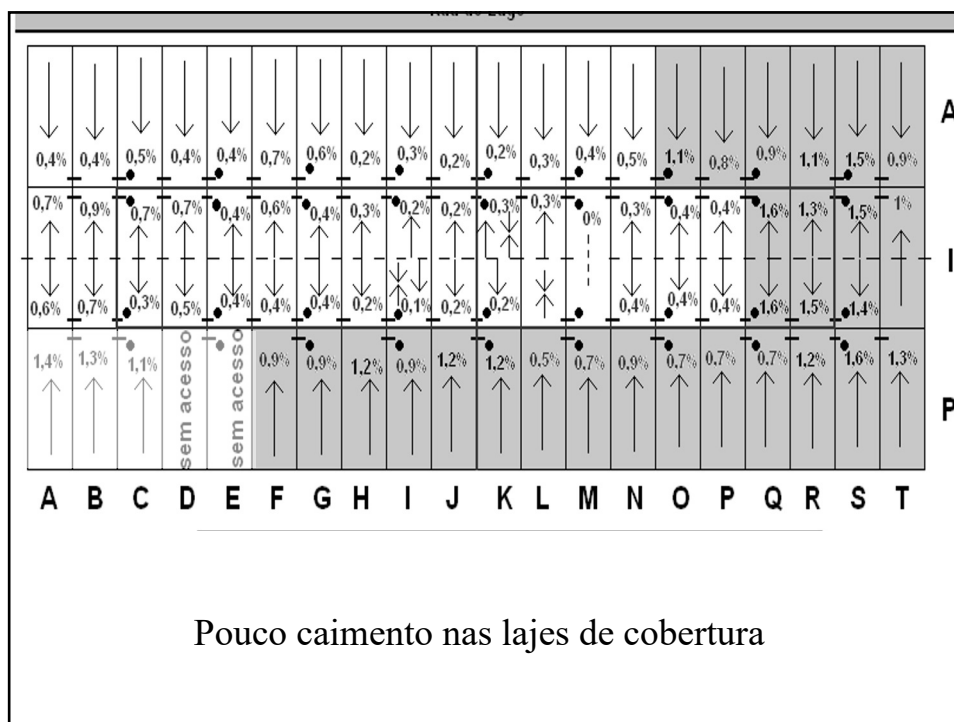
40

Resultados – Propriedades do concreto

Com as inspeções realizadas, encontrou-se:

- ✓ A resistência à compressão do concreto variou de 26MPa a 34MPa.
- ✓ A absorção de água por imersão ficou numa faixa de 4,3% a 6,4%
- ✓ A profundidade de carbonatação variou de 5mm a 25mm, ultrapassando em alguns pontos a espessura de concreto de cobrimento das armaduras

41



42

Diagnostico & Prognóstico

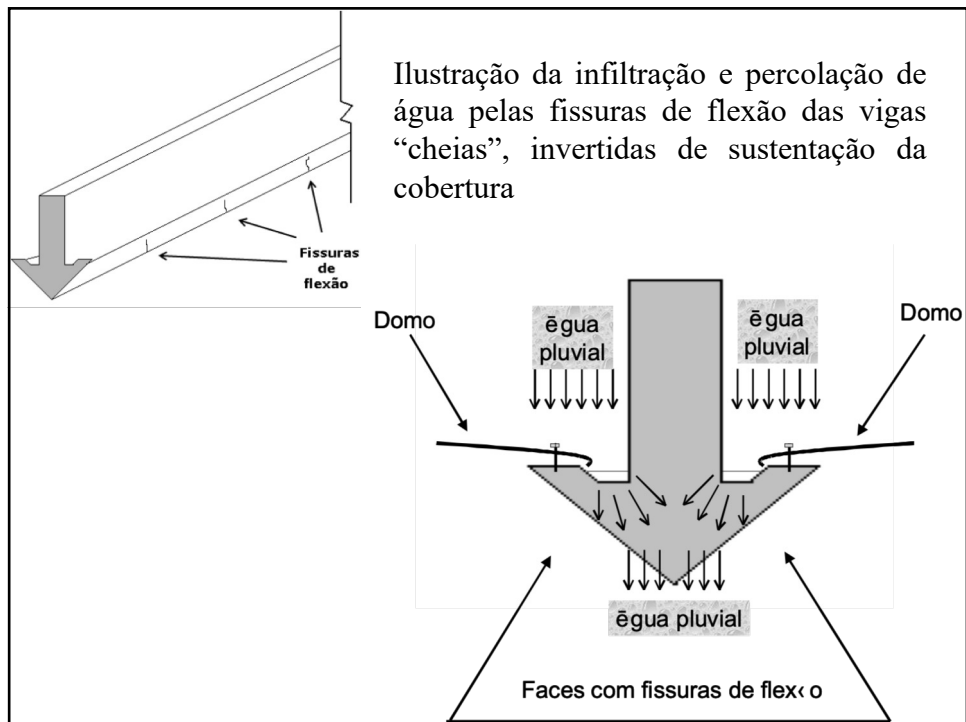
**mecanismos de infiltração de
água pluvial na laje**

43

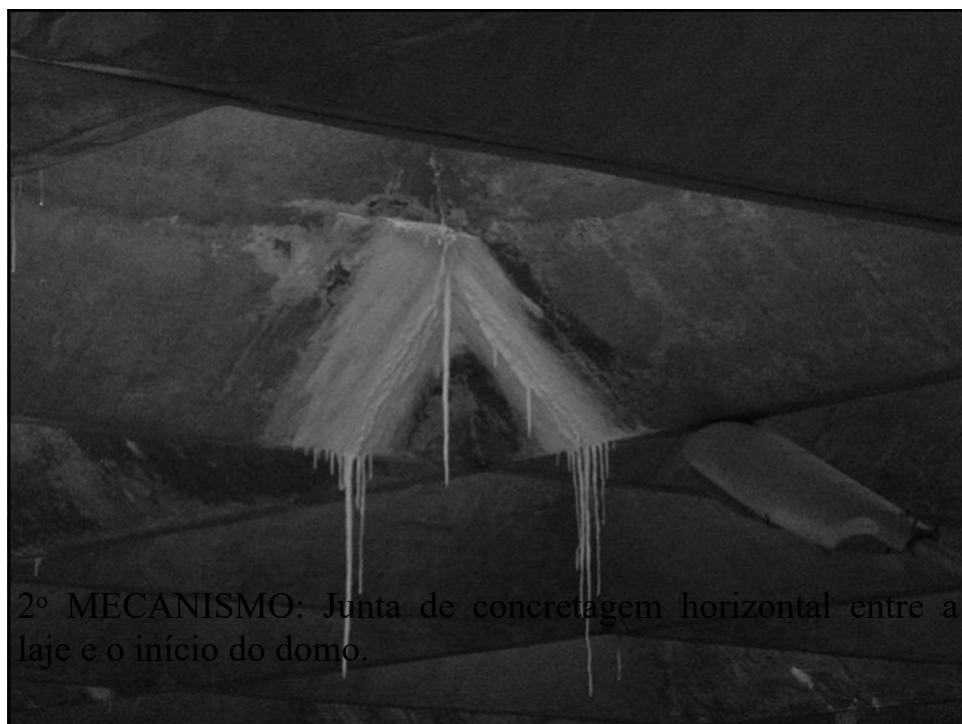


1º MECANISMO: Viga cheia, onde aparece a maior parte das eflorescências pelas fissuras de flexão

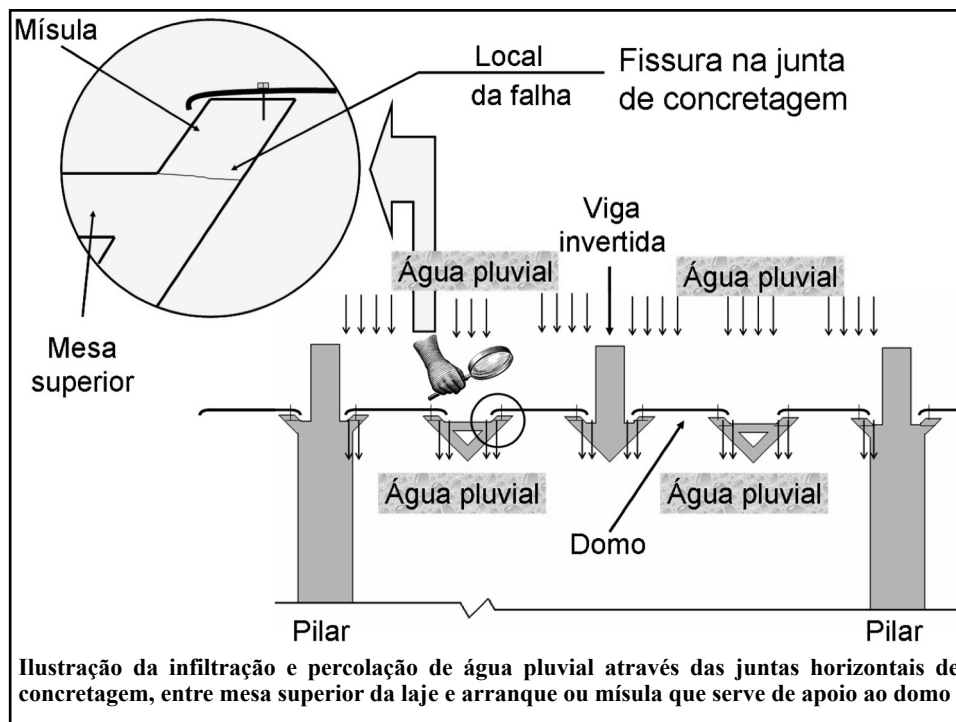
44



45



46



47



48

Infiltração e percolação em juntas de concretagem inclinadas (intersecção de duas vigas vazadas em posição ortogonal).

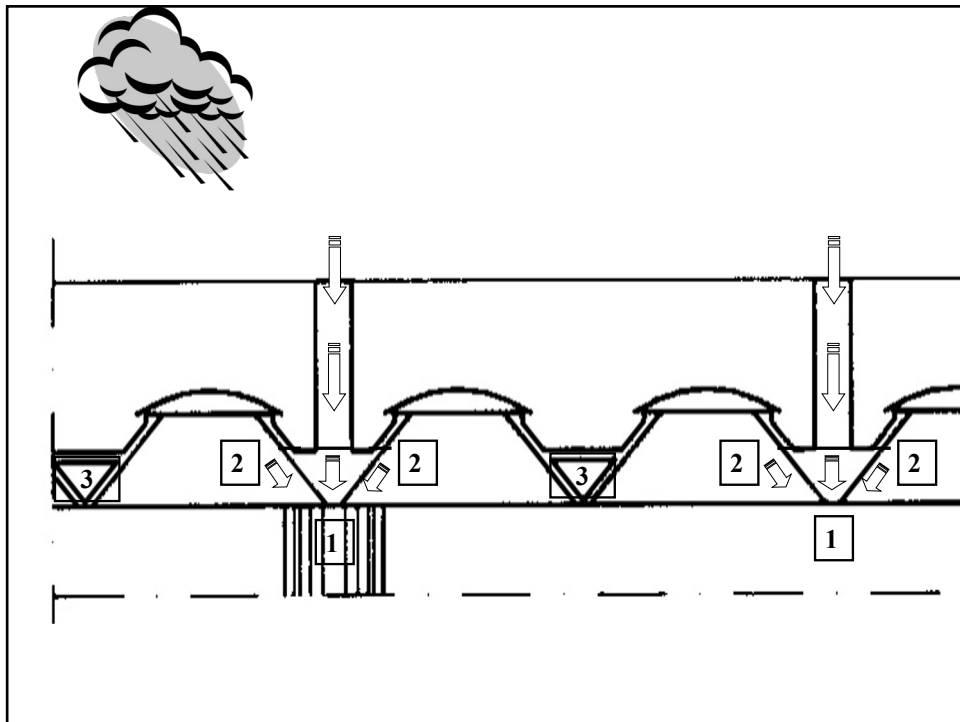


49



4º MECANISMO: Encontro de vigas cheias com o pilar. Deficiência de estanqueidade da união entre ralo e duto de água pluviais

50



51

Conclusões:

Há necessidade de reabilitar e proteger a superfície inferior da laje de cobertura em concreto aparente

Há necessidade de reparos e reabilitação de armaduras corroídas na laje de cobertura (face inferior e superior);

Há necessidade de reparos e reabilitação de armaduras corroídas nas vigas invertidas de sustentação da cobertura

52

Há necessidade de instalação de um novo sistema de impermeabilização/estanqueidade na laje de cobertura;

Há necessidade de reabilitação das juntas de movimentação da laje de cobertura;

Há necessidade de revisar e reabilitar o sistema de coleta de águas pluviais.

53

Conceituação

(intervenção em estruturas de concreto)

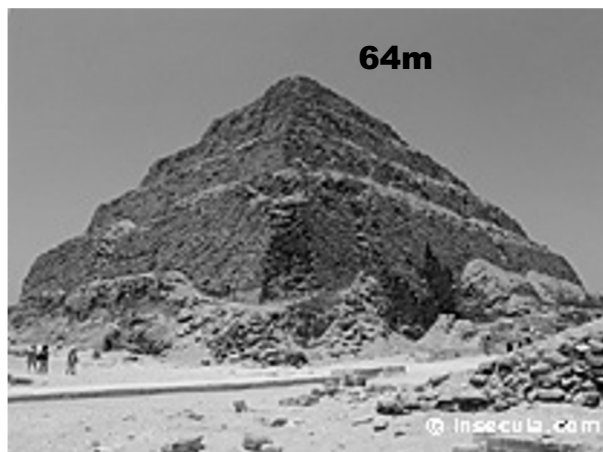
54

**QUANDO FOI
RECONHECIDA A
PROFISSÃO DE
ARQUITETO e
ENGENHEIRO CIVIL POR
PRIMEIRA VEZ ?**

55

Arquiteto e médico Imhotep

2790 A C



Pirâmide escalonada de Djeser

56



57

**Construir com
Materiais
Resistentes e
Duráveis**

58

O CONCEITO DE CONSTRUIR COM DURABILIDADE EXISTE NAS OBRAS DESDE A ANTIGUIDADE

Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (*escultor Fídias*)



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



59

*Pirâmide de
Kukulcán
Chichen Itza*



México 1100 – 1300 d. C.

60

QUANDO APARECEU O CONCRETO POR PRIMEIRA VEZ NA HISTÓRIA?

61

Panteão
de
Roma



62

Cúpula do Panteão
Século II dC → Diâmetro de 44m



63

SÉCULO XX
1900

APARECE UM
NOVO MATERIAL

Concreto Armado

64

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

65



Palacio Salvo
Montevidéu

27 pavimentos

Uruguay 1925

Altura 103m

$f_{ck} = ?$
80 anos!!!!
record mundial

66



Edifício Martinelli

São Paulo

30 pavimentos

Altura 109m

Rua Líbero Badaró

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$

1929-2006 = 77 anos

67

Naquela época acreditava-se que...

**Os PROBLEMAS de CORROSÃO e
de DURABILIDADE estavam
resolvidos definitivamente
pois o aço seria protegido
“ETERNAMENTE”
pela “rocha” concreto**

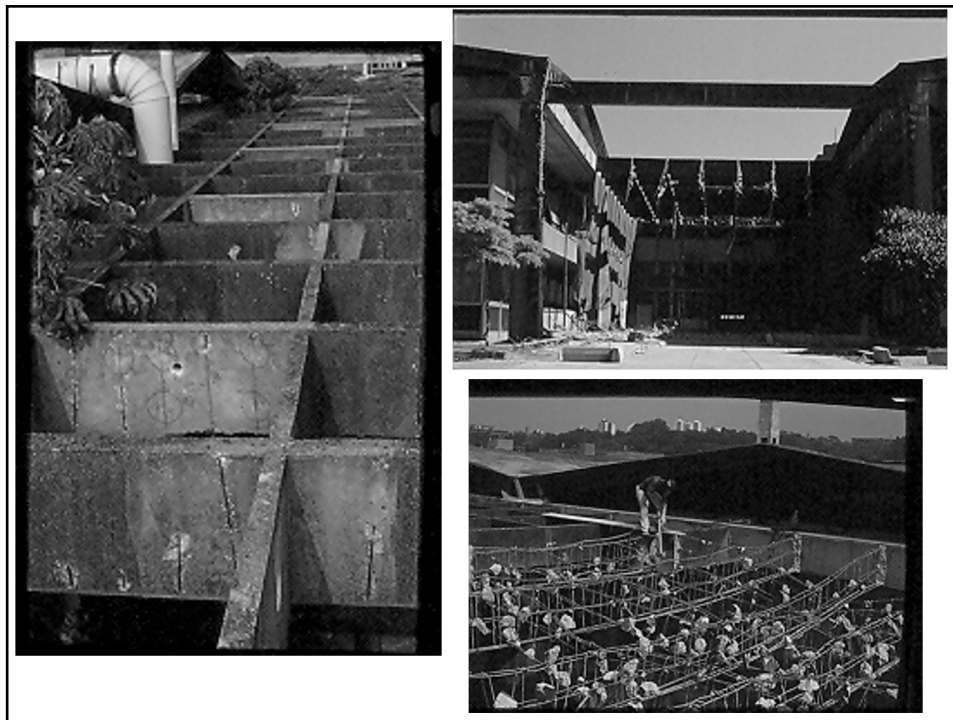
68



69



70



71

**Não existe material de
construção mais
durável que o concreto!
Somente algumas rochas
têm a mesma durabilidade**

72

Conceitos

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

73

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 da cobertura

74

INTERVENÇÃO CORRETIVA

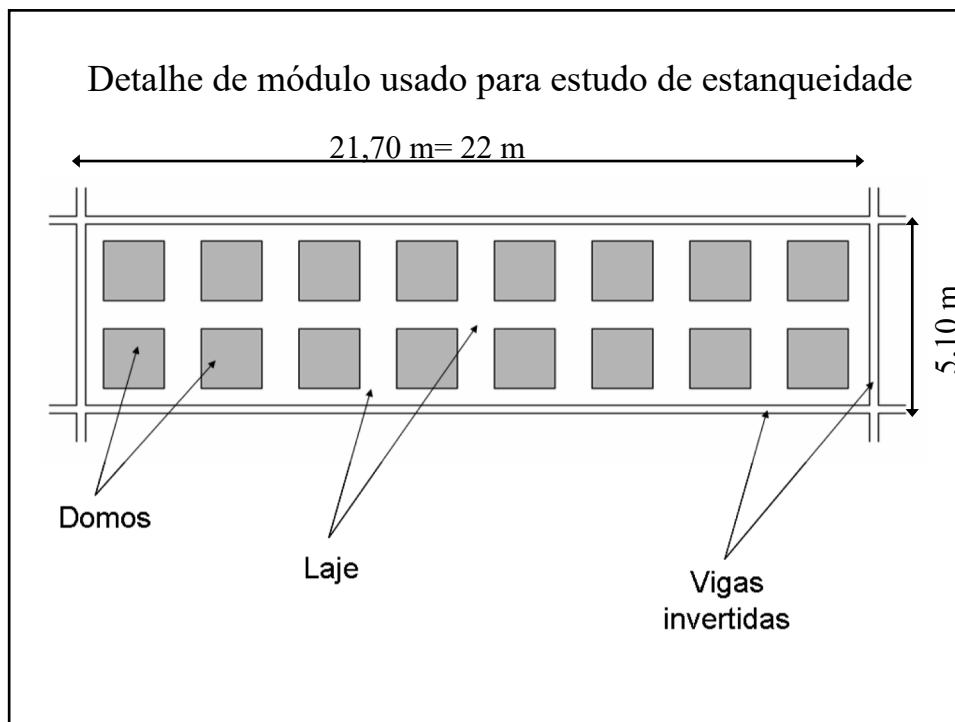
- **Reabilitar a estrutura**
- **Sistema de Estanqueidade:
estrutural, não aderidos ou
aderidos**

75

Estudos Experimentais de Estanqueidade

- **Silicato de sódio**
 - **Manta PVC**
 - **Poliuréia**

76



77



78

Estanqueidade “estrutural” da laje

Silicato de Sódio

79

Alternativas

melhora estrutura

Silicato de Sódio



80

Alternativa com silicato de sódio

- Retirada de todas as camadas de revestimento inclusive a argamassa de regularização original;
- Preparação da superfície;



Rugosidade da superfície recém-escarificada, devendo ser lixada

81

Alternativa com silicato de sódio

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



82

Alternativa com silicato de sódio

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



83

Alternativa com silicato de sódio



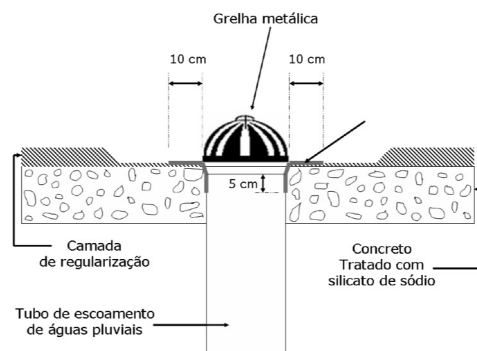
hidratação de laje de concreto após aplicação do silicato de sódio

84

Alternativa com silicato de sódio

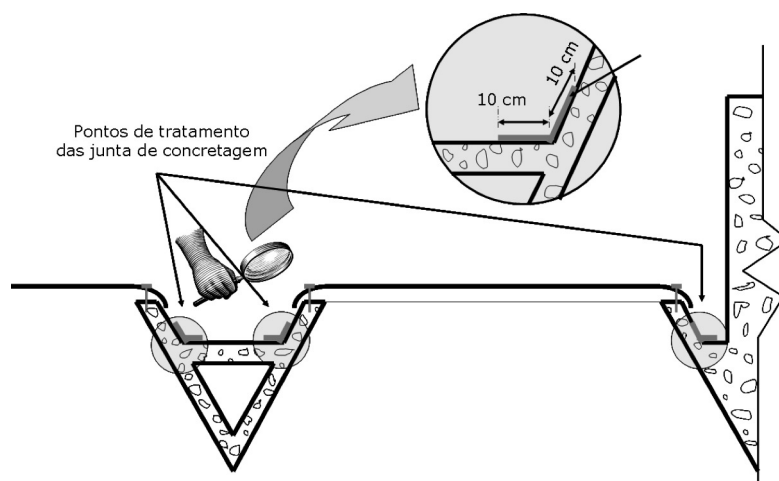
- Fechamento dos reparos localizado;
 - Aplicação do silicato de sódio sobre o reparo;
 - Tratamento dos ralos;
- (selante autonivelante de poliuretano bicomponente)

Cura úmida por aspersão de água



85

Alternativa com silicato de sódio



tratamento das juntas de concretagem com poliuretano

86

Estanqueidade da laje

Manta PVC

87

Alternativas

sistema não aderente

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



88

Alternativa com revestimento Manta Evlon ou de PVC

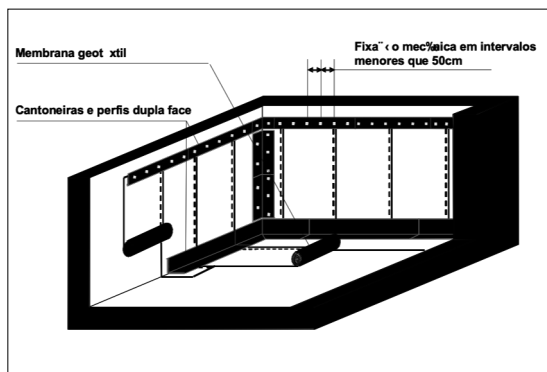
Recuperação estrutural;

Limpeza do substrato.

89

Alternativa com manta de PVC

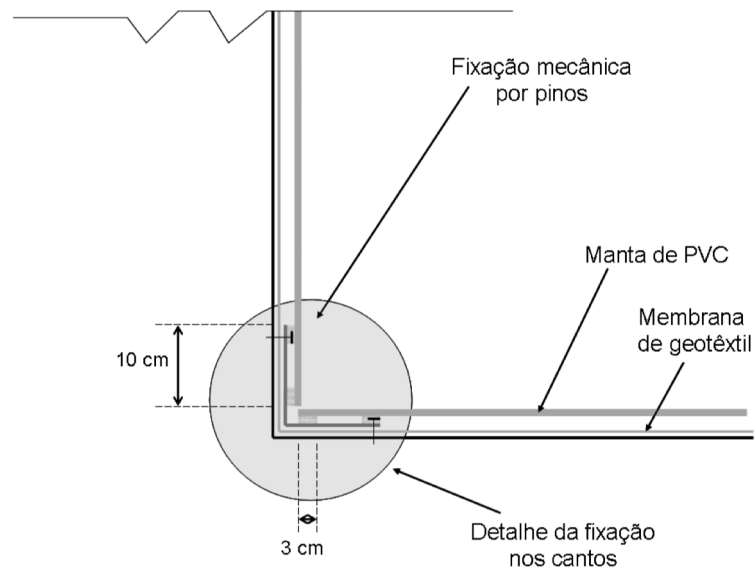
Fornecimento e aplicação da manta de PVC



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

90

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



91



92



93



94



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

95

Estanqueidade da laje

Poliurea

96

Alternativa com revestimento base poliurea

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

97

Alternativas:

Revestimento Poliuréia

sistema elastomérico de alta espessura (>1mm), à base de poliuréia híbrida isento de solventes, com alumínio metálico incorporado, aplicado em espessuras a partir de 0,5mm, aplicado a quente.

sistema aderente

98

**Alternativa com revestimento base poliurea
fornecimento e aplicação de revestimento tipo poliuréia**



“air less bi-componente” de pressão
mínima de 3.500 psi e temperatura
mínima de 75°C

99

VISÃO GERAL do PROJETO de REABILITAÇÃO

- **Descrição das Intervenções**
- **Materiais e Sistemas**
- **Equipamentos**
- **Mão-de-Obra**
- **Controles**
- **Previsão orçamentária**

100

VISÃO GERAL do PROJETO de REABILITAÇÃO

Grandes Intervenções:

- **Reabilitação estrutural da laje e vigas**
- **Estanqueidade da laje(3 alternativas)**
- **Reparo no concreto aparente**

101

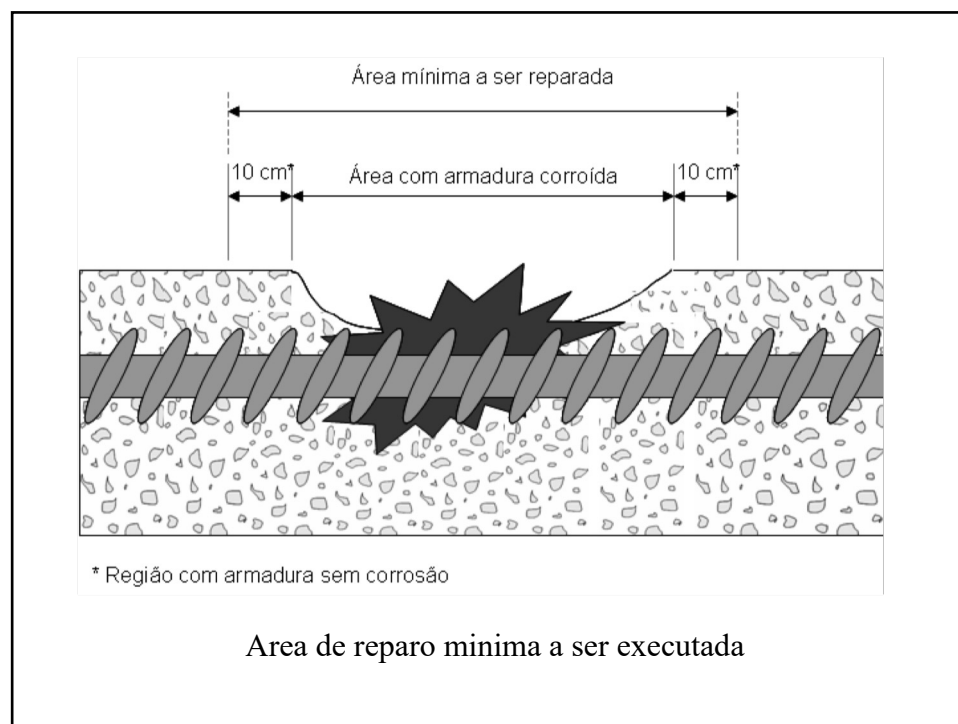
Intervenções complementares:

- **Reconstrução e proteção de juntas de dilatação**
- **Recuperação e proteção de vigas de periferia (platibanda)**
- **Recuperação do sistema de coleta de águas pluviais, na cabeça dos pilares**

102

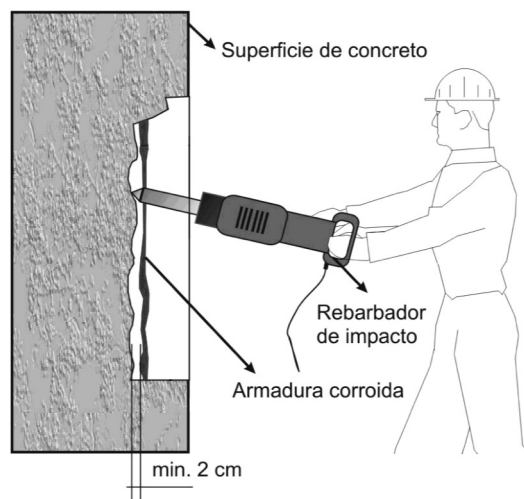
Reabilitação estrutural das vigas

103



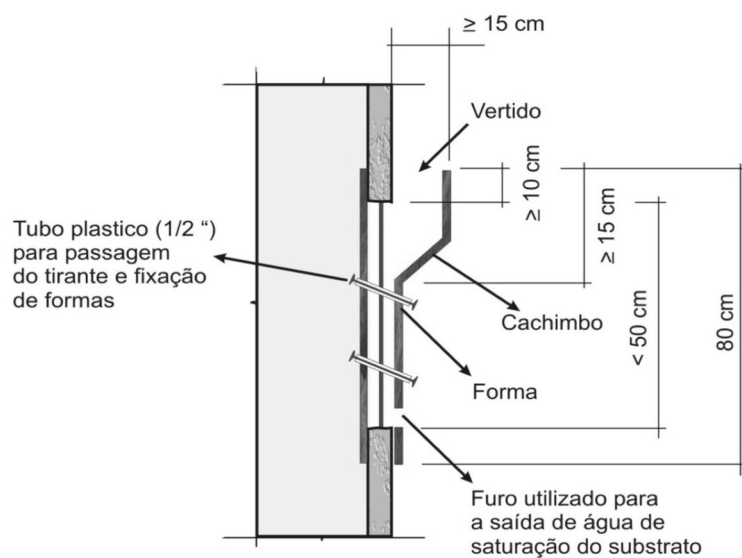
104

Escarificação do concreto contaminado, com martelo eletromecânico. Argamassa tixotrópica base cimento modificado com polímeros



105

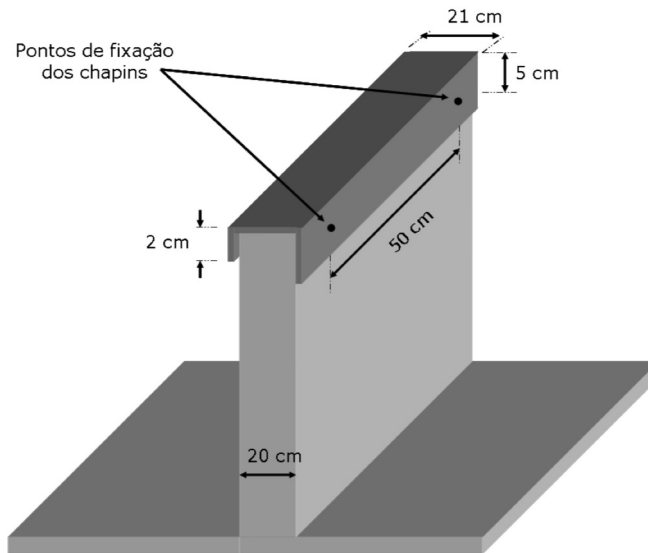
Preenchimento com graute base cimento de alta resistência



fôrmas tipo cachimbo

106

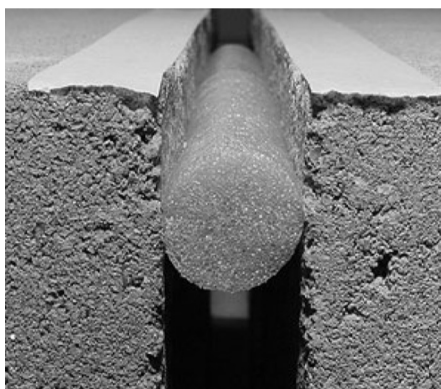
Fornecimento e colocação de chapins de alumínio ou chapa galvanizada na face superior de todas as vigas invertidas e na viga (platibanda) de periferia



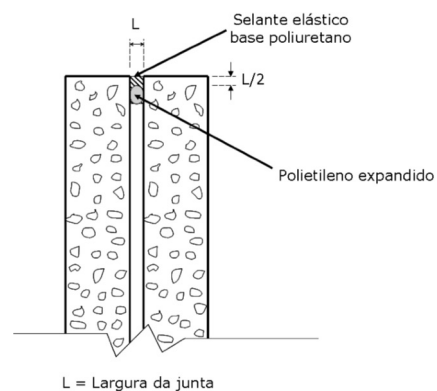
107

Limpeza por escovamento das juntas de dilatação

Preenchimento com selante base poliuretano

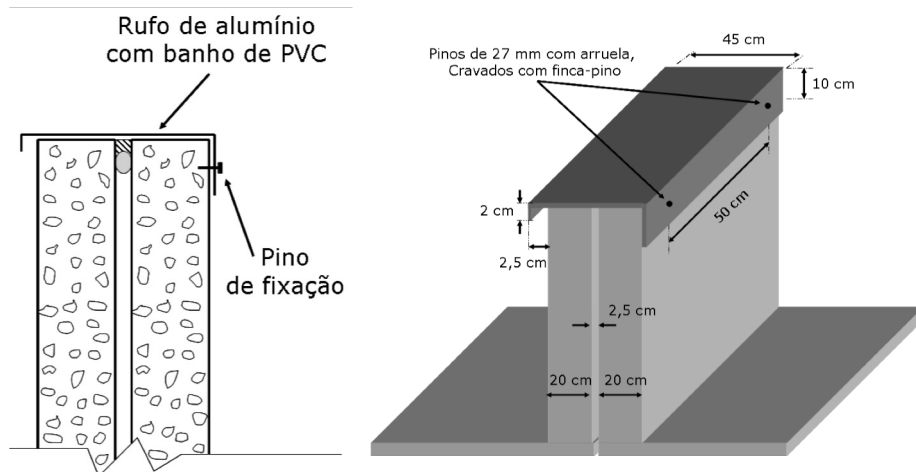


Exemplo de berço de polietileno expandido



108

Fornecimento e colocação de chapim de proteção



109

Previsão Orçamentária

110

Previsão Orçamentaria

Total Geral:

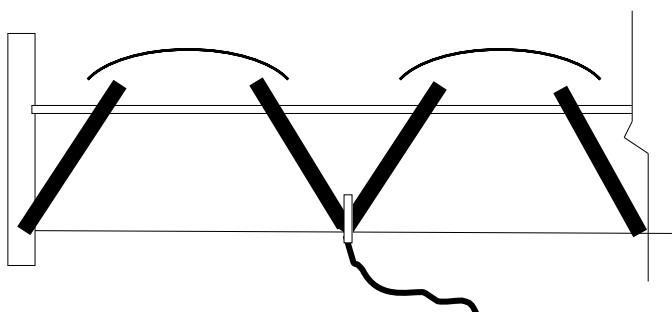
- Recuperação estrutural das vigas e laje →
US\$ 650.000
- Proteção de concreto aparente → US\$ 450.000
- Estanqueidade da laje:
 - Silicato de sódio → US\$ 210.000
 - Manta de Evlon ou PVC → US\$ 650.000
 - Poliuréia → US\$ 600.000

111

REABILITAÇÃO

Procedimento de Execução

■ Fixação do pino

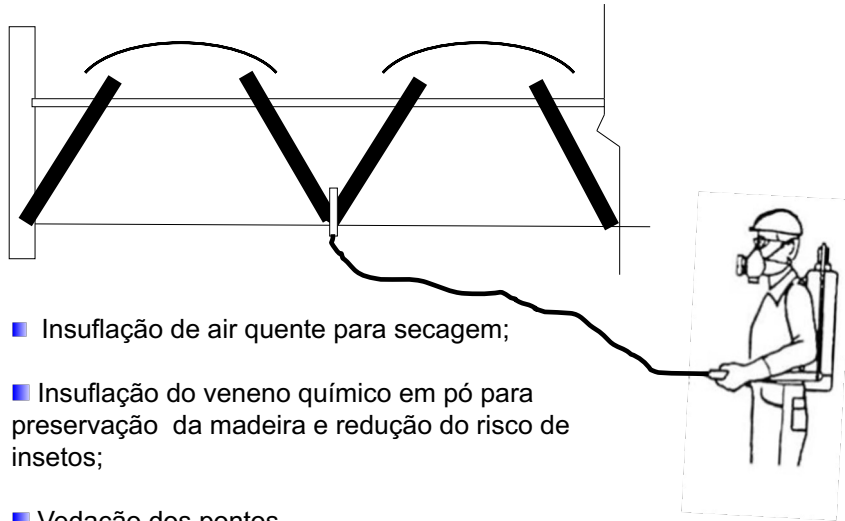


Deve ser fixado um pino com adaptador para engate de mangueira de pressão de pelo menos 25 mm de diâmetro.

112

REABILITAÇÃO

Procedimento de Execução



113



114