

Riesgos en las INSPECCIONES RUTINARIAS de Mantenimiento

pérdidas de vidas humanas

Ing. Paulo Helene

*Universidade de São Paulo
Red Rehabilitar CYTED*

"fib Commission 5 "Structural Service Life Aspects"

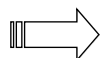
Colloquia 2001 Madrid, 23 y 24 de Abril

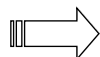
Carmen Andrade
Paulo Helene
Roberto Torrent

José Manuel Pedregal
Oladis de Rincón
Olga Ríos

1

OBJETIVO DEL TRABAJO

 **Despertar la atención del medio técnico
para los riesgos intrínsecos de una
INSPECCIÓN de ESTRUCTURAS de hormigón
en servicio**

 **“FOCUS”**

- **Expertos de diagnóstico
(estructural, funcional, durabilidad)**
- **Proyectistas**
- **Propietarios privados y públicos**

2

SUMARIO

- ⇒ **RECURSOS para inspección**
- ⇒ **“Ejemplos”**
 - Edificio de Oficinas SP
 - Ponte do Socorro SP
 - Edificio de Oficinas BR
 - Ponte dos Remedios SP
 - Silo de Cereales SC
 - Marquesinas SP, BA, RJ, RS, PE,
- ⇒ **FISURACIÓN bajo Tensión**
- ⇒ **RECOMENDACIONES**

3

RECURSOS PARA INSPECCIONES

- ⇒ **INSPECCIÓN PRELIMINAR**
 - Anamnesis
 - Observación visual
 - Humedad y Sales
 - Direcciones Preferenciales
 - Carbonatación
 - Fisuras
 - pH
 - Recubrimientos
- ⇒ **INSPECCIÓN DETALLADA**

4

INSPECCIÓN DETALLADA (I)



ESTUDIO DE LOS PLANOS ORIGINALES



ESTUDIOS DE LOS ANTECEDENTES



PLAN DE INSPECCIÓN Y MUESTREO

- **PACHOMETRO**
- **ESCLEROMETRO**
- **ULTRASONIDO**
- **CARBONATACION**
- **RESISTIVIDAD**
- **POTENCIAL de CORROSION**
- **PERFIL DE CLORUROS**
- **VELOCIDAD DE CORROSIÓN**

5

INSPECCIÓN DETALLADA (II)



PLAN DE INSPECCIÓN Y MUESTREO

- **TOMOGRAFÍA**
- **GAMARADIOGRAFÍA**
- **RAYOS X**
- **VIBRACIONES**
- **EXTRACCIÓN DE TESTIGOS**
- **OBSERVACION VISUAL**
- **DEMOLICIÓN PARCIAL**
- **FISURAS**

6

EDIFICIO de OFICINAS

São Paulo, 1999

Vistoria → 1998

23 años

$f_{ck} = 18 \text{ MPa}$

Costo = 3 pisos nuevos completos

7

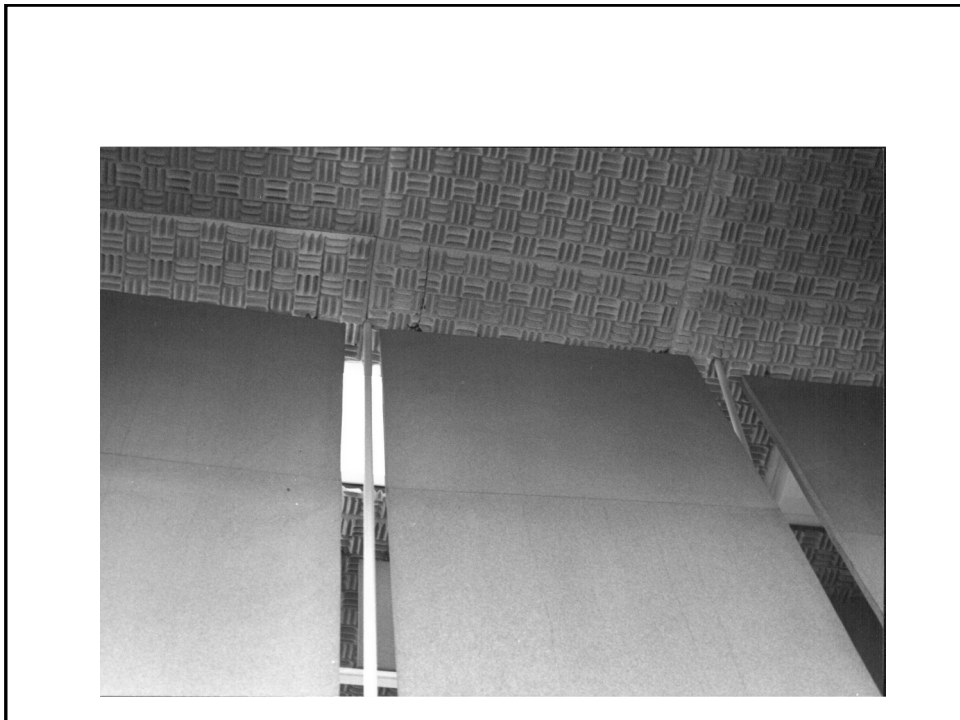
O PROBLEMA

**Colapso de parte da estrutura de uma laje
suplementar no último andar do edifício
situado na esquina da avenida Paulista com
a rua Augusta em São Paulo**

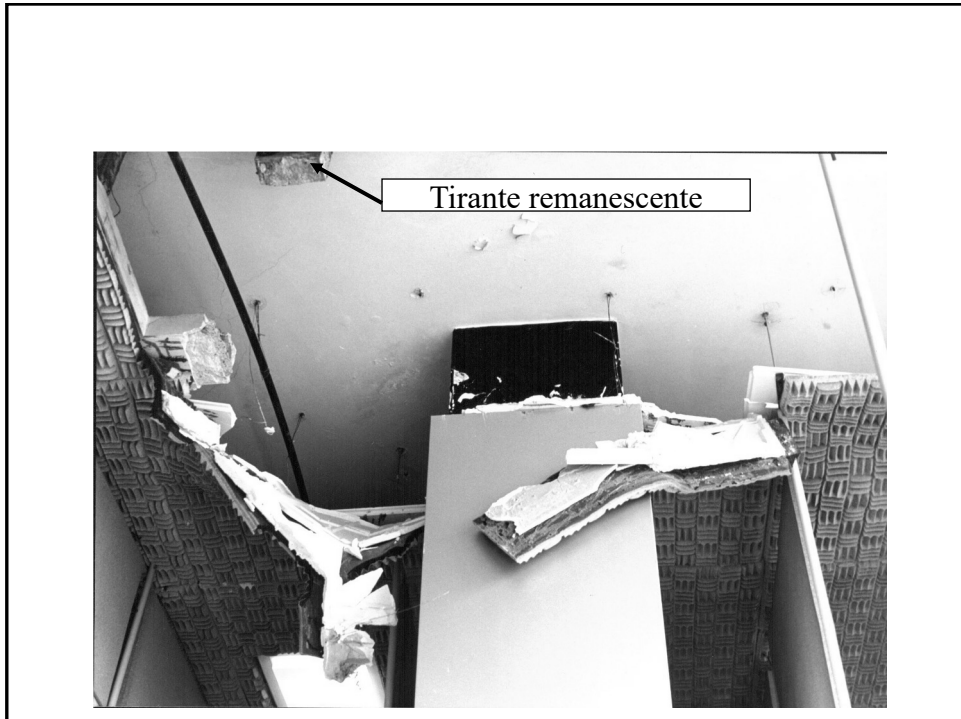
8



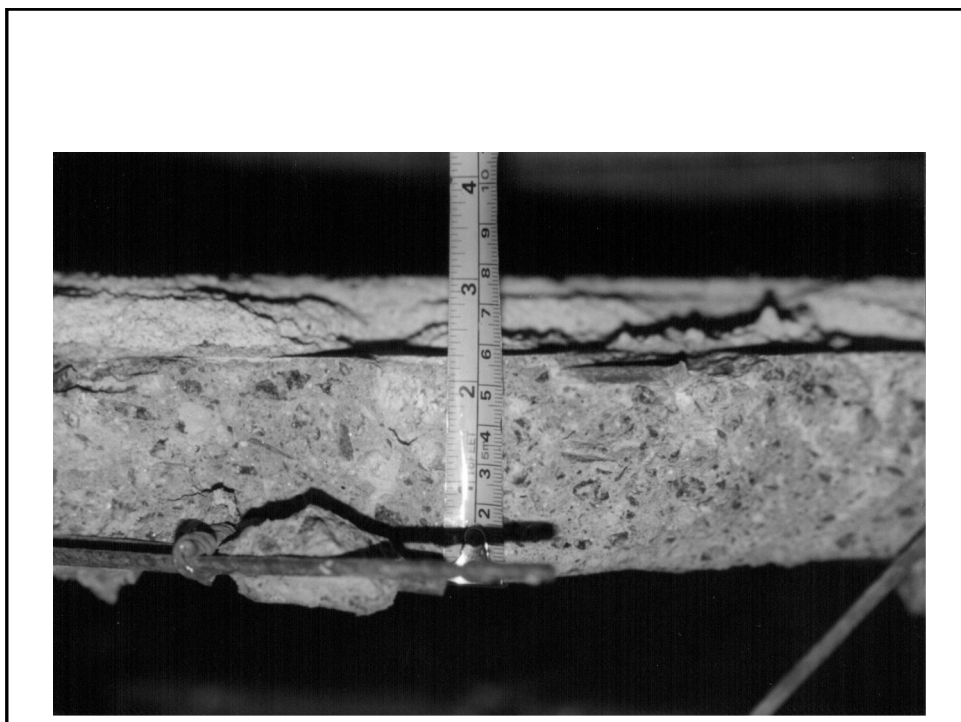
9



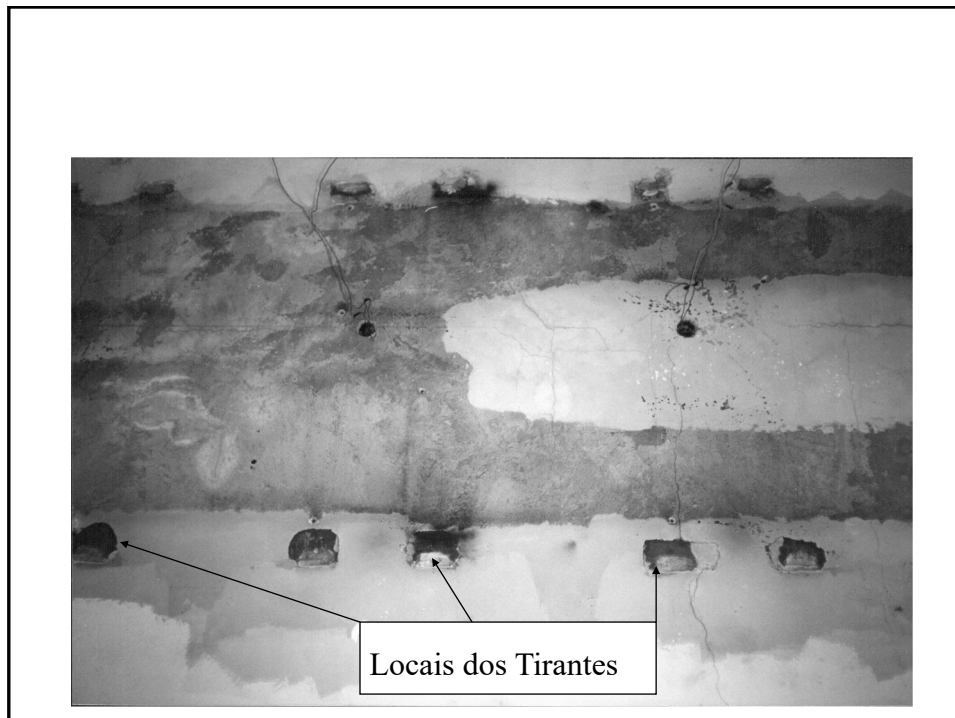
10



11



12



13

A PATOLOGIA

Corrosão das armaduras dos tirantes (pendurais) de sustentação da laje suplementar, construída em concreto armado.

14

HIPÓTESES PARA A OCORRÊNCIA DO PROBLEMA

- **Falta de manutenção permitindo o aparecimento de infiltrações que atacaram as armaduras ?**
- **Problemas executivos durante o processo de construção das lajes suplementares ?**
- **Solução técnica incompatível com as condições necessárias para estabilidade e durabilidade da estrutura, apesar de não infringir as normas da ABNT ?**

15

ENSAIOS REALIZADOS

- **Teor de cloretos;**
- **Dureza superficial por esclerometria;**
- **Resistividade elétrica superficial;**
- **Profundidade de carbonatação;**
- **Potencial de corrosão;**
- **Velocidade de corrosão.**

16

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

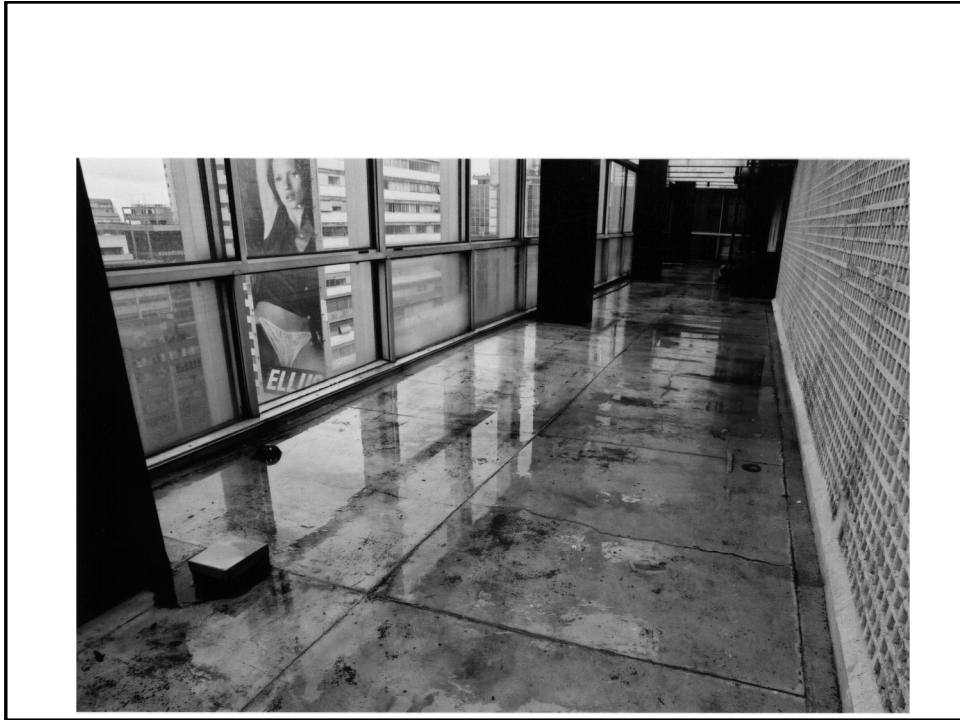
Infiltrações:

- Em levantamento visual, verificou-se “in loco” a inexistência de infiltrações na região sinistrada;
- Passado mais de um ano, não existe infiltração;
- As fissuras na laje de cobertura continuam secas e inativas (mortas);
- O piso da laje de cobertura encontra-se em bom estado.

17



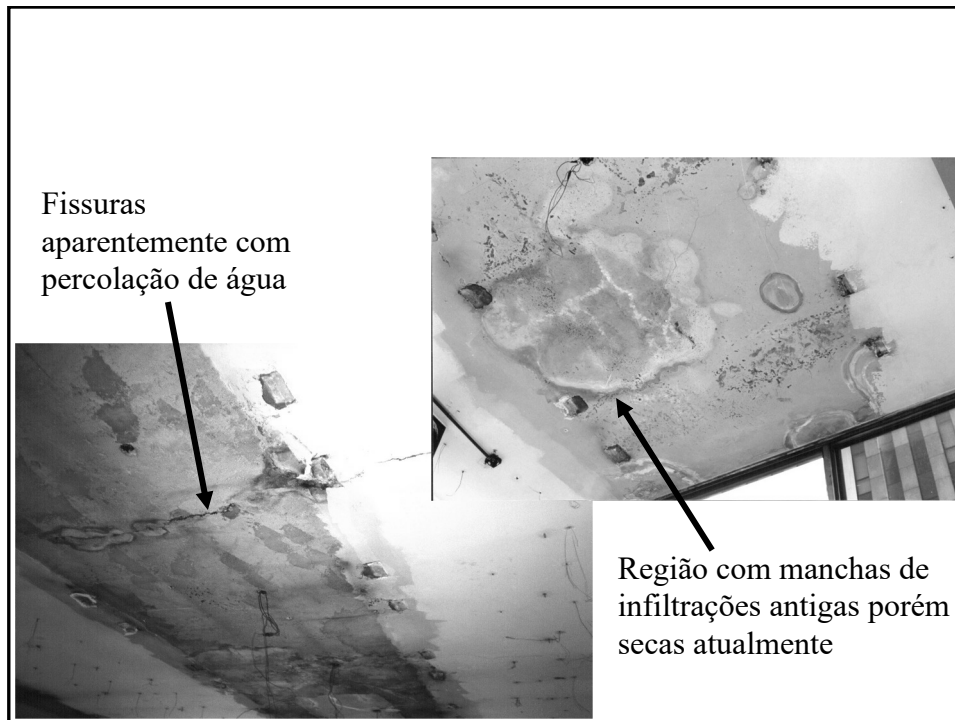
18



19



20



21

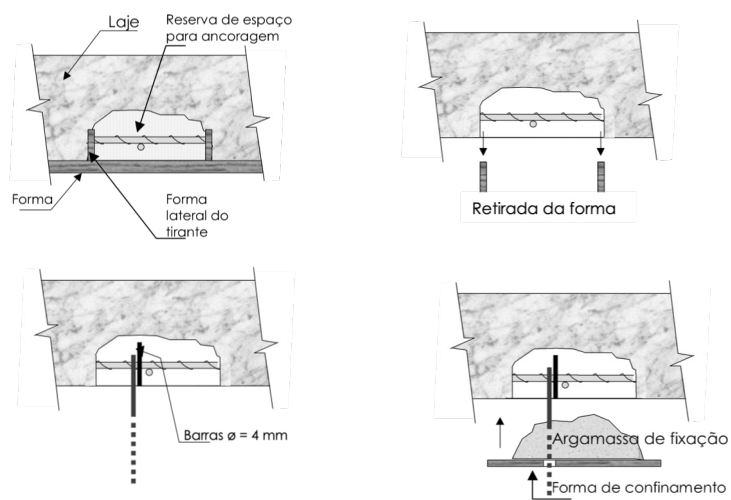
VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Problemas executivos:

Sistema construtivo não convencional com dificuldades operacionais para confecção e fixação, por tirantes, das lajes suplementares à laje da cobertura, propiciando a existência de deficiências na região de contato tirante/lajes.

22

Seqüência provável para execução dos tirantes



23



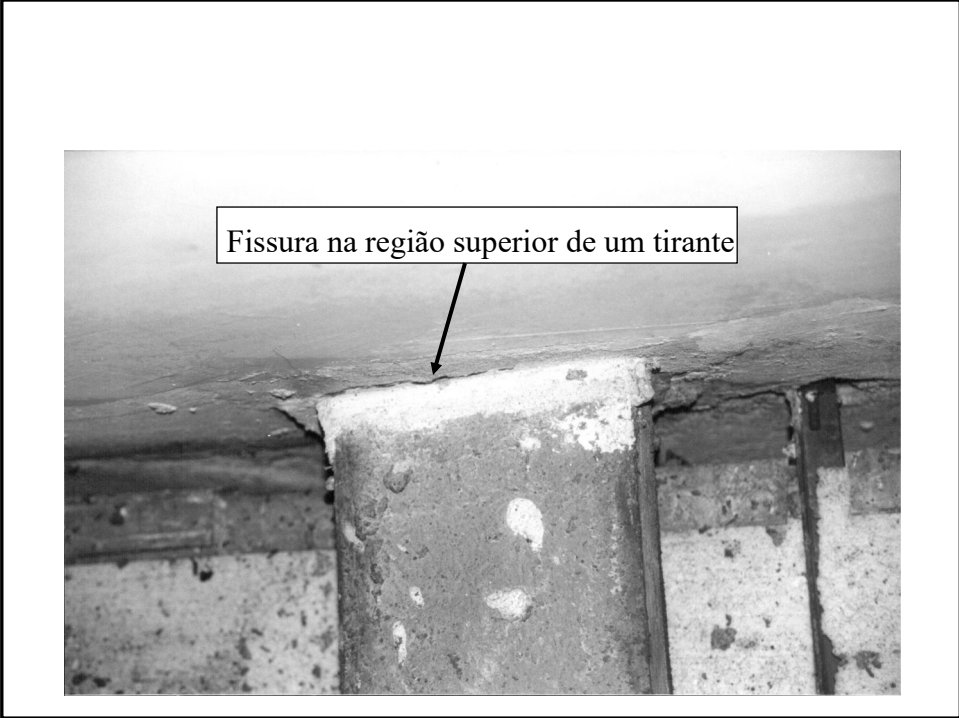
24



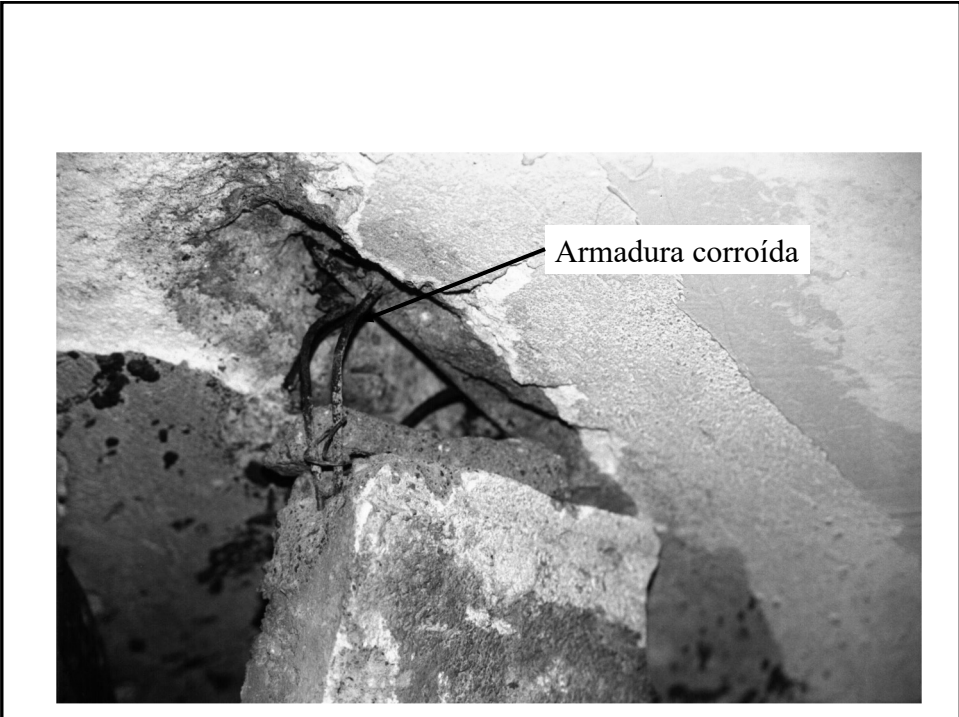
25



26



27



28

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Solução técnica adotada

No dimensionamento dos tirantes de concreto, foi considerada apenas a capacidade portante do aço, para suportar (sem romper) o peso da laje suplementar.

29

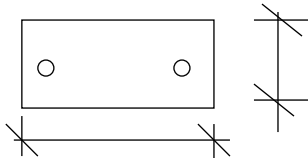
No dimensionamento de tirantes de concreto armado, a NBR 6118/ ABNT e as normas anteriores que a antecederam, indicam a verificação de duas condições de segurança :

- Segurança contra o colapso da peça;**
- Segurança contra a fissuração nociva (*durabilidade*).**

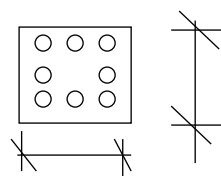
A experiencia recomenda que o cálculo de tirantes de concreto armado, requer a utilização de um número maior de barras de aço para uma mesma seção de armadura, aumentando-se assim o perímetro de contato.

30

Situação encontrada no caso em questão



Situação aconselhável



31

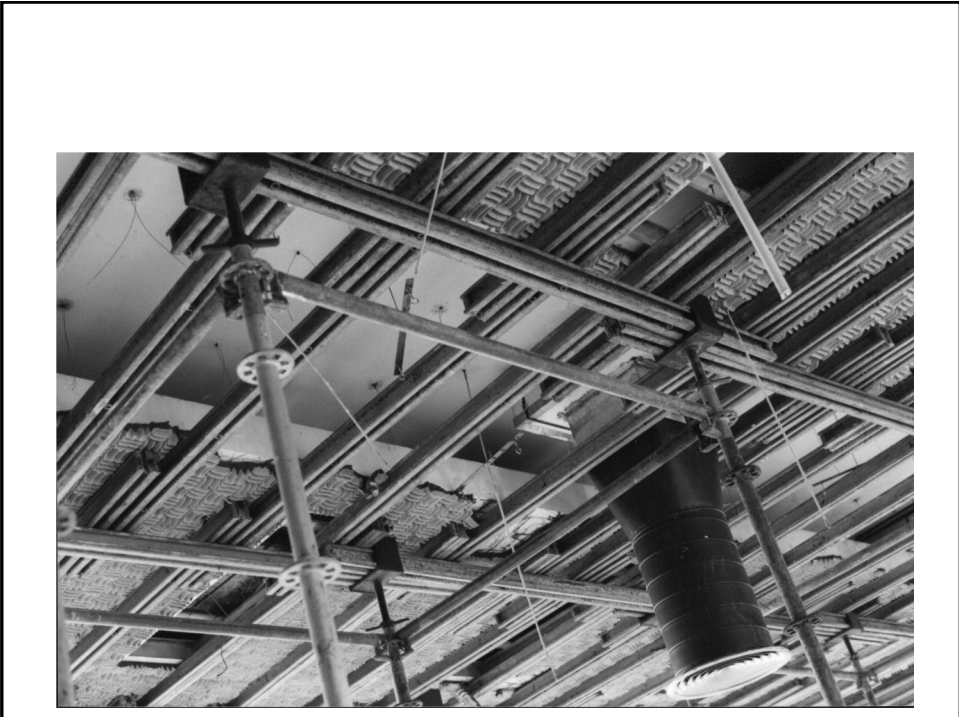
Providências adotadas após o acidente

- Análise criteriosa do problema e verificação do projeto estrutural (havia desenhos disponíveis da construção original);
- Remoção de móveis e equipamentos e escoramento emergencial;
- Elaboração de laudo de segurança para desinterditar o edifício junto ao CONTRU;
- Demolição técnica com utilização de cimento expansivo para minimizar vibrações na estrutura.

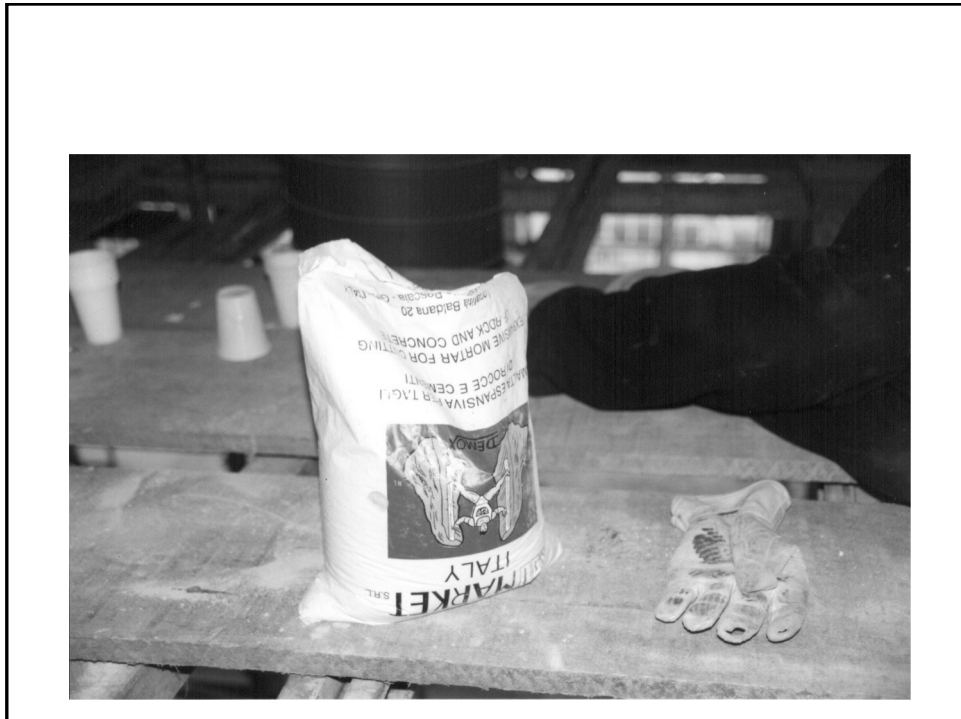
32



33



34



35



36



37

LECIONES

- Atención ao elaborar laudos técnicos em estruturas que sofreram modificações ou reformas:
ASSUMINDO RESPONSABILIDADES
- Quando executar obras de reforma que interferirem com a estrutura, mesmo que sejam apenas para fixação de materiais de acabamento, elaborar um documento contendo todas as modificações inseridas.

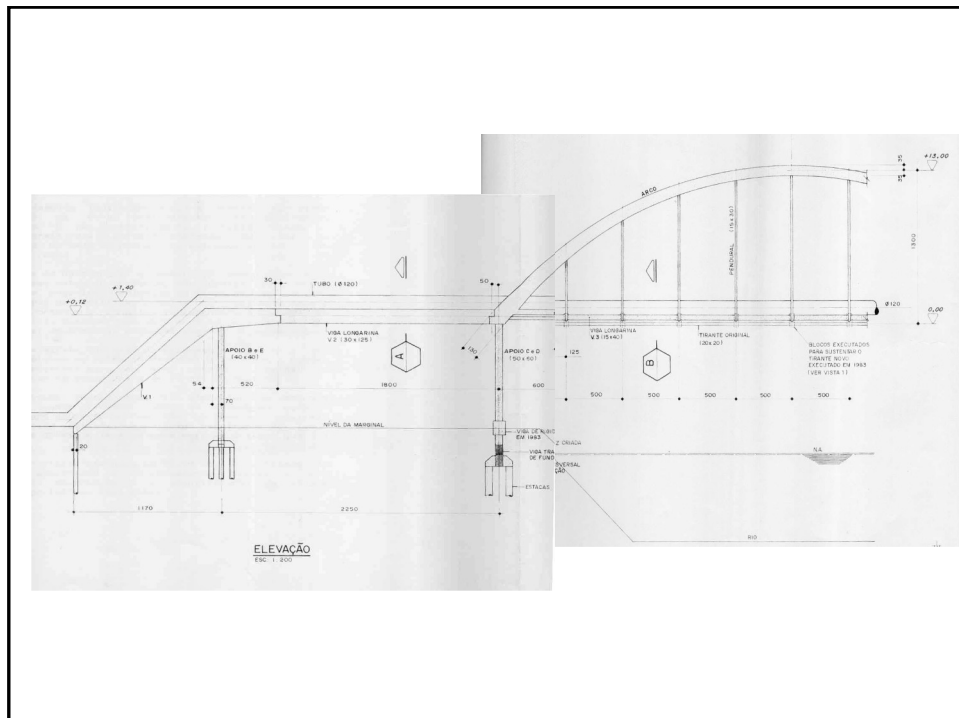
38

PONTE DO SOCORRO

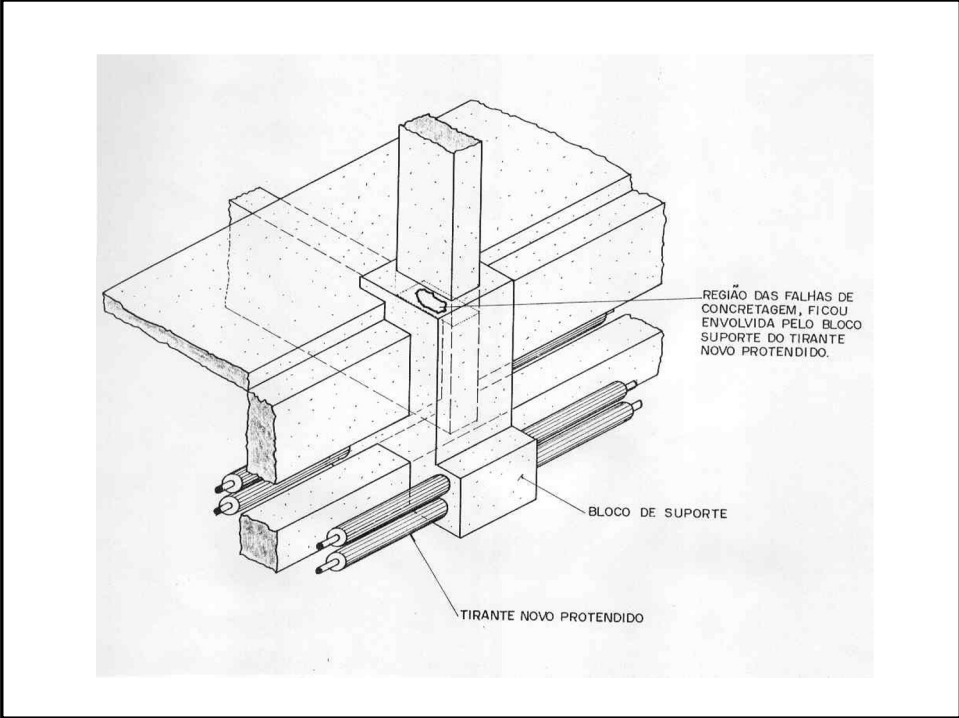
São Paulo, 28 junio 1988

- laudo 5 meses antes
- 27 años, $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$
- Inspecciones 81, 83, 84, 87,
- Enero 88
- Luz vano "52 mts."
- costo = incomensuravel

39



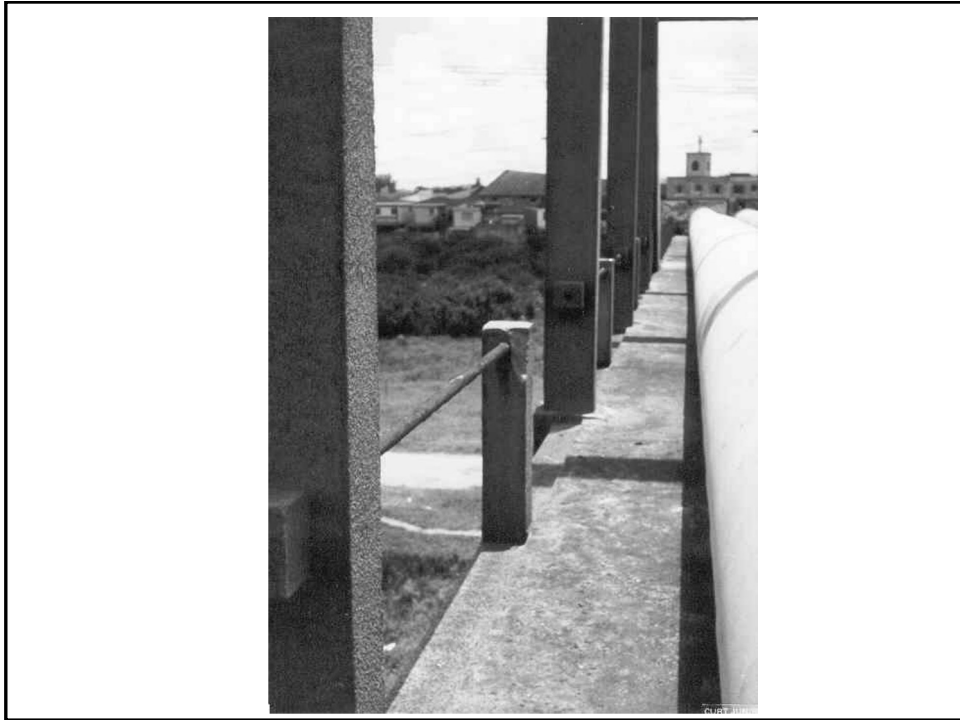
40



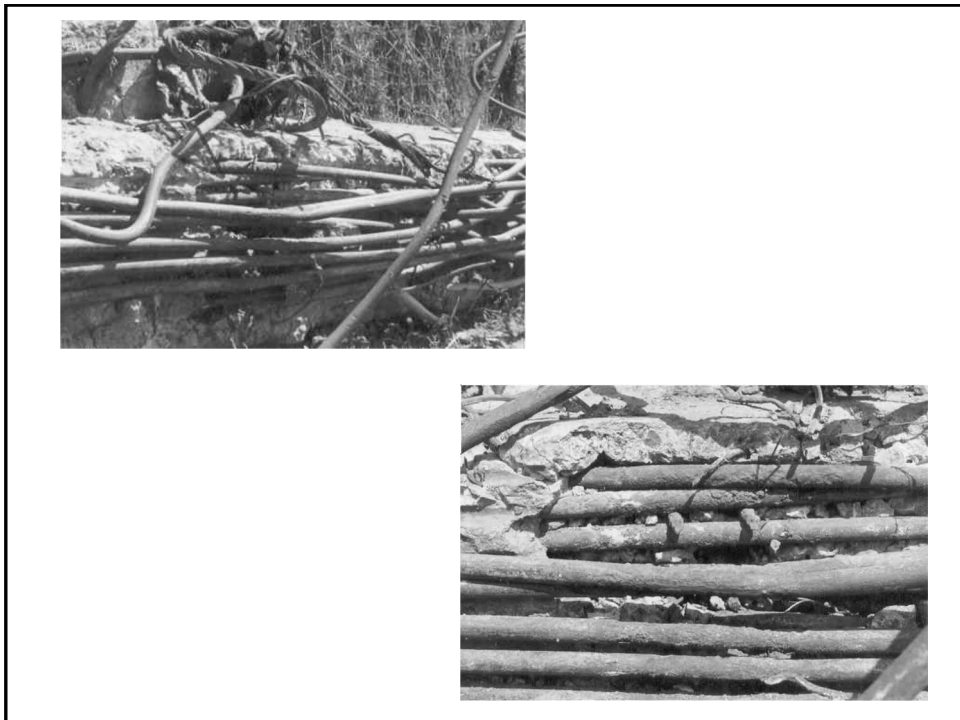
41



42



43



44

 **EDIFICIO de OFICINAS**
Tribunal Superior de Justiça

Brasilia, 1998

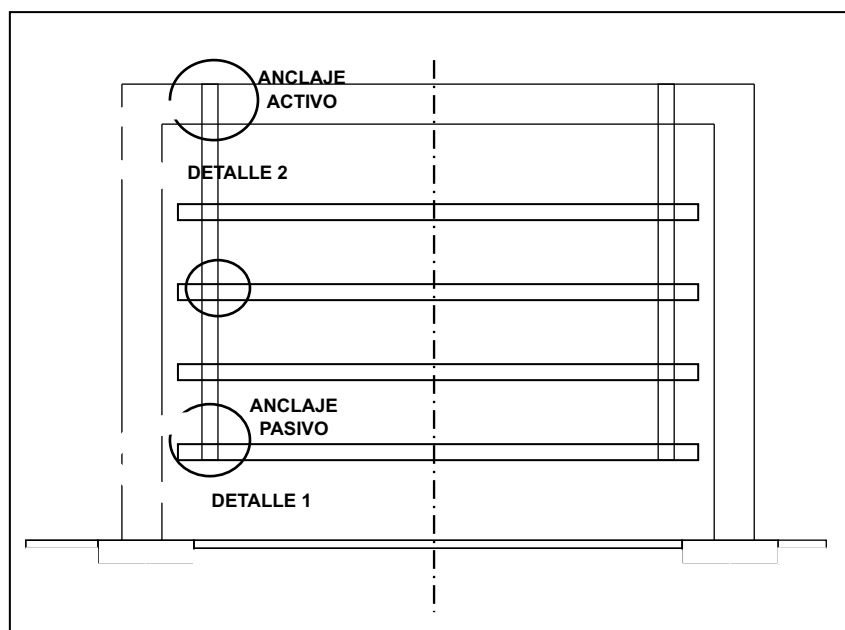
4 años

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Costo = edificio nuevo

45

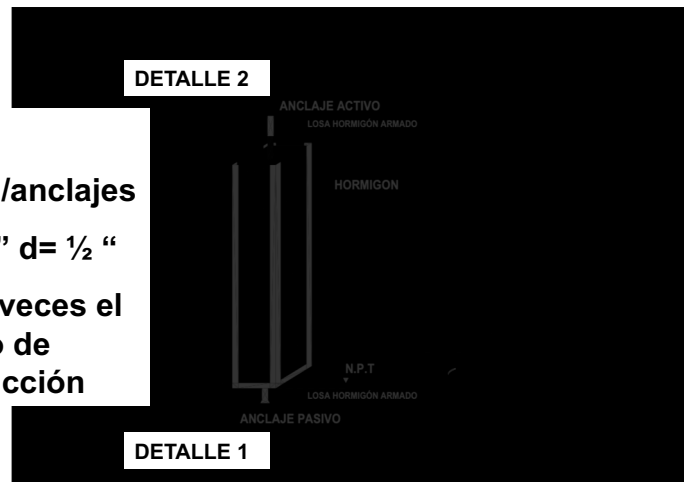
TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTICIA



46

TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTICIA

4 años
468 cables /anclajes
“Cordoalla” d= 1/2 “
Coste 9.5 veces el
costo de
construcción



47

PONTE DOS REMEDIOS

São Paulo, 1997

Lauda 6 meses antes

36 años

$f_{ck} = 21$ MPa

Costo = 3 veces un puente nuevo

48

SILO de CEREALES

Santa Catarina, 1995

Laudo de vistoria 2 meses antes

21 años

$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$

Costo = 1,2 nuevo

49

Marquesinas

Saõ Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul

Rio de Janeiro,,

50

FISURACIÓN BAJO TENSIÓN

⇒ FRAGILIZACIÓN DEL ACERO

⇒ (PRE) CONCEPTOS USUALES

- ESTRUCTURAS PRETENSADAS
- CLORUROS

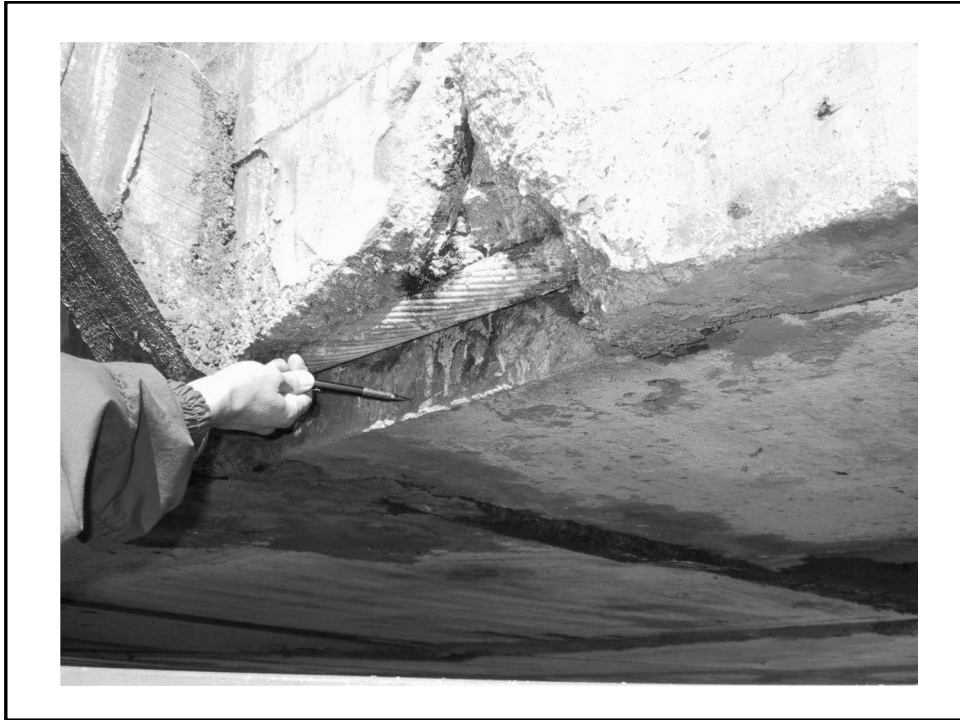
HORMIGÓN ARMADO ?

CARBONATACIÓN ?

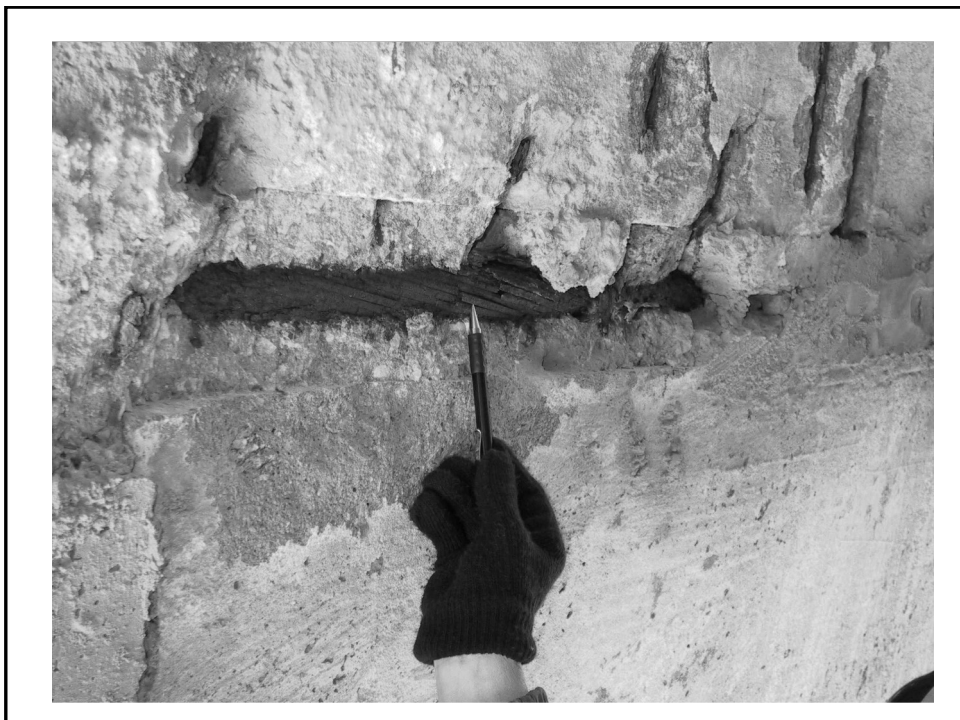
51



52



53



54



55

RECOMENDACIONES

- 🚧 **ATENCIÓN A SOLUCIONES con TIRANTES EN H.A. Y H.P. (no avisan)**
- 🚧 **DIMENSIONAR EN ESTADIO UNO (!)**
- 🚧 **PROTEGER (Como ?)**
- 🚧 **INSPECCIONAR PERIODICAMENTE (Como ?)**

56