

COOPERACION IBEROAMERICANA
CYTED
CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO

IREHABILITAR
Red Temática XV.F

CYTED

Colégio de Ingenieros

Procedimientos de Reparación

Tradición y Modernidad

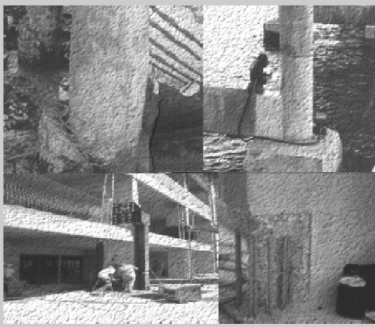
Eng. Paulo Helene
*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Deputy Chairman of fib (CEB-FIP) Commission 5 "Structural Service Life Aspects"
Coordinador Internacional de la Red REHABILITAR CYTED
Presidente do IBRACON*

Barcelona **26 de Noviembre de 2003**

IREHABILITAR
Red Temática XV.F

1

rehabilitar



Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón
Reparación, Refuerzo y Protección

Introducción

Rehabilitación de Estructuras de Hormigón

IREHABILITAR
Red Temática XV.F

CYTED

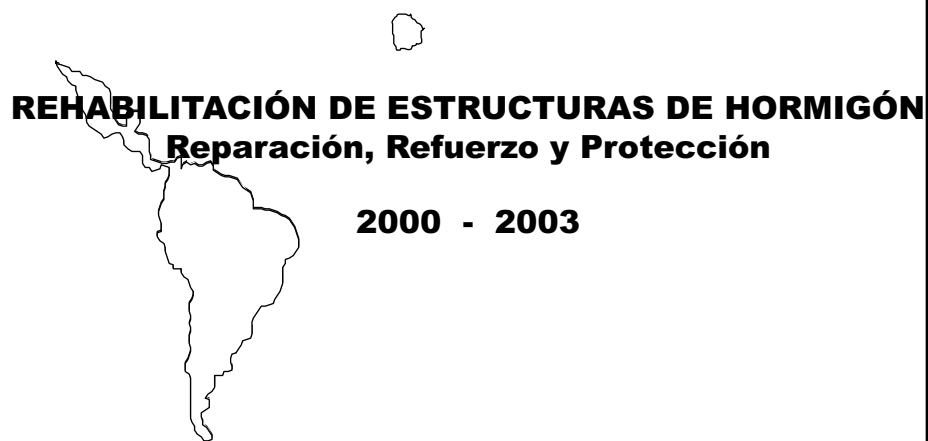
2

Rehabilitación de Estructuras de Hormigón

1. Histórico de la Red
2. Contenido y Uso del Manual
3. Importância
4. Metodología de Intervención
5. Alternativas de Solución

3

Histórico de la Red Rehabilitar



4

Histórico de la Red Rehabilitar

**CYTED Sub Programa XV
CORROSIÓN e IMPACTO AMBIENTAL SOBRE MATERIALES
Coordinador Internacional: Dra. Carmen Andrade**

**RED XV.F
RED REHABILITAR
Rehabilitación de Estructuras de Hormigón
Coordinador: Eng. Dr. Paulo Helene
Professor Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
USP - Brasil**

Rehabilitación de estructuras de hormigón

5

Histórico de la Red Rehabilitar

OBJETIVO

- ◆ **El objetivo principal de la RED REHABILITAR es transformar el conocimiento existente y disperso sobre materiales y técnicas de intervención en estructuras de hormigón para corrección de problemas patológicos, en un MANUAL práctico y objetivo que pueda ser utilizado por el medio técnico de forma general e irrestricta.**

Rehabilitación de estructuras de hormigón

6

PRODUCTOS

- ◆ **Fomentar el intercambio de experiencia entre variados y renombrados profesionales ibero-americanos, con el fin de organizar adecuadamente el conocimiento existente sobre el tema.**
- ◆ **Publicar un Manual Práctico de REPARACIÓN Y PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.**
- ◆ **Indicar que materiales y sistemas son aún poco conocidos y deben ser objeto de nuevas investigaciones.**

7

PRODUCTOS

- ◆ **Transferir el conocimiento a través de cursos, encuentros, reuniones técnicas; publicaciones, visando actualizar el conocimiento del medio técnico de Ibero-America, sobre el tema de rehabilitación de estructuras.**
- ◆ **Apoyar y fomentar investigaciones e intercambios entre centros de enseñanza e investigación en Ibero America.**

8

Histórico de la Red Rehabilitar

PARTICIPACIÓN



España

México

Paraguay

Peru

Portugal

Uruguay

Venezuela

Rehabilitación de estructuras de hormigón

9

Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón Reparación, Refuerzos y Protección

Rehabilitación de estructuras de hormigón

10

Indice General	
	Introducción Paulo Helene Brasil
1	Acciones sobre estructuras de hormigón Raul Husni Argentina
2	Orientación para el diagnóstico Vitervo O'Reilly Cuba Enio Pazini Brasil

11

Indice General	
3	Orientación para la Selección de la Intervención Antonio Aguado España
4	Materiales y Sistemas Oladis de Rincón Venezuela
5	Preparación del Sustrato Harold Muñoz Colombia

12

Indice General	
6	Procedimientos de reparación Gaby Quesada Peru
7	Procedimientos de Reparación y Protección de Armaduras Arlindo Portugal Carmen y Marta Castellote España

13

Indice General	
8	Procedimientos de Refuerzo Hugo Barrera Chile
9	Protección y Mantenimiento de Estructuras Jorge Franco y Fernanda Uruguay

14

Indice General	
10	Composición Unitaria de Precios Paulo Helene Brasil
11	Control de Calidad y Criterios Para la Recepción Pedro Castro México
12	Glosario Pedro Castro México

15

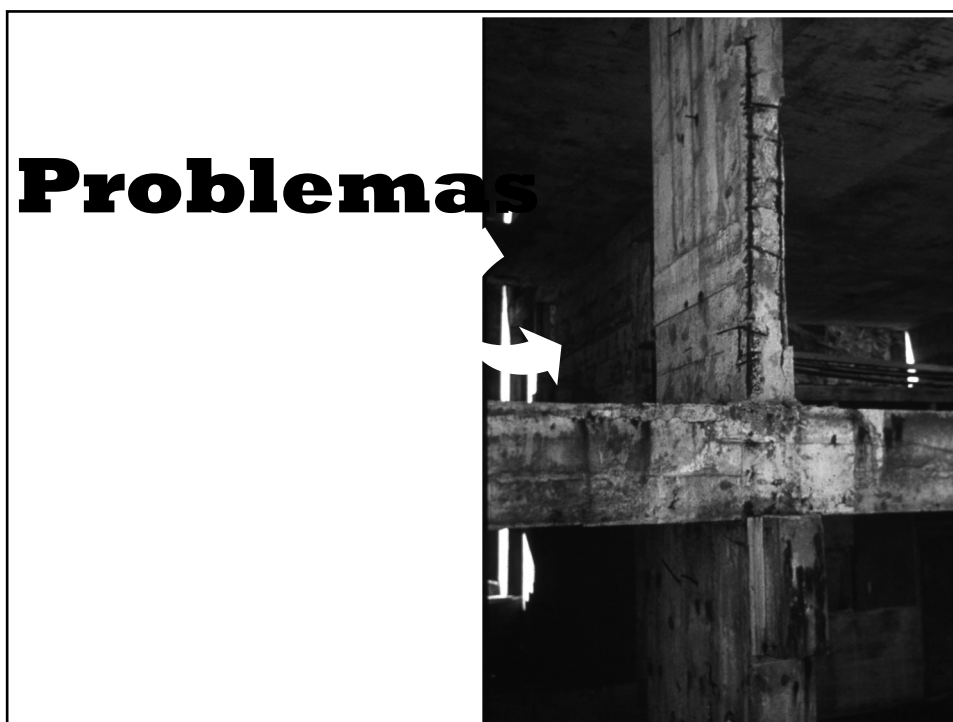
HARIK ⇒ ASCE USA Bridge Failures DUNKER & RABAT ⇒ Iowa State University SKALNY ⇒ Concrete Durability: a Multibillion-dollar Opportunity
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 600.000 pontes ➤ 40 anos → 120 incidentes graves ➤ 40 anos → 91 colapsos ➤ 200.000 deficientes ➤ 130.000 restrições de carga ➤ 6.000 interditadas ➤ 150 a 200 tramos graves / ano

16

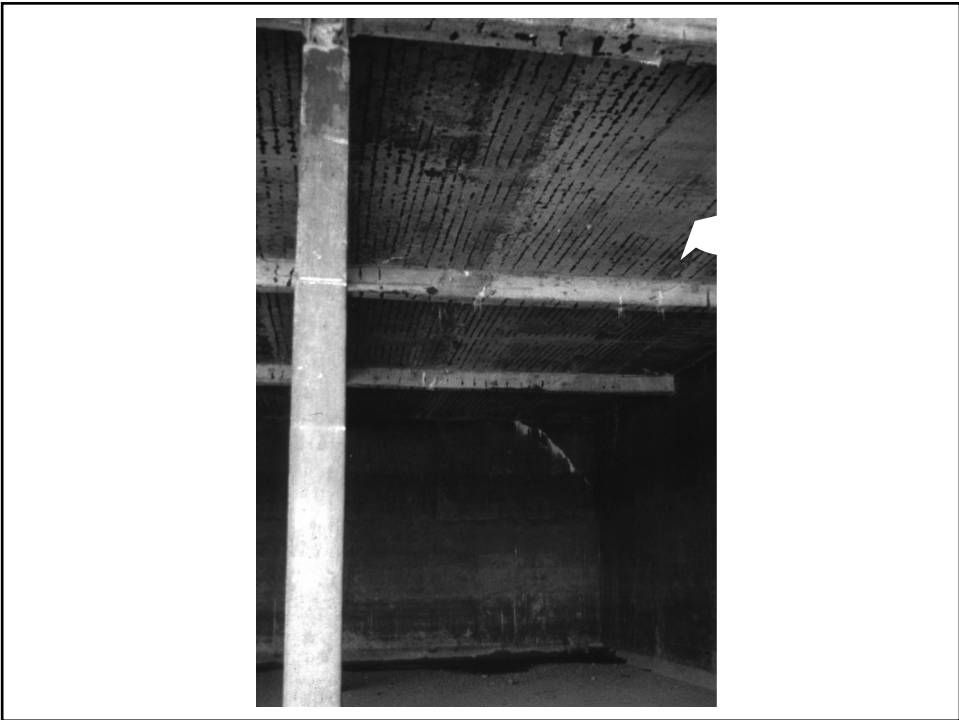
MAGALHÃES, POLLONI & FURMAN ⇒ Situação crítica das obras de arte SP e BR
KLEIN & CAMPAGNOLO ⇒ UFRGS Pontes e viadutos no país

- **60.000 pontes e viadutos**
- **São Paulo 30 pontes 181 viadutos**
- **SP → 6.128 obras DER / SP**
- **SP → 58% corrosão**
- **12% alto risco**
- **22% médio risco**
- **drenos; juntas; apoios; fissuras**

17



18



19



20

Por quê?

**Alteração das características
iniciais do concreto**

- ✓ *Perda da passivação*
- ✓ *Corrosão eletroquímica*

21

Por quê?

Falta diagnóstico:

- ✓ **origem;**
- ✓ **agentes causadores;**
- ✓ **sintomas;**
- ✓ **mecanismo.**

22

Por quê?

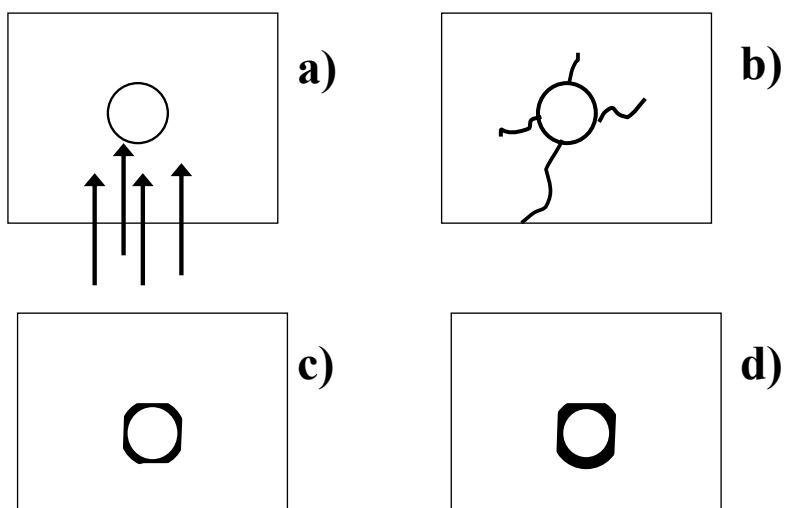
✓ cloretos

✓ carbonatação

húmus, fungos, fissuras, lixiviação, retração

23

Deterioração progressiva devida a corrosão de armaduras



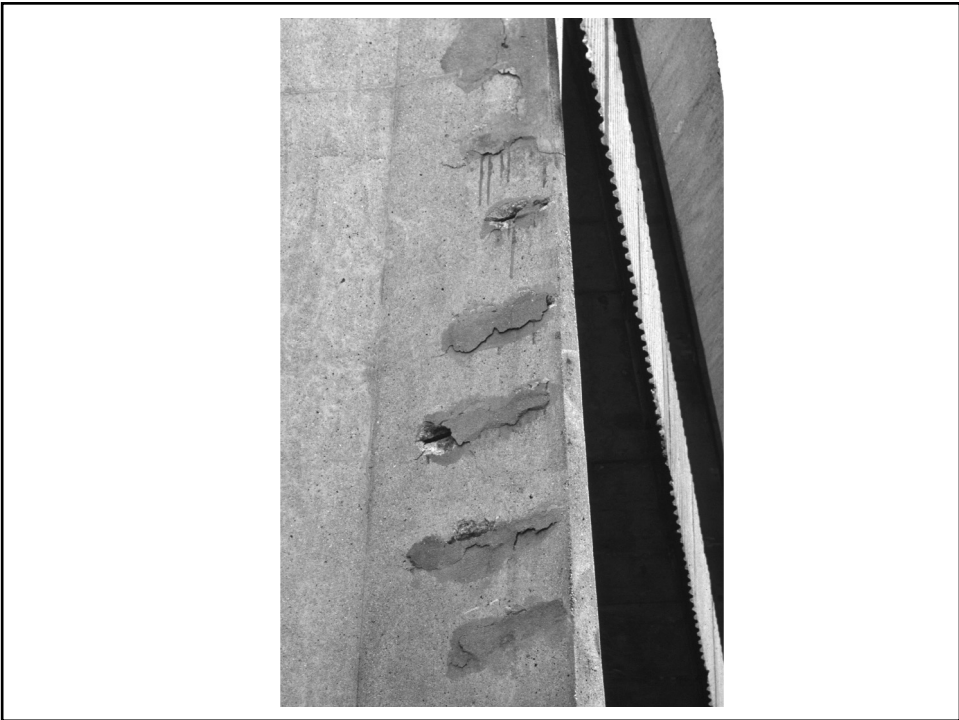
24

INSUCESSOS!

25



26



27



28



29



30



31



32

Por quê?

falta:

- diagnóstico
- material
- procedimento
- visão sistêmica

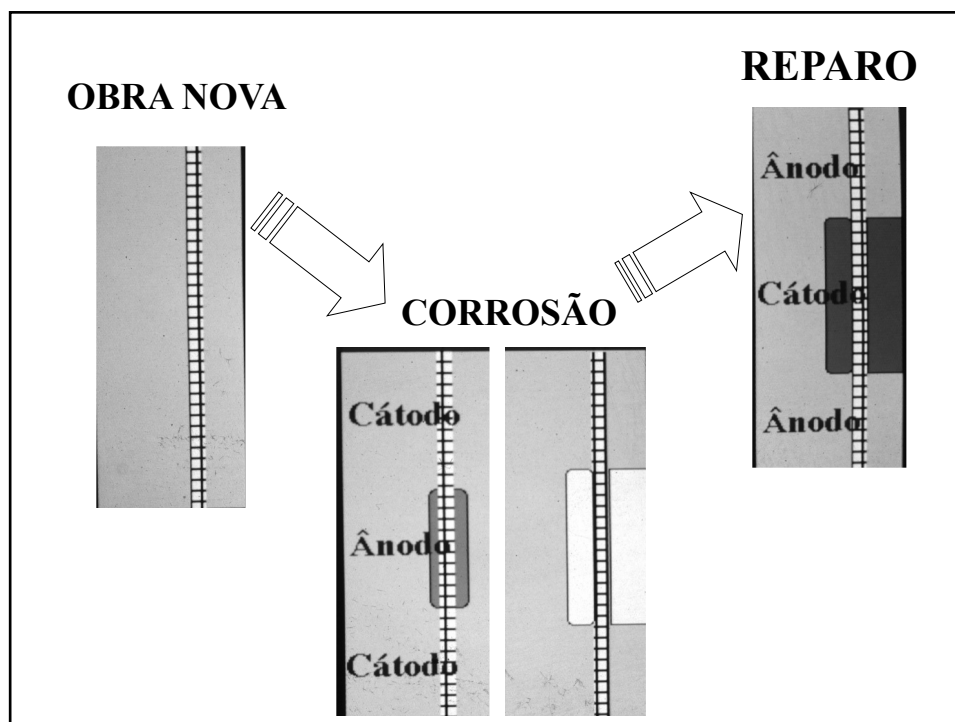
33

OBRA NOVA

X

REPARO

34



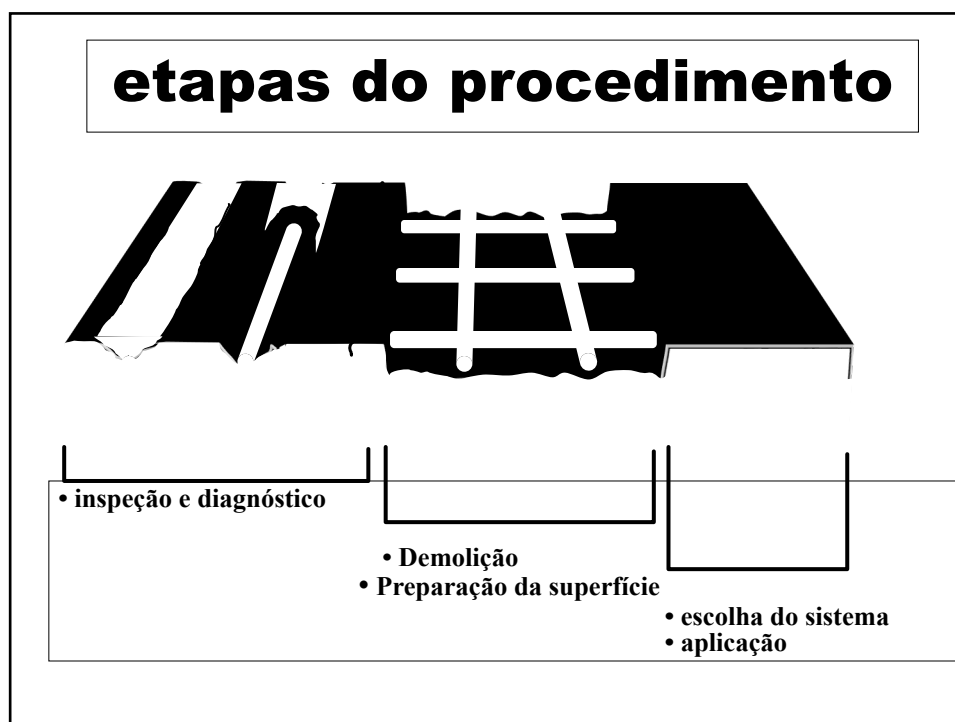
35

METODOLOGIA DE REPARO

36



37



38

Lavagem da Superfície

39

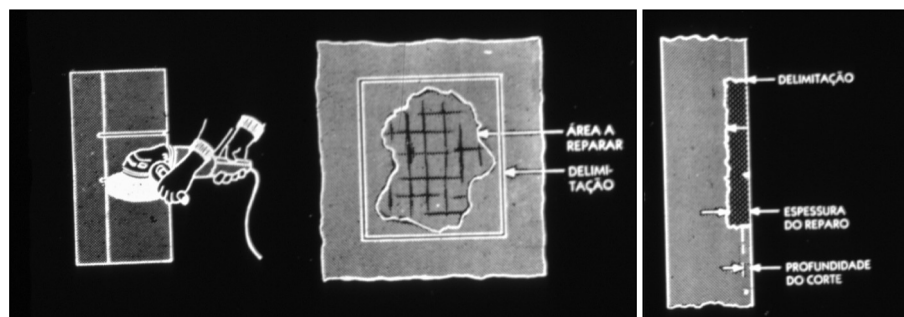


40

Delimitação das Regiões de Reparo

41

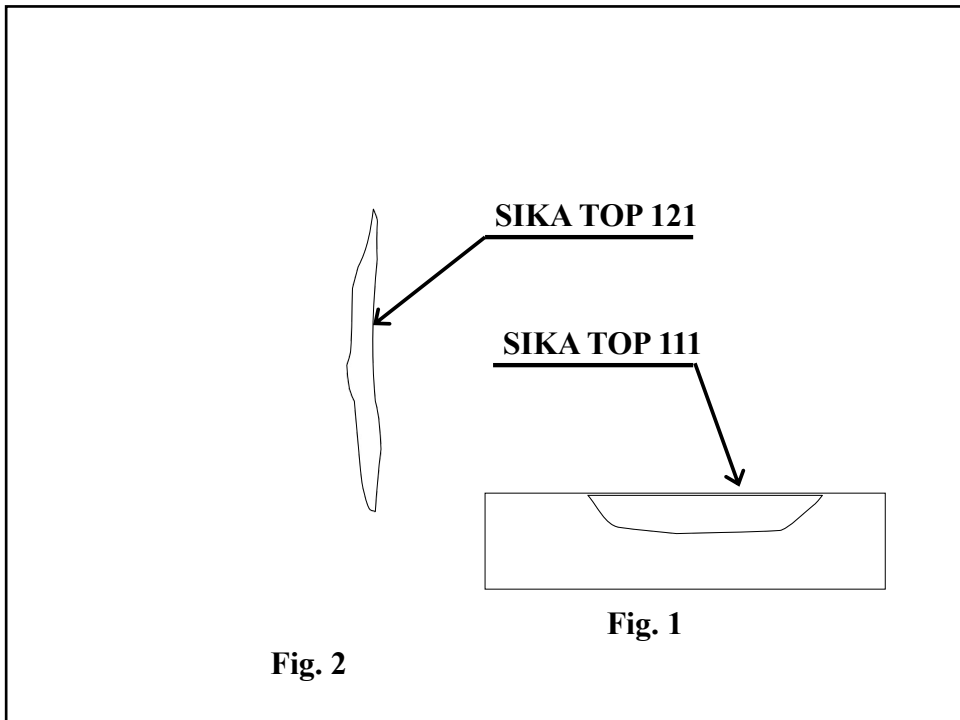
Delimitação das regiões de reparo



42



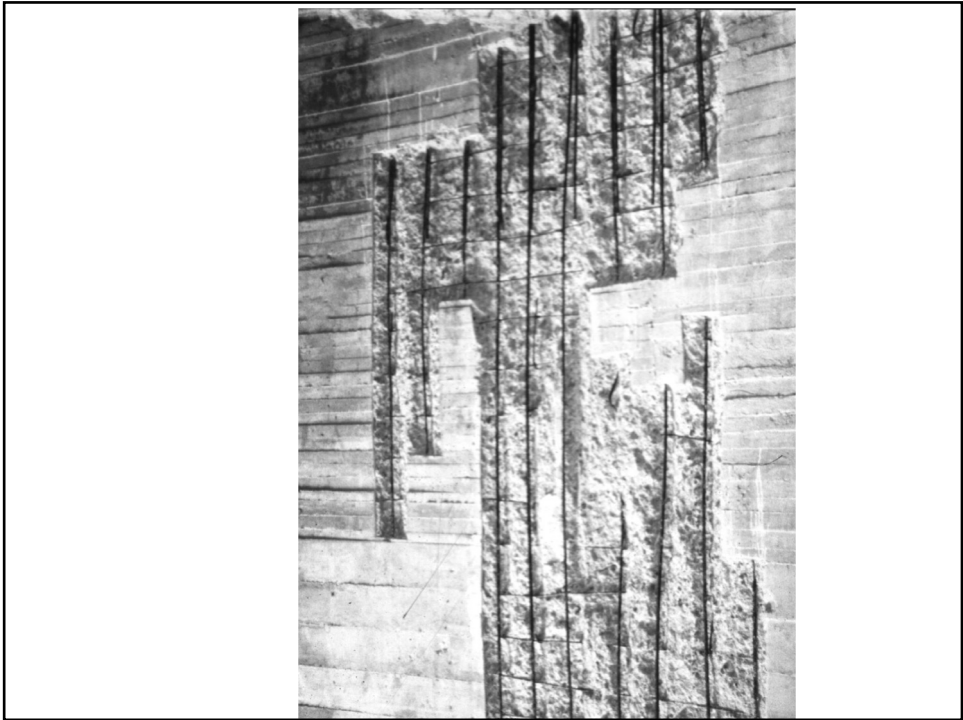
43



44



45



46

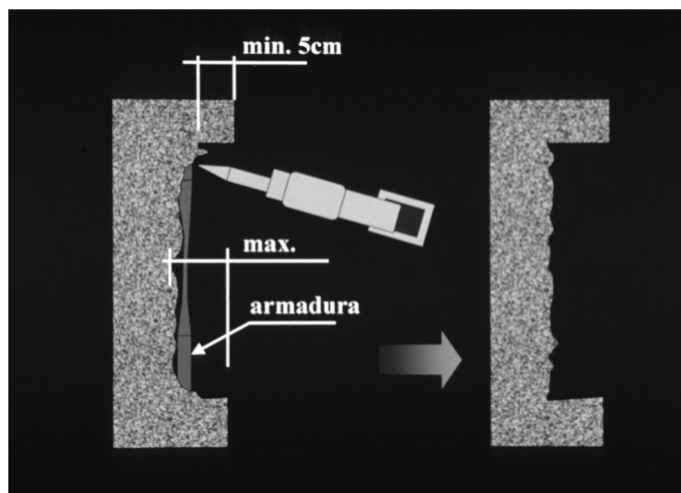


47



48

ESCARIFICAR, CORTAR ARMADURA, LIMPAR



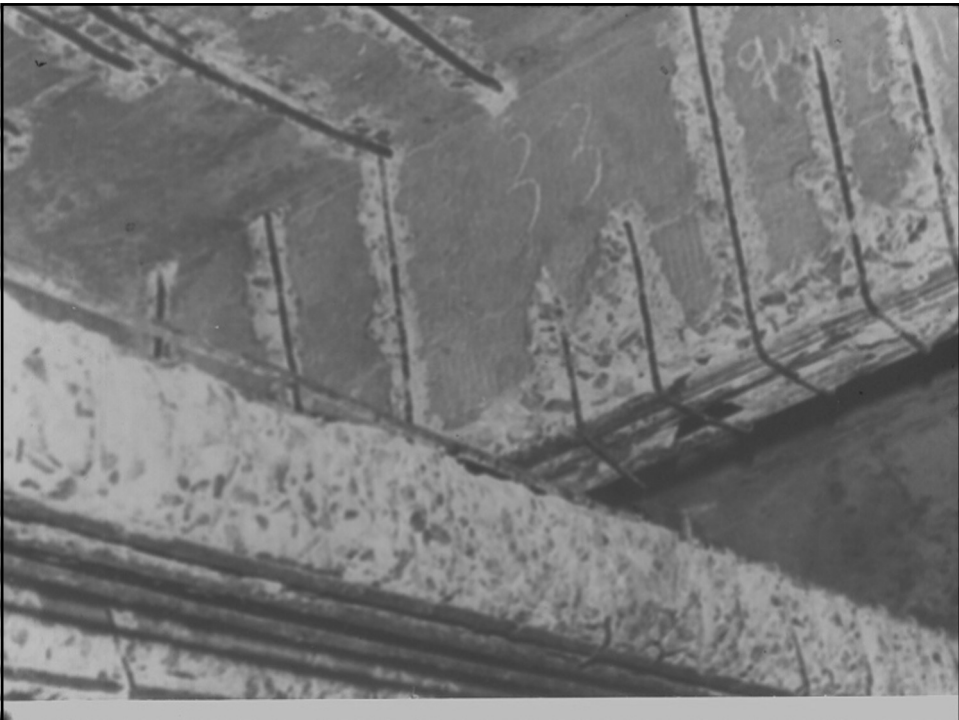
49



50



51



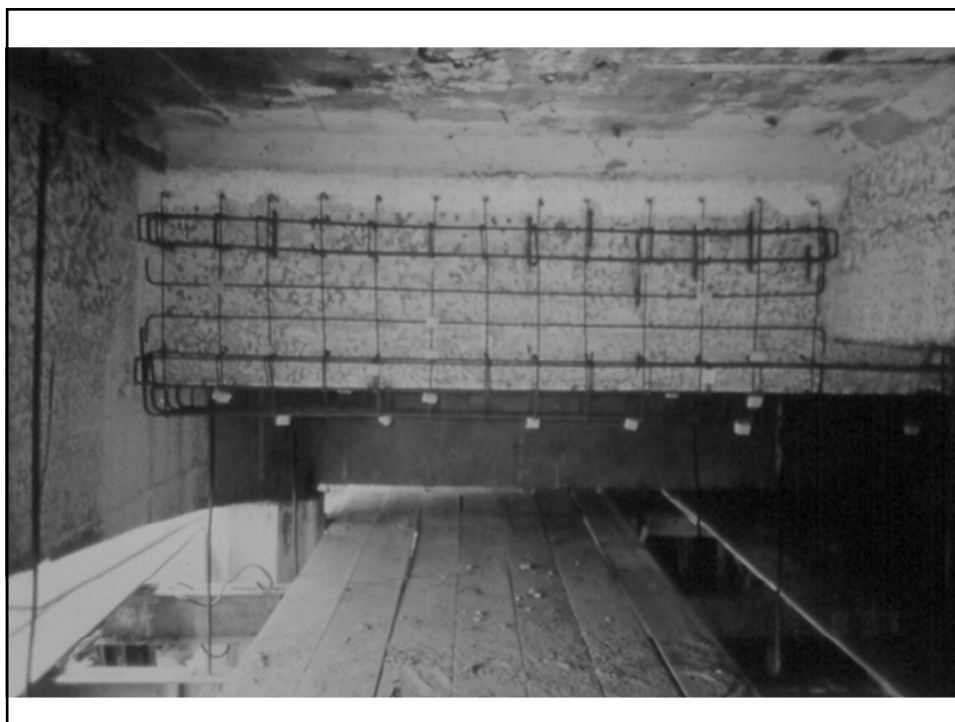
52



53



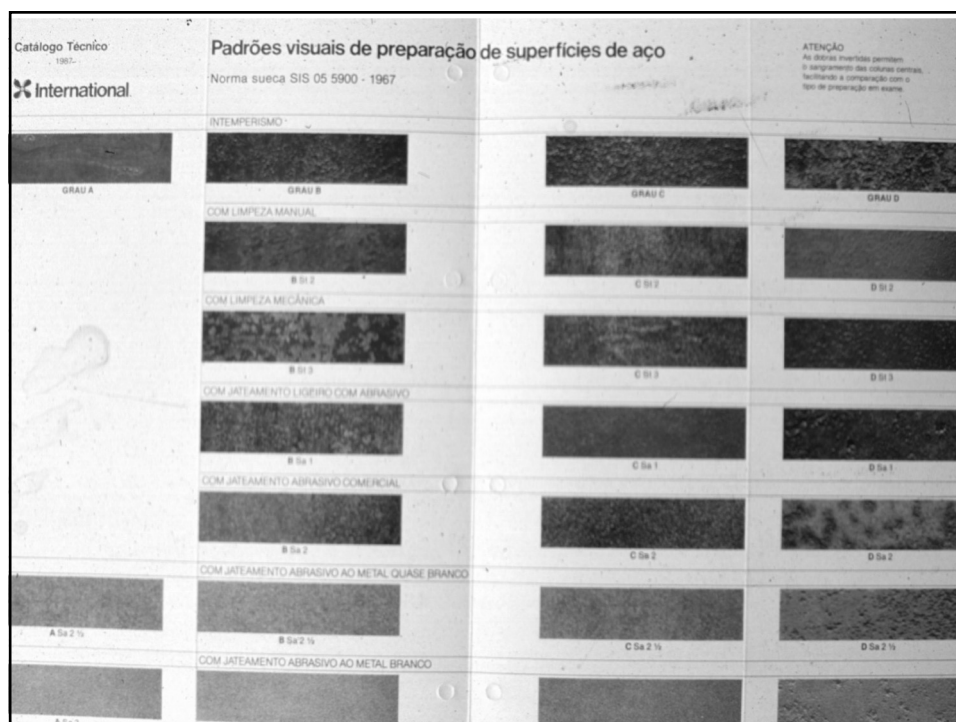
54



55

**LIMPEZA DAS
SUPERFÍCIES DO
CONCRETO E ARMADURAS**

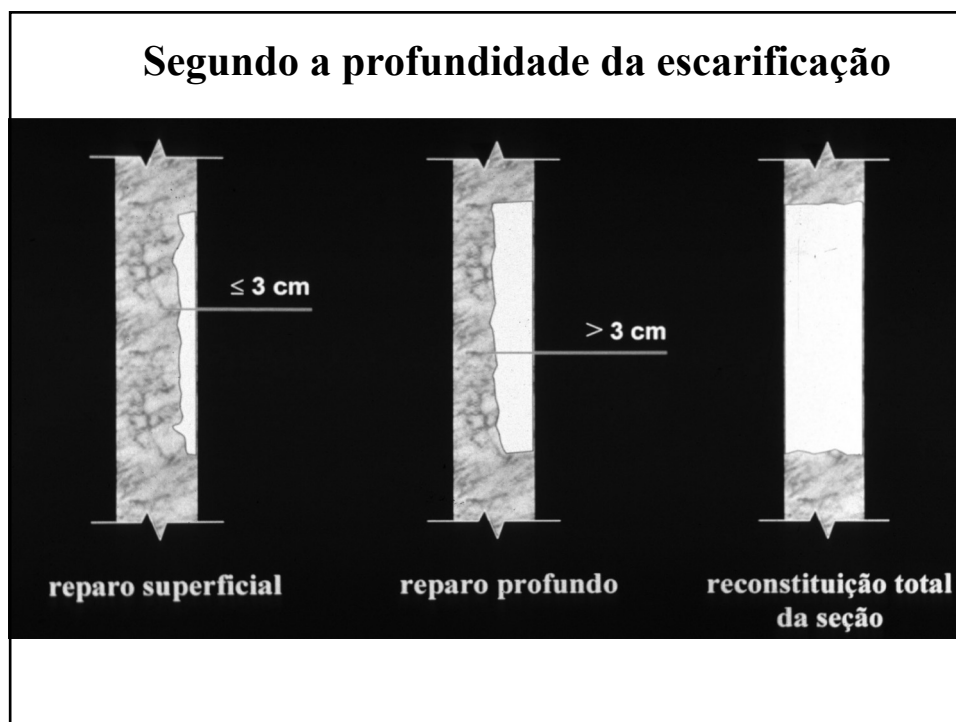
56



57

RECONSTITUIÇÃO DA PEÇA EM REPARO

58



59

Morteros

- Base cimento modificado com polímeros

- Base orgânica (epóxi, poliéster)

60



61



62



63



64



65



66



67



68

REPAROS PROFUNDOS ($e > 50$ mm)

1. GRAUTE BASE DE CIMENTO

(Adição de agregados graúdos)

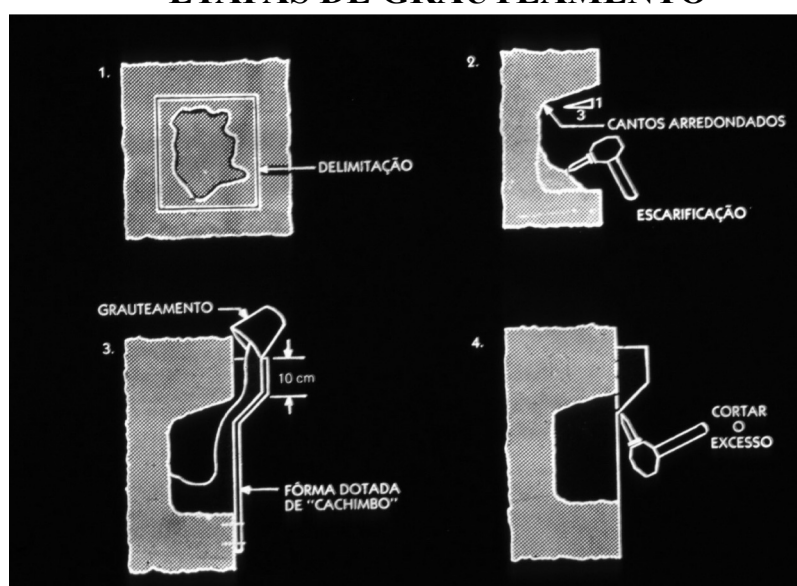
2. MICRO-CONCRETO

3. CONCRETO

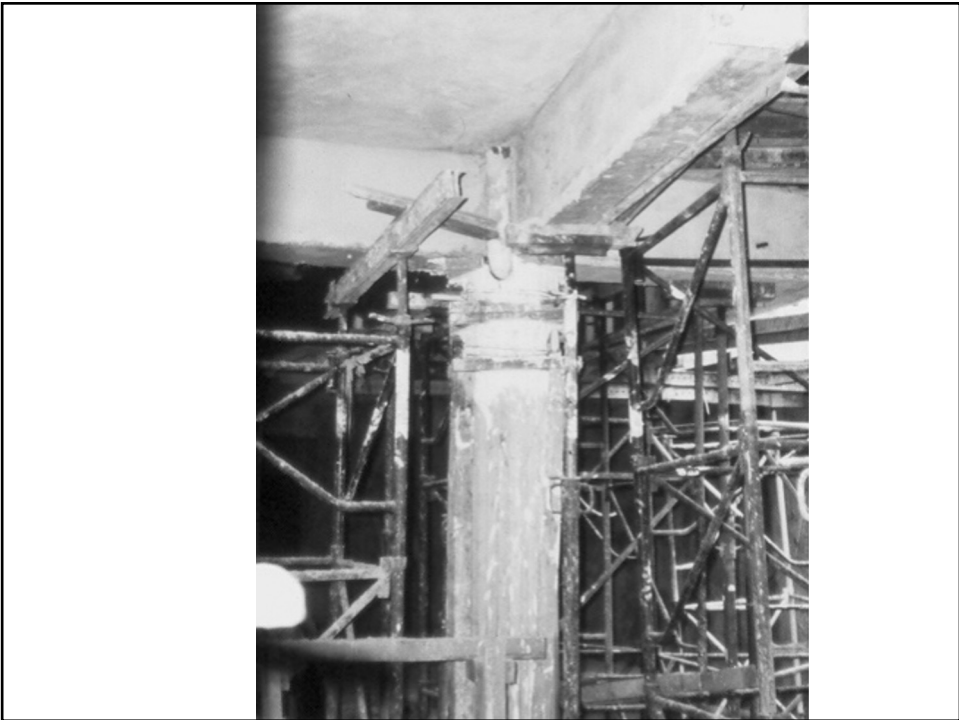
4. CONCRETO PROJETADO

69

ETAPAS DE GRAUTEAMENTO



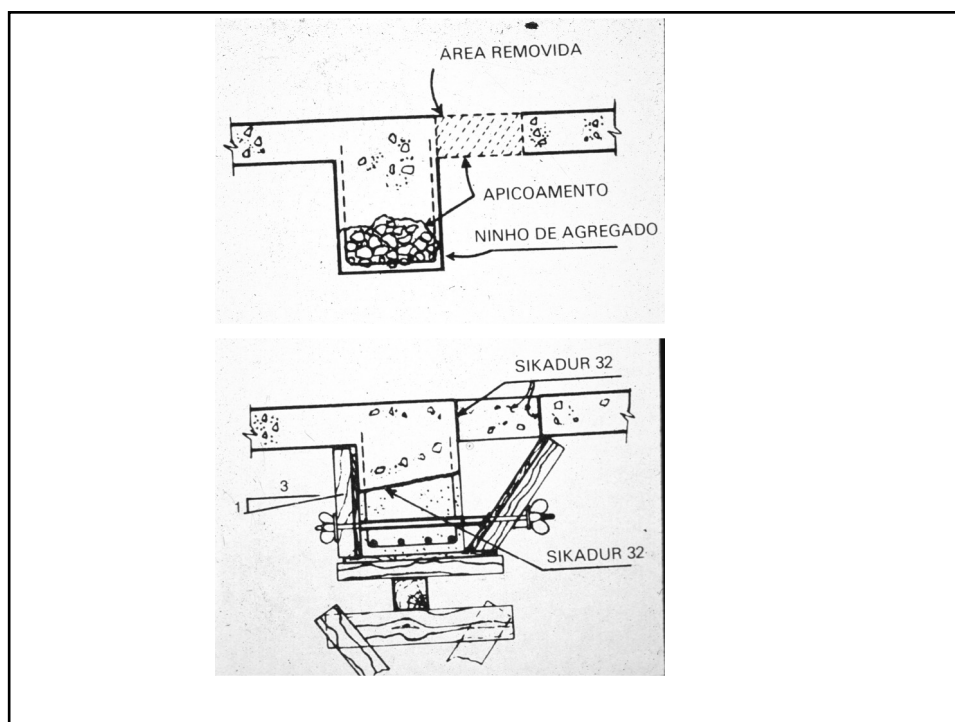
70



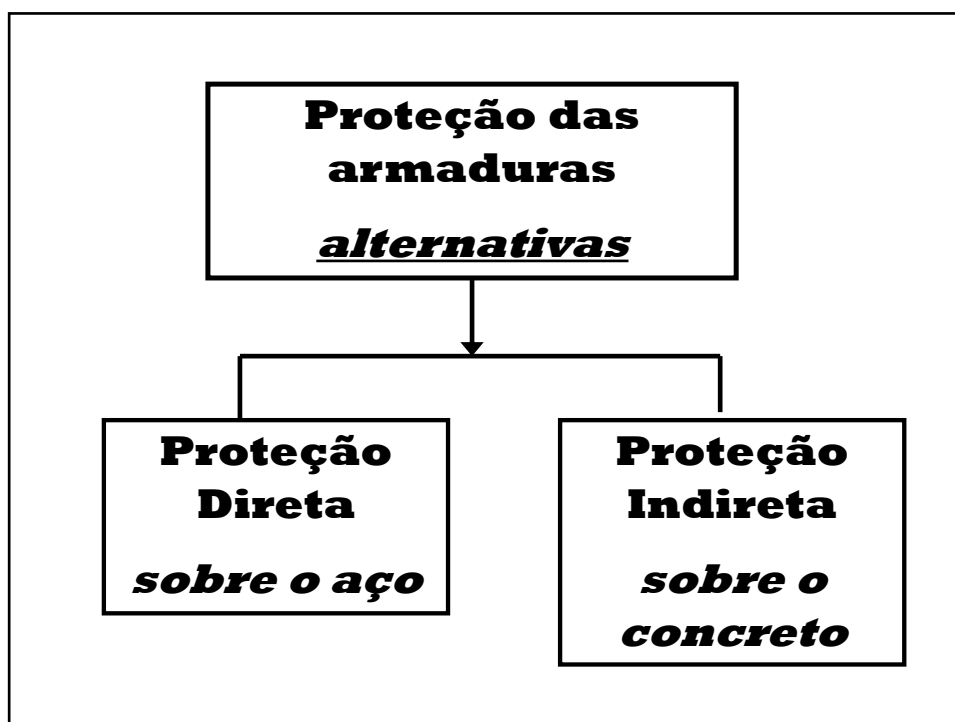
71



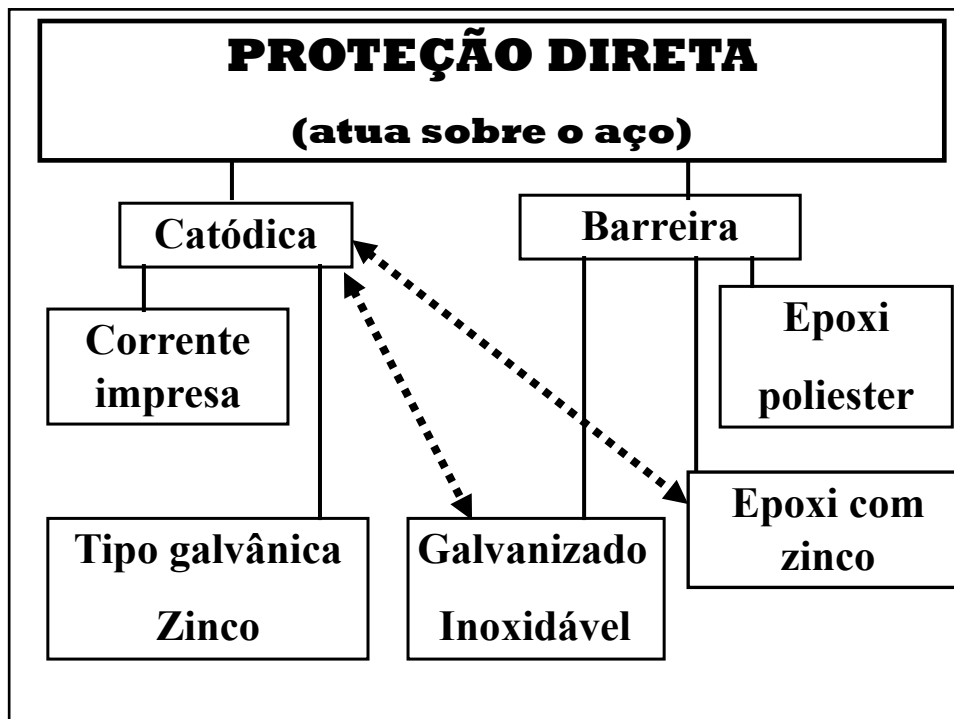
72



73



74

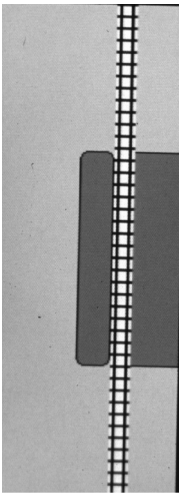


75



76

REPARO



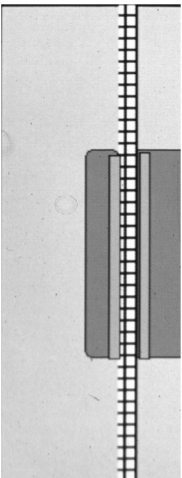
mortero

- Base cimento
- Base cimento modificado com polimeros

repassivação

77

REPARO



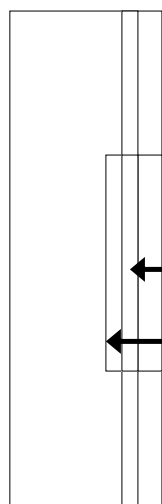
Primer + mortero

- Base cimento
- Base epóxi

barreira + repassivação

78

**APLICAÇÃO DE ADESIVO SOBRE AS SUPERFÍCIES DAS
ARMADURAS E DO CONCRETO EXISTENTE**



➤ SBR ou acrílico sobre substrato úmido

➤ Epoxi sobre substrato seco

← Adesivo (armadura)

← Adesivo
(concreto existente)

79



80



81

RECONSTITUIÇÃO DO CILINDRO

82



83



84



85



86



87

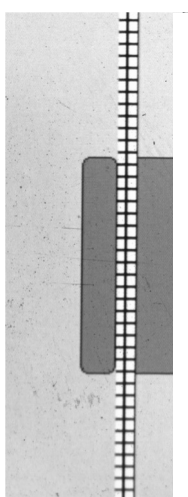


88

CONDIÇÃO	absoluto		relativo	
	MPa		%	
REFERÊNCIA	31,8		100	
UNIÃO ENDU- RECIDO COM FRESCO	NIHIL	26,3	13,1	82
	A	15,8	7,9	50
	B	27,1	13,5	85
	C	31,9	16,0	100
	D	25,0	12,5	79
UNIÃO ENDU- RECIDO COM ENDURECIDO	A	19,9	10,0	62
	B	30,3	15,2	95
	C	29,3	14,6	92
	D	28,7	14,4	90

89

REPARO



**Mortero +
revestimento:**

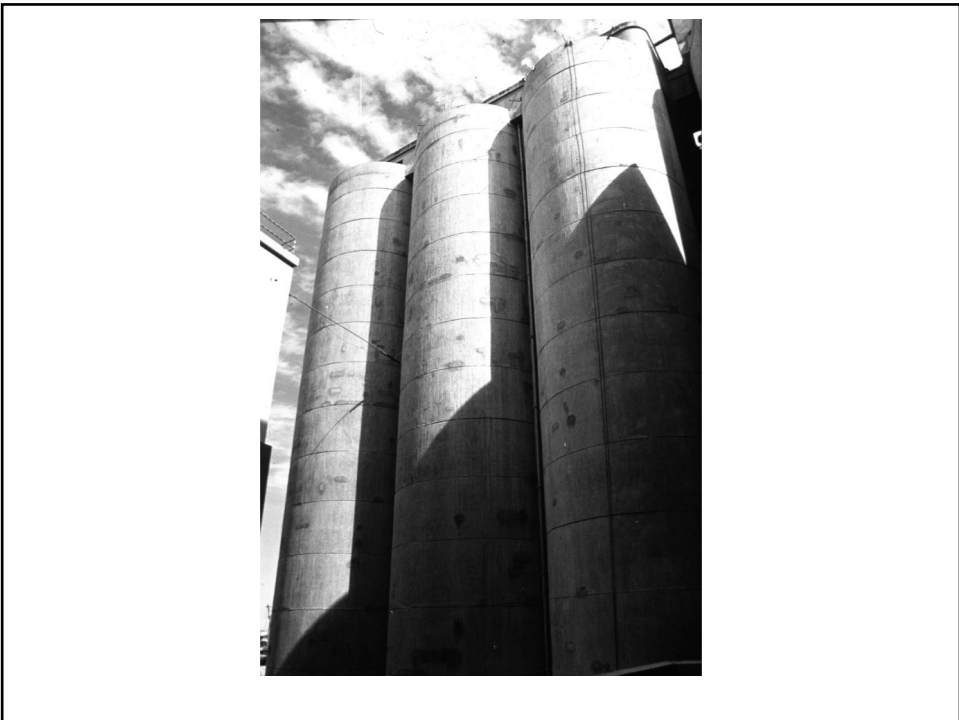
- filme impermeável
ao O₂ e H₂O

Repassivação + barreira

90



91



92



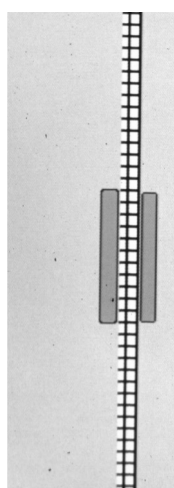
93

REPARO

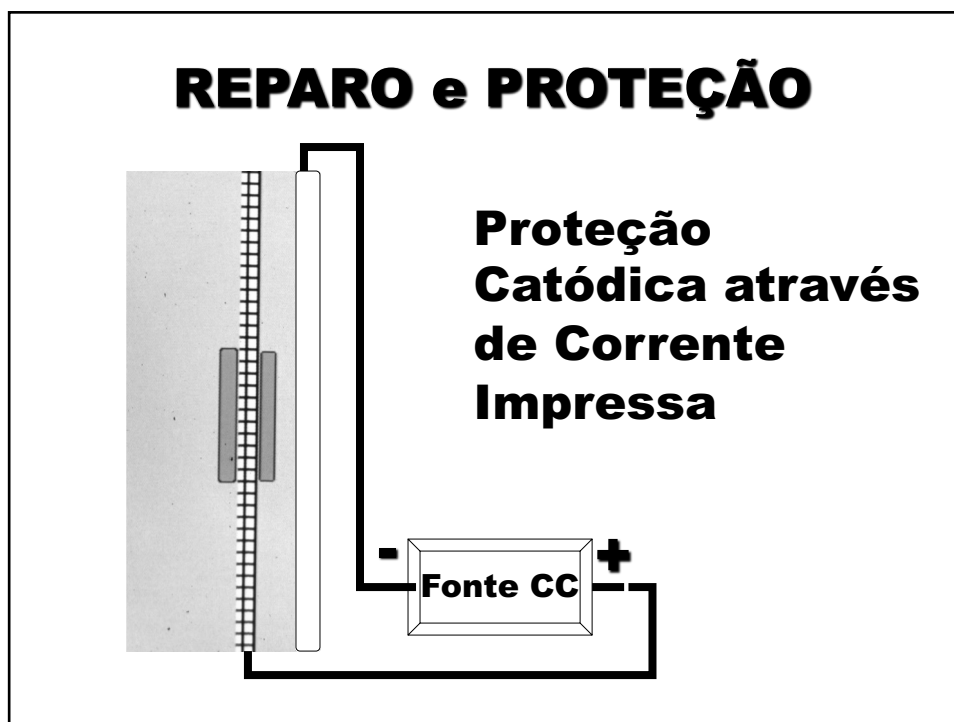
**Secagem e
impregnação com
polímeros:**

➤ metil metacrilato

barreira



94



95

NDT Métodos de Controle do Desempenho de Sistemas de Proteção Catódica

- E Log I**
- Polarização a 100 mV**
- Queda de polarização**

NACE Standard RP0290-2000

96

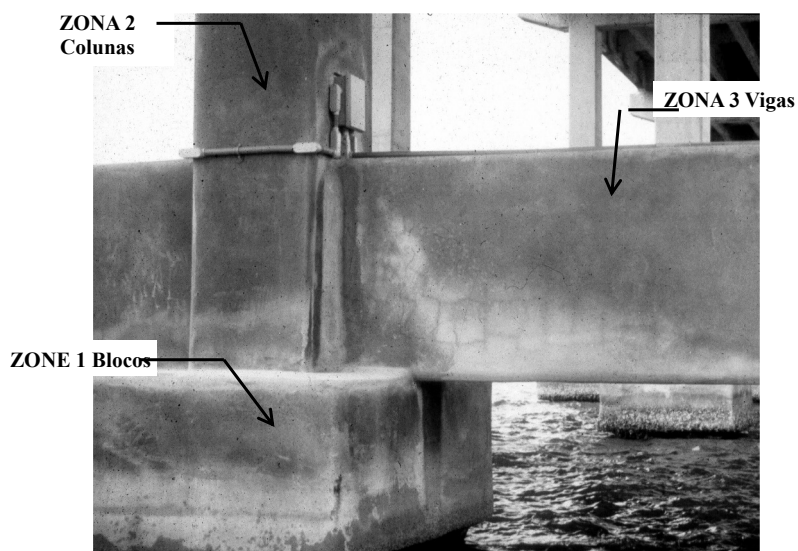
Anodo de sacrificio com malha de titânio



- Sistema mais frequentemente utilizado para proteção de estruturas de concreto por corrente impressa
- O ânodo de sacrifício, de titânio, deve ser instalado sobre a superfície de concreto através de pinos não metálicos
- Todo componente metálico presente na superfície do concreto deve ser isolado do ânodo

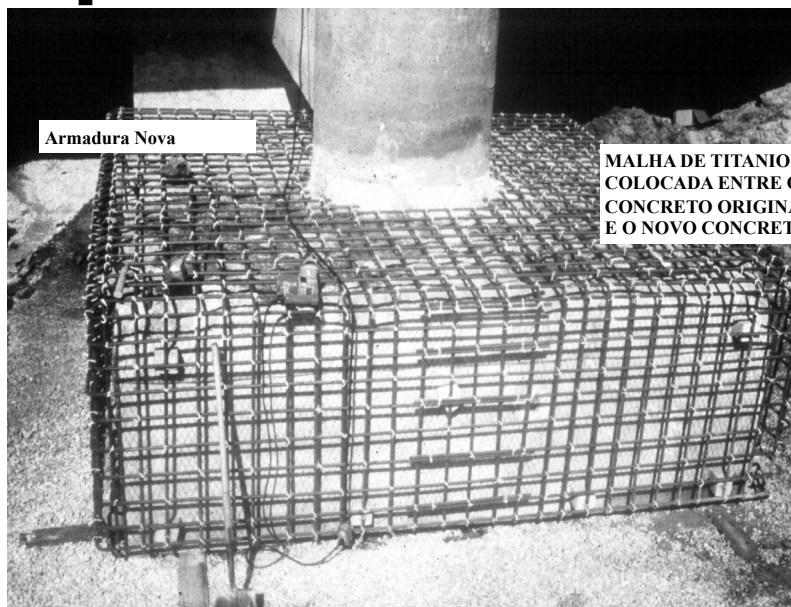
97

Anodo de sacrificio com malha de titânio encapsulado com mortero projetado



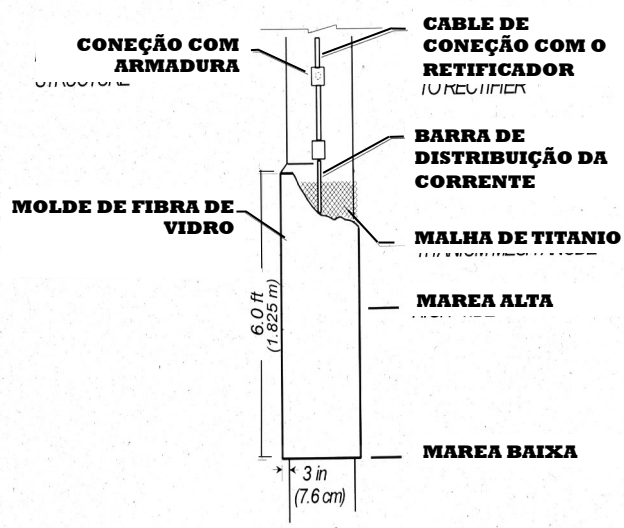
98

Anodo de sacrificio com malha de titânio encapsulado com concreto estrutural



99

JACKET SYSTEM MALHA DE TITANIO PARA COLUNA

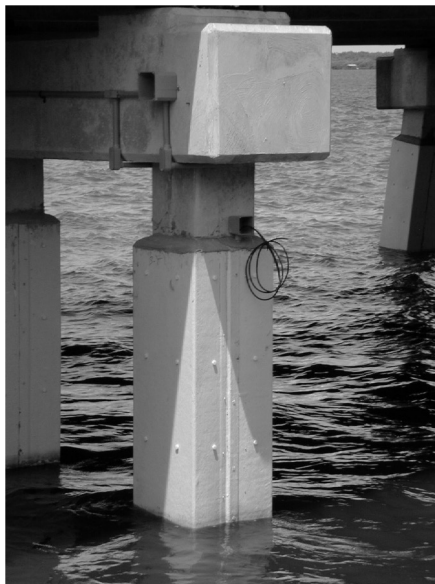


100

JACKET SYSTEM MALHA DE TITANIO PARA COLUNA

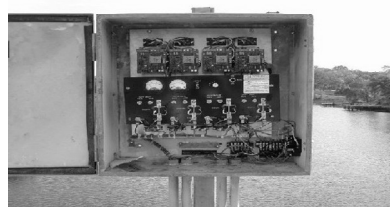
-GRAUTE ou CONCRETO

- CONEXÃO



101

FONTES DE ENERGIA PARA CORRENTE IMPRESSA



RETIFICADOR



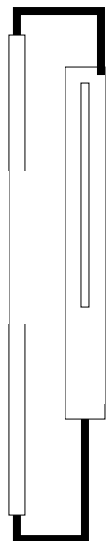
**BATERIA
GALVÂNICA**



ENERGIA SOLAR

102

REPARO e PROTEÇÃO



**Proteção
catódica tipo
galvânica
com anodo
externo**

103

Sistema de zinco projetado



104

ARC-SPRAYED ZINC



- Equipamento de projeção de zinco a quente
- Preparação da superfície inclui jato de areia e remoção de concreto solto
- Aderência mínima de 1 MPa

105

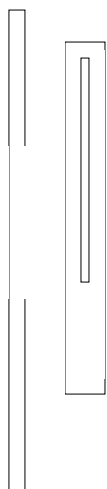
CUSTOS PROMEDIOS Inicial

SISTEMA	n pontes	anos de serviço	Custo \$/m ²
Malha de Titânio em Mortero ou Concreto	4	13	\$250.00*
Malha de Titânio Jaqueta	10	12	\$900.00
Reparo Tradicional localizado	2670	25	\$103.00
Proteção verniz	1973	4	\$25.00
Zinco Projetado a Quente	13	12	\$190.00*

* Não inclui reparação do concreto ni custos do sistema elétrico

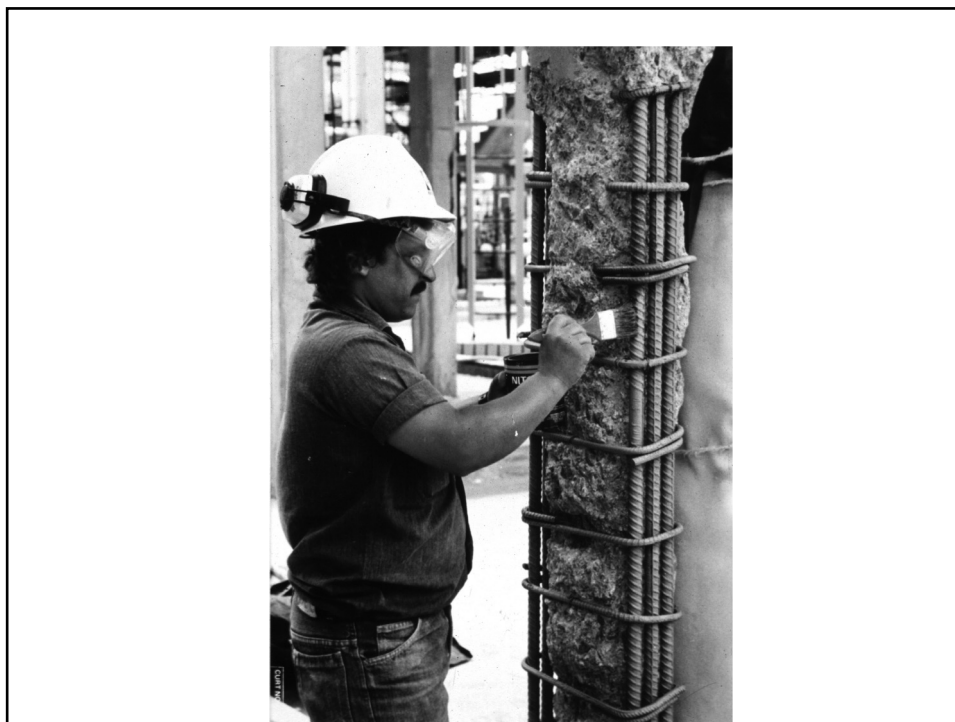
106

REPARO e PROTEÇÃO

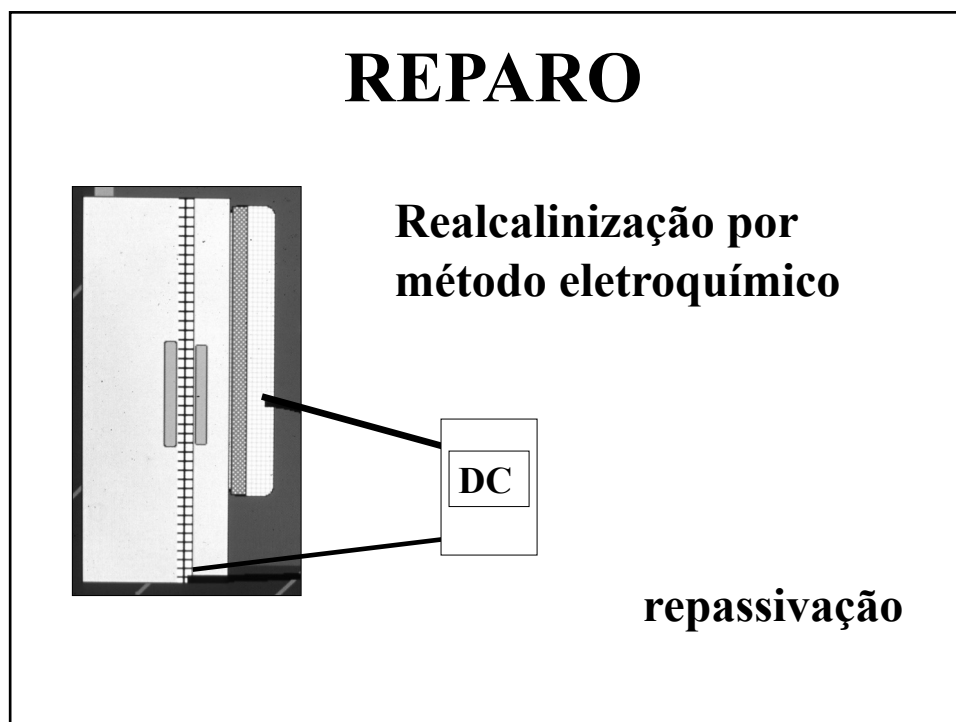


**Proteção catódica tipo
galvânica com anodo
interno**

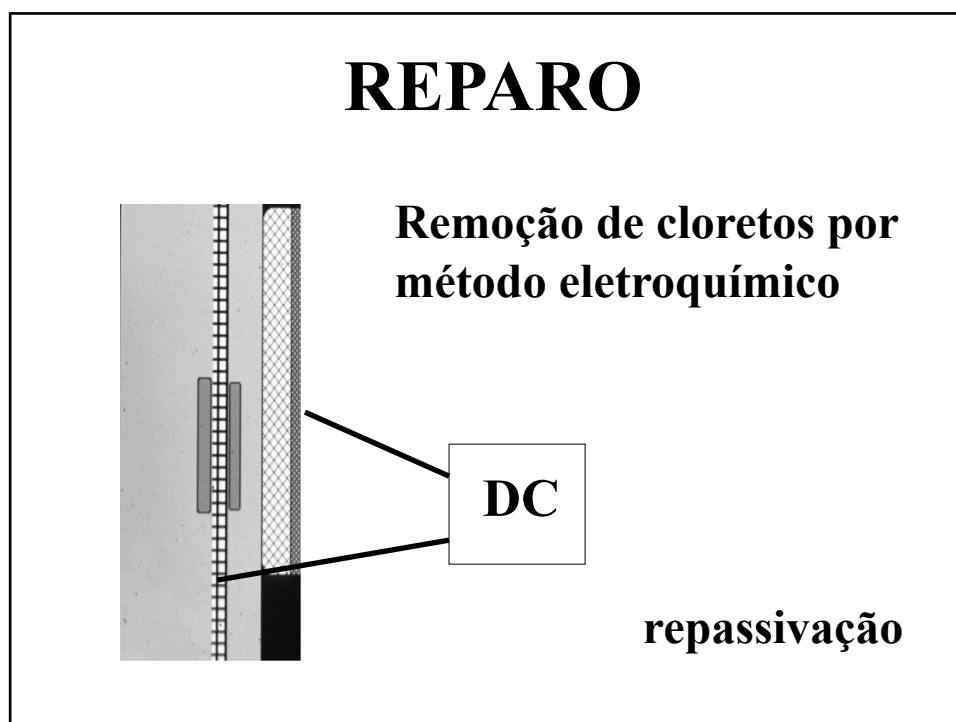
107



108



109



110

REPARO e PROTEÇÃO

ESPECIAIS

Acero Inoxidable

Galvanizado

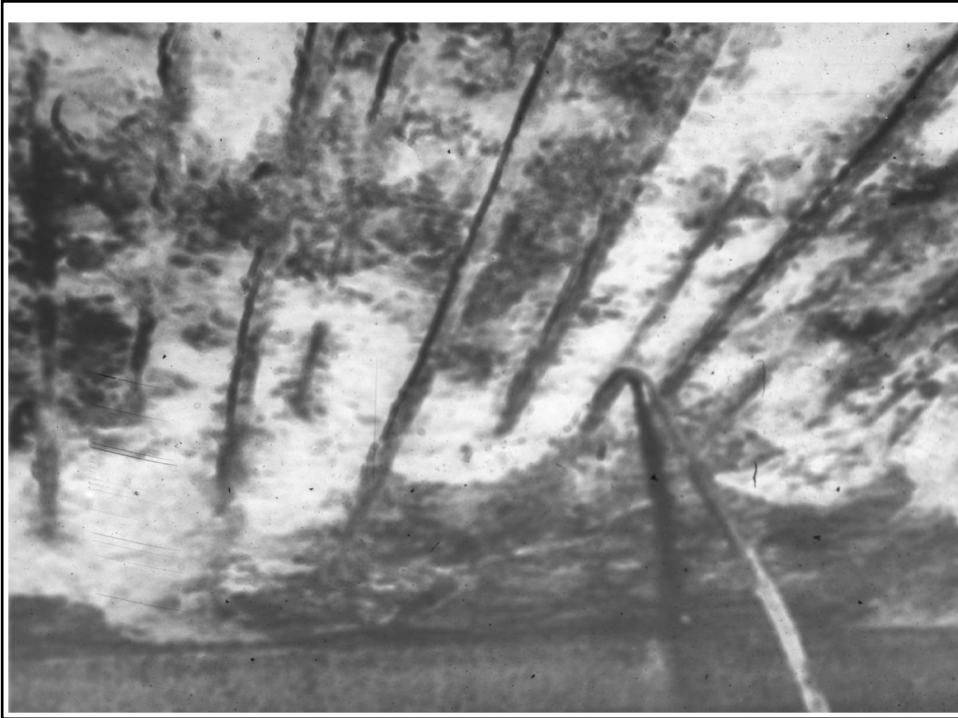
111



Exóticos

“a caixinha”

112



113



114



115



116



117



118



119



120



121



122

Exóticos **O** ***“ futurista ”***

123



124



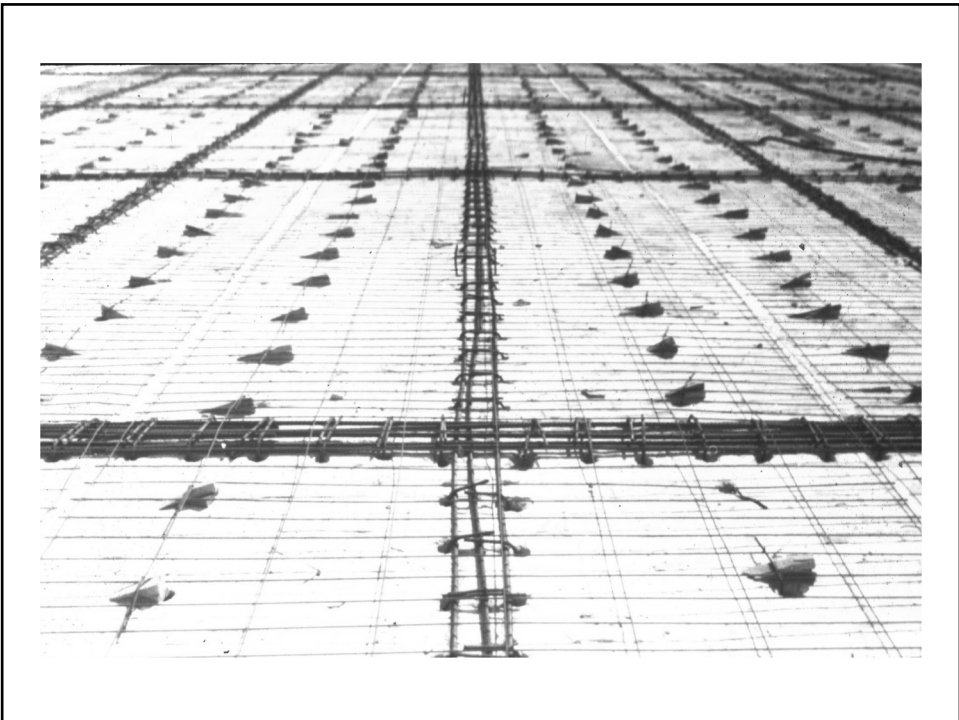
125



126



127



128



129



130

The image shows the cover of a technical manual. On the left, a vertical black bar contains the word 'rehabilitar' in white lowercase letters. The main cover area features a collage of three black and white photographs showing concrete repair and reinforcement work. Below the images, a black box contains the title 'Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón' and the subtitle 'Reparación, Refuerzo y Protección' in white text. At the bottom of the cover, there are logos for CYTED and the 'REHABILITAR' thematic area, along with the text 'Red Temática XV.F'. To the right of the cover, the website address 'www.rehabilitar.pcc.usp' is displayed in large, bold, black font.

131