

*ESPECIALIZACION Y MAESTRIA
EN INGENIERIA ESTRUCTURAL
SISMORRESISTENTE*

UTN

IBRACON

FRM

Patología y Terapéutica de Estructuras de Hormigón Armado

*Dr. Ing. N. Graciela Maldonado
Dr. Ing. Paulo Helene*

2007

Mendoza

Argentina

1

*ESPECIALIZACION Y MAESTRIA EN
INGENIERIA ESTRUCTURAL
SISMORRESISTENTE*

UTN

IBRACON

FRM

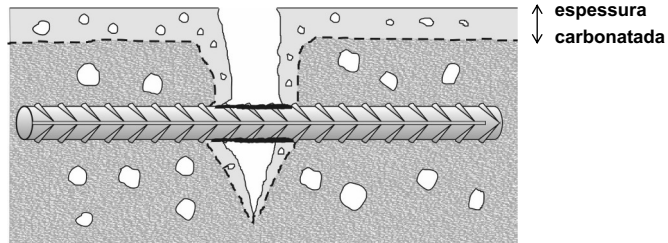
Fisuras y Corrosión

Dr. Ing. Paulo Helene

*Diretor Presidente do IBRACON
Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Coordenador Internacional da Rede REHABILITAR CYTED
fib (CEB-FIP) member of Model Code for Service Life*

2

FISSURAÇÃO



NBR 6118

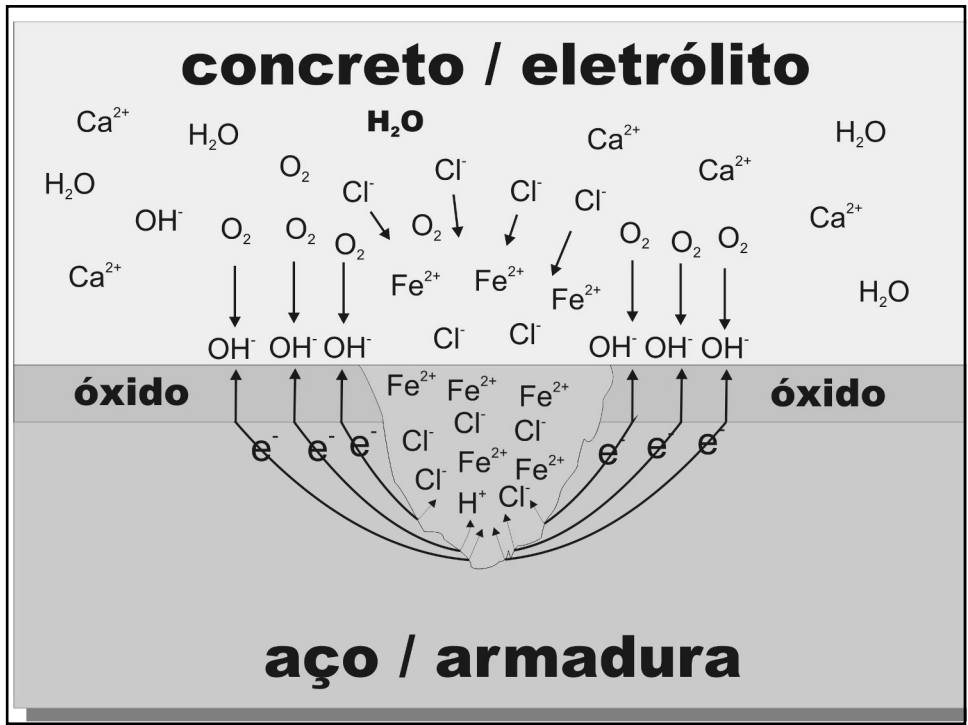
- ≤ 0,1 mm agressivos
- ≤ 0,2 mm exteriores (rural)
(+25%)
- ≤ 0,3 mm interiores

CEB ≤ 0,4 mm tanto faz!

3

Cloretos

4



5



6

“Tabuleiros de Pontes”

Nos locais sem fissura a penetração de cloretos a 5cm de profundidade leva, em média, 8anos para alcançar concentrações de 0,6kg/m³, e aos 20 anos de idade chega a 2,4kg/m³.

**Pesquisa realizada em 57 pontes nos USA com idades de 2anos a 20anos.
Densidade de fissuras de 0,16m/m² a 0,8m/m². Aberturas de fissuras < 0,3mm.**

(LINDQUIST, W.D. et ally. Effect of Cracking on Chloride Content in Concrete Bridge Decks. ACI Materials Journal, Dec. 2006. p. 467-73)

7

“Tabuleiros de Pontes”

Nos locais com fissura a penetração de cloretos a 5cm de profundidade leva, em média, 6meses para alcançar concentrações de 0,6kg/m³, e aos 20 anos de idade chega a 5,4kg/m³.

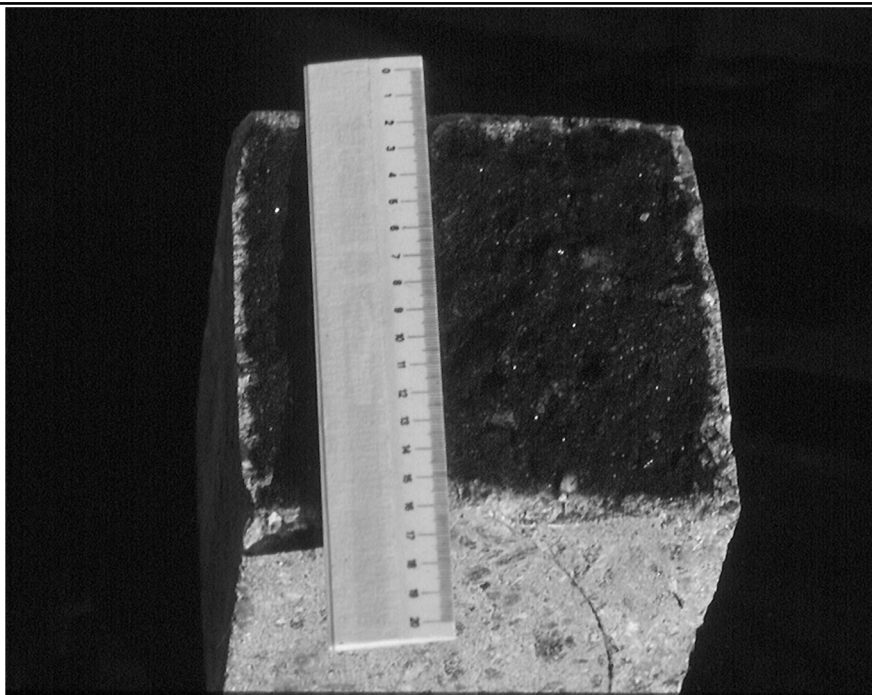
**Pesquisa realizada em 57 pontes nos USA com idades de 2anos a 20anos.
Densidade de fissuras de 0,16m/m² a 0,8m/m². Aberturas de fissuras < 0,3mm.**

(LINDQUIST, W.D. et ally. Effect of Cracking on Chloride Content in Concrete Bridge Decks. ACI Materials Journal, Dec. 2006. p. 467-73)

8

Carbonatação

9



10

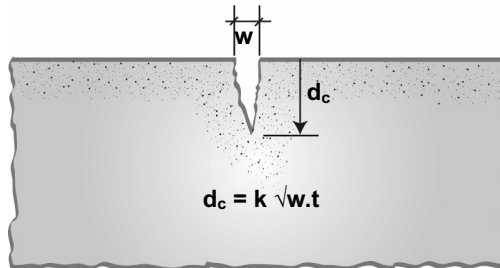


11



12

CARBONATAÇÃO NA FISSURA



Para dobrar d_c \Rightarrow $\begin{cases} w \times 4 \\ t \times 4 \end{cases}$

Para dobrar t \Rightarrow $\begin{cases} w : 2 \\ d_c \times \sqrt{2} \end{cases}$

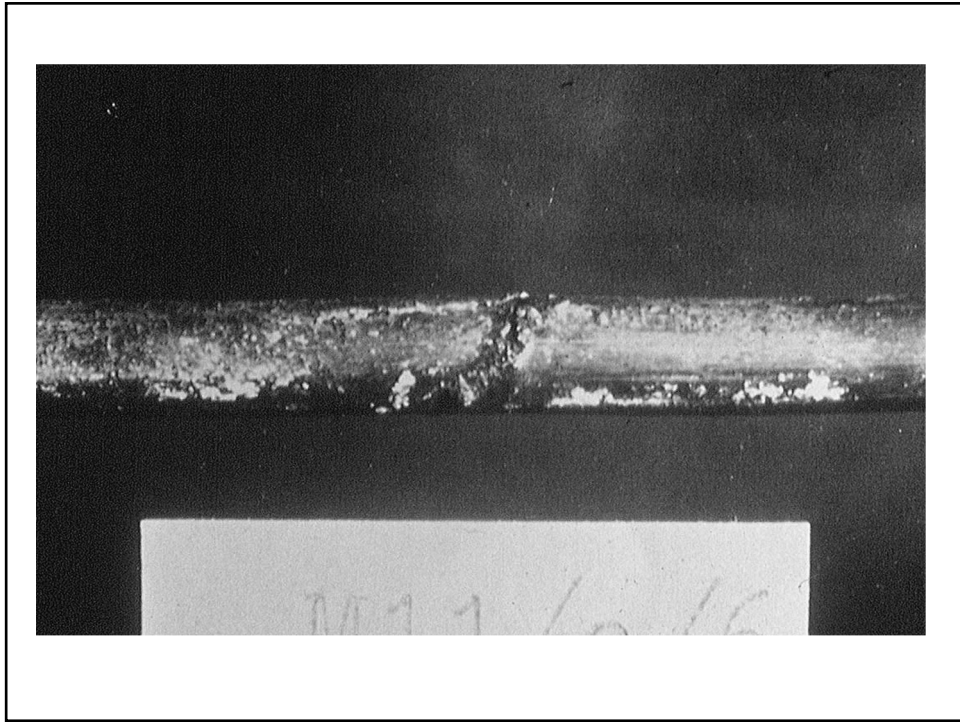
13

Consequências

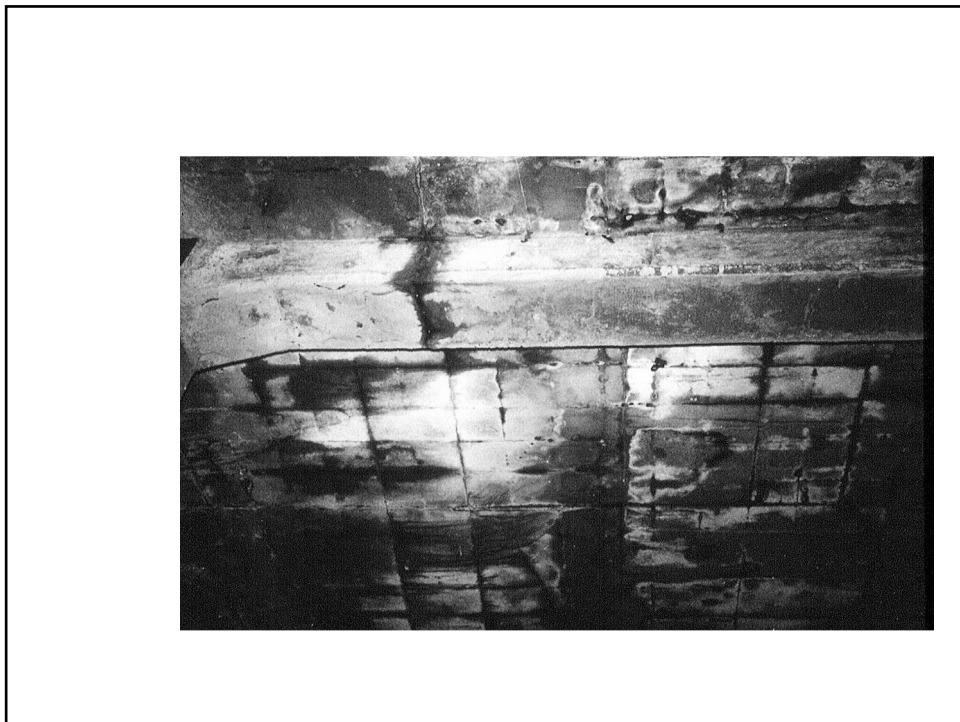
➤ *cloretos*

➤ *carbonatação*

14



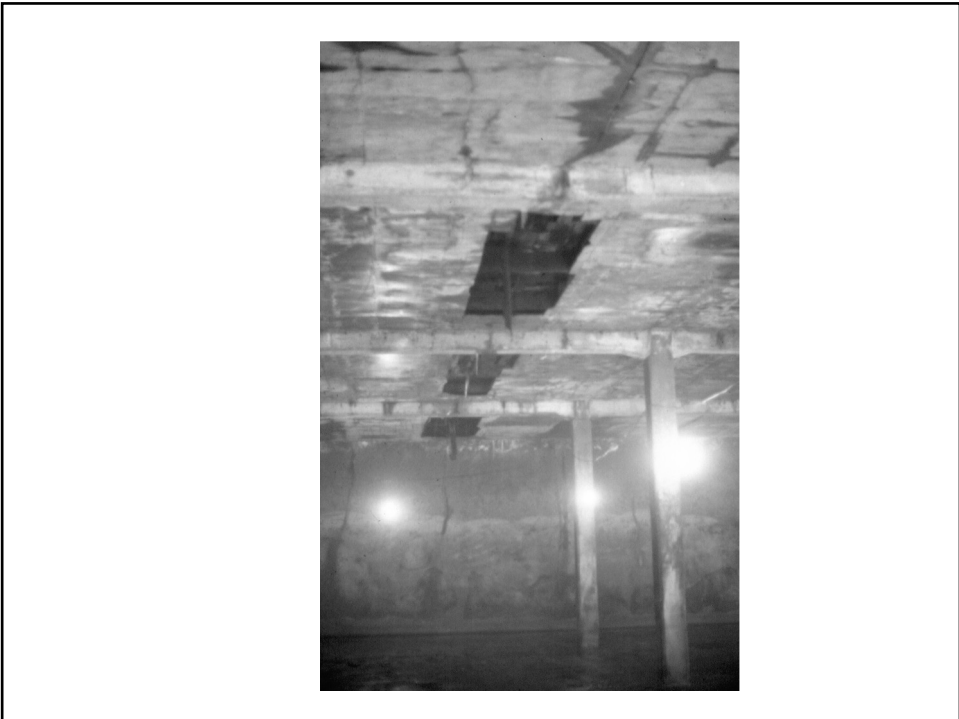
15



16



17



18



19



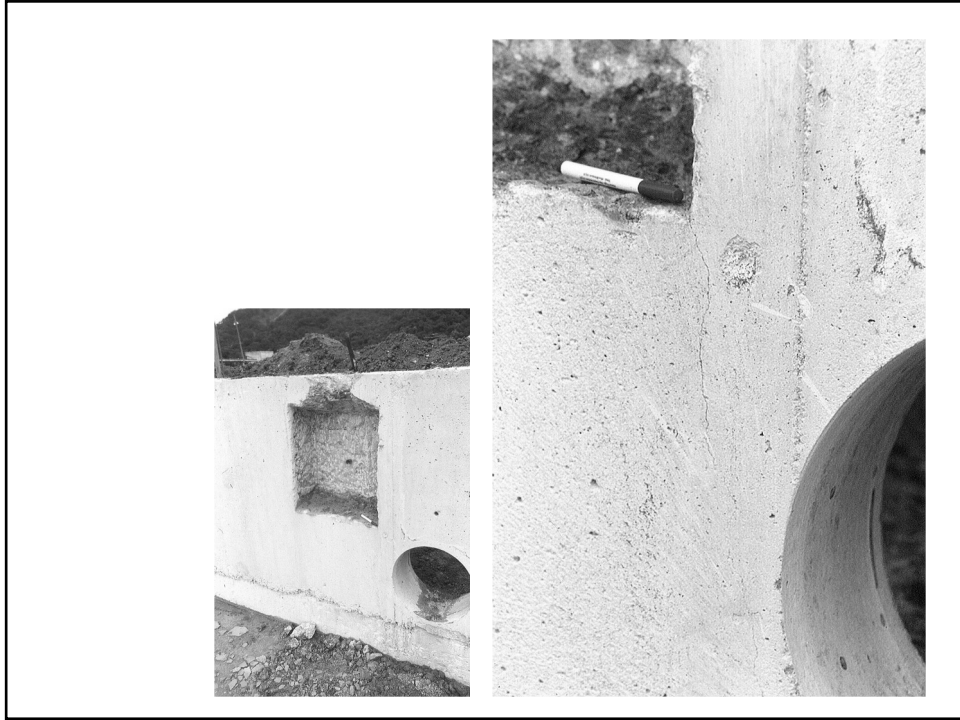
20



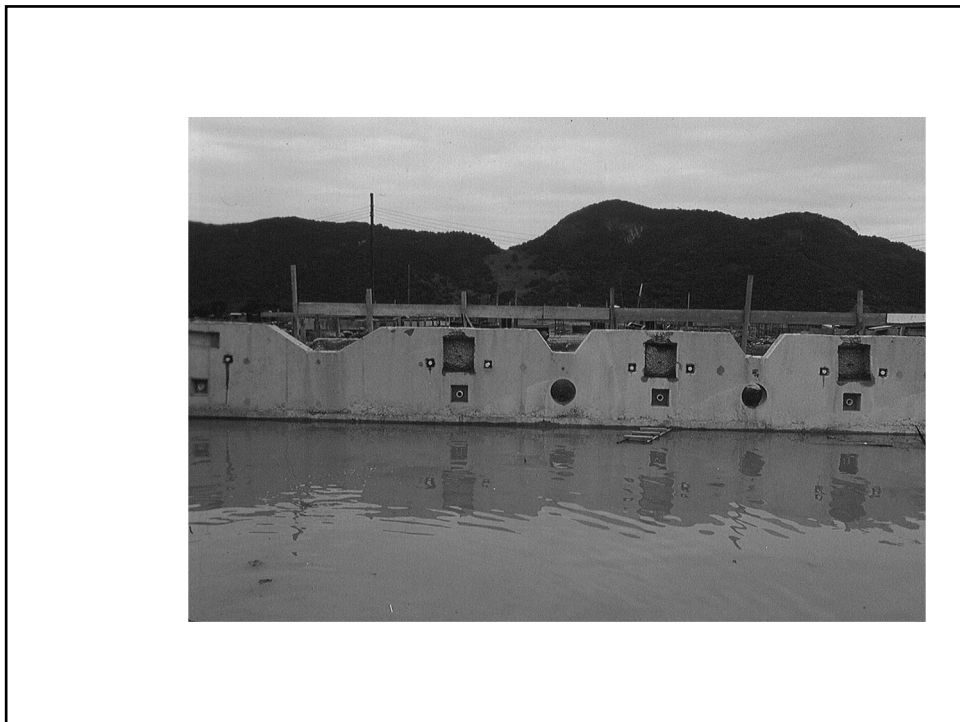
21



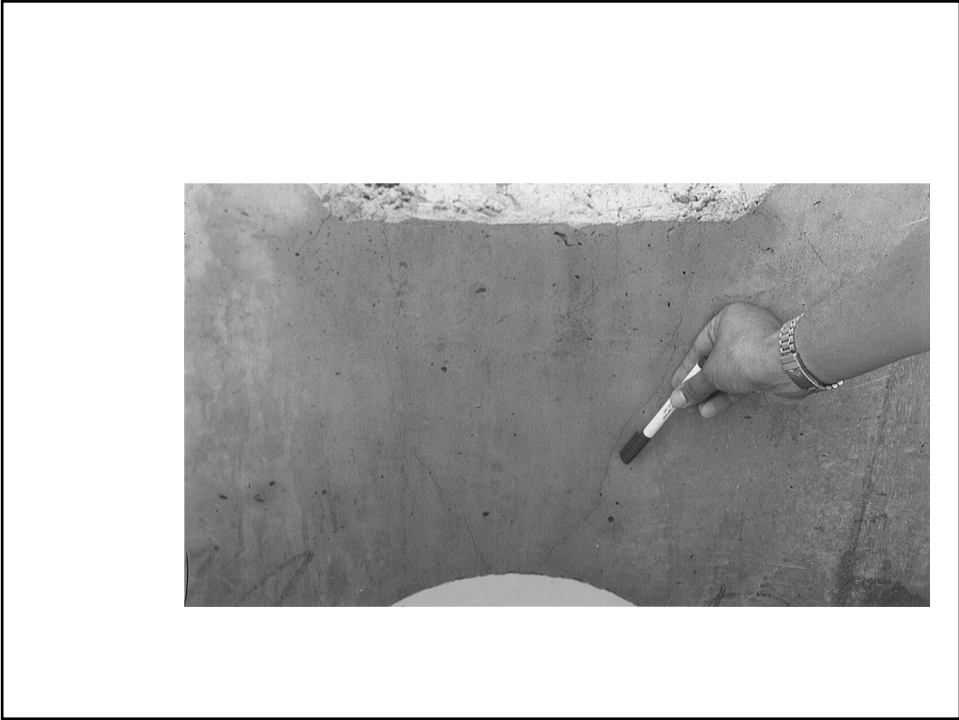
22



23



24



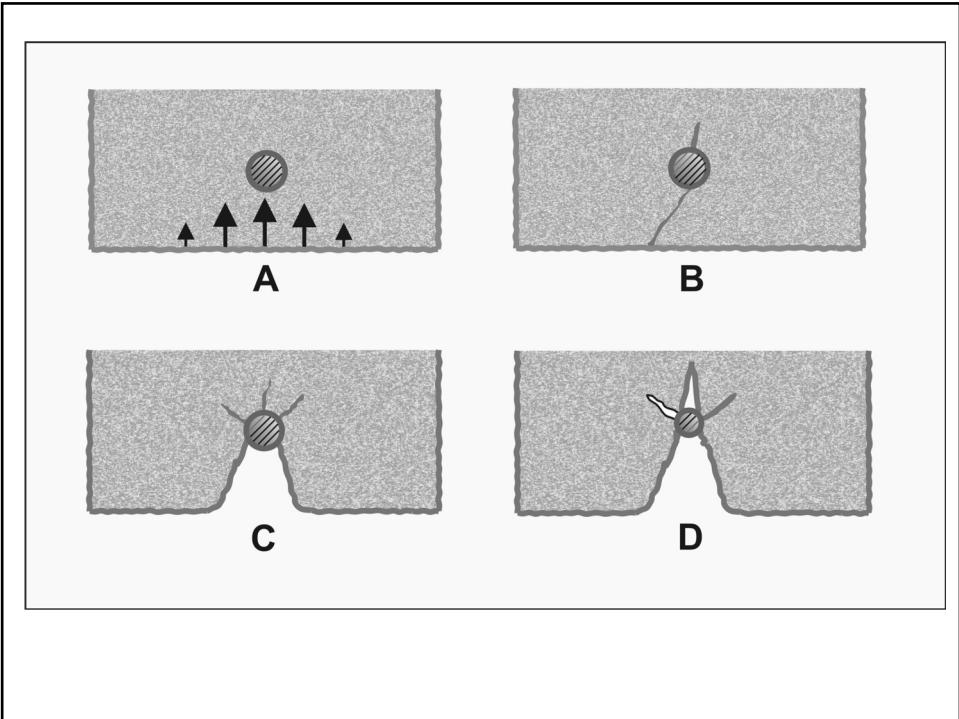
25



26



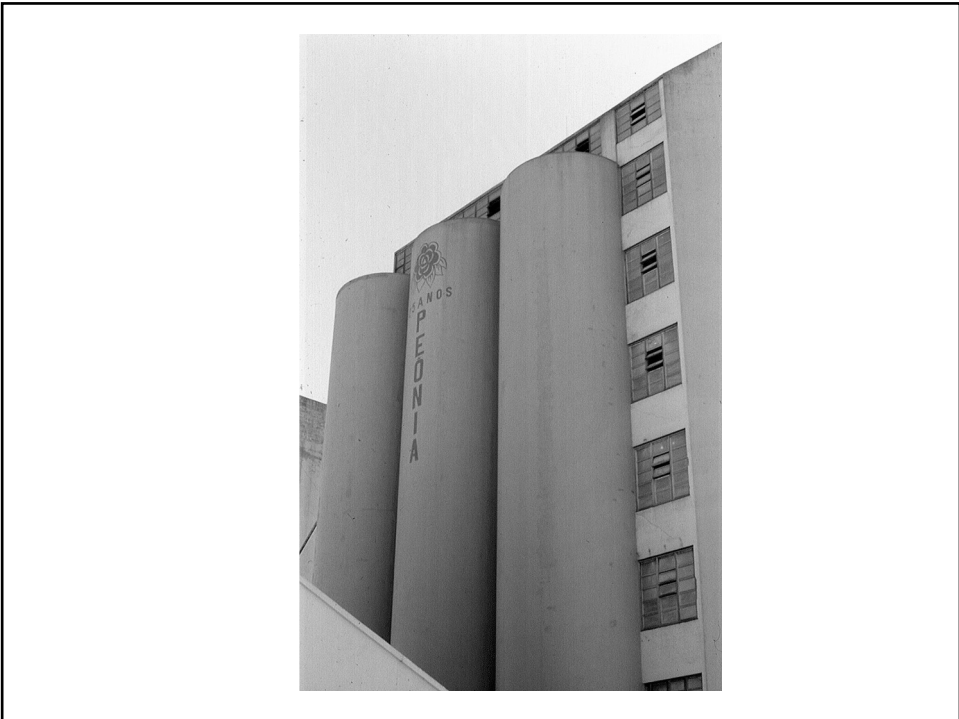
27



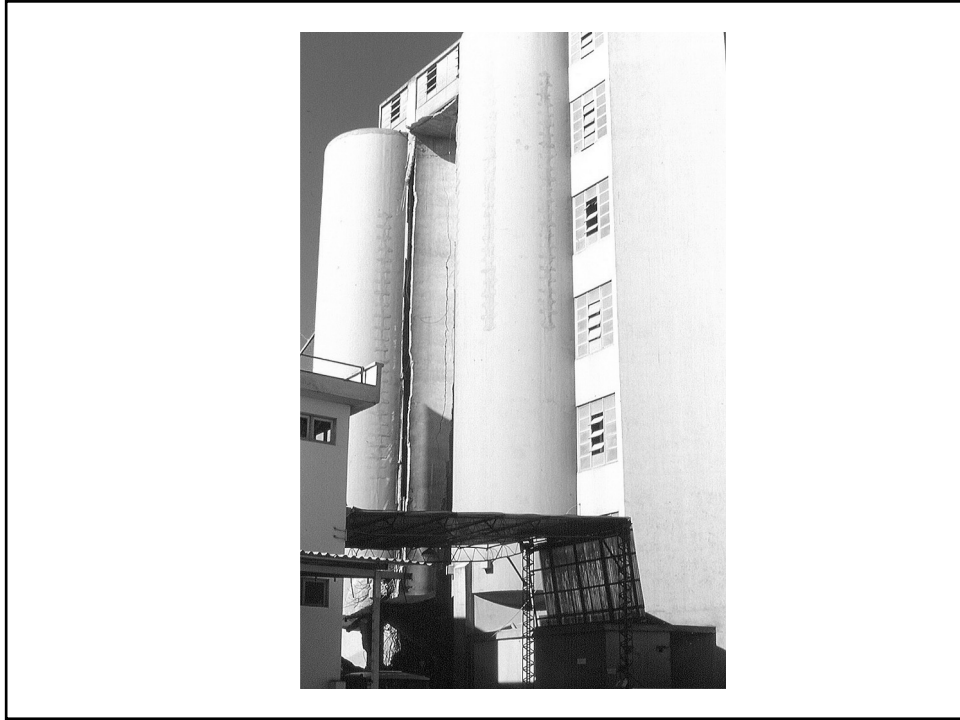
28



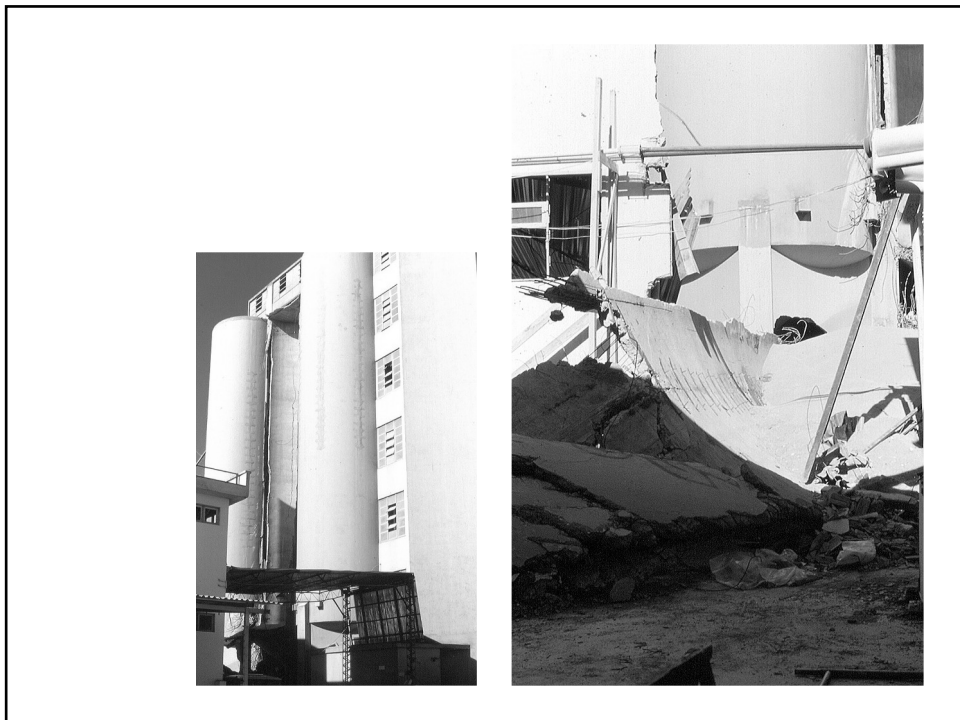
29



30



31



32



33



34



35

O processo renal e as leis de execução penal e de economia popular. Com as alterações, acabou a lei Fleury, que permitia aos réus primários responder processo em liberdade. Página 4

Agricultura e Saúde brigam pelos dietéticos

Os refrigerantes dietéticos são disputados por dois ministérios. O da Saúde publica hoje no Diário Oficial uma liberação para o comércio, pela Antartica e pela Coca-Cola. O da Agricultura avisa: mandará apreendê-los. Página 24

Bom tempo para viajar no feriado

Quem vai passear no fim de semana pode contar com bom tempo. Os bancos fecham hoje e só reabrem terça. Os postos de gasolina estão liberados para funcionar domingo e segunda. Página 13

TURISMO

Boston é conhecida pela Universidade de Harvard, a mais tradicional dos Estados Unidos, e a tonalidade vermelha de seus prédios. Mas a capital de Massachusetts, na região da Nova

ves para os empregados do Departamento Nacional de Produção Mineral. Ontem, o presidente José Sarney resolveu conceder-lhes um reajuste salarial entre 95% e 120%. Página 26

Marquise cai e mata nove em Porto Alegre

Nove pessoas morreram, entre as quais uma criança, dez ficaram gravemente feridas e outras 30 sofrem escoriações leves com o desabamento, ontem à tarde, da marquise da Loja Arapuçá, no centro de Porto Alegre, na rua Doutor Flores. No momento do acidente, muitas crianças estavam na frente do prédio, recebendo doces de funcio-

obediência a nova Carta, será permitido o registro de candidaturas variadas por tribunais regionais porque a Constituição anterior fixava prazo de um ano para o domicílio eleitoral.

ceiras não precisarão cumprir o limite do tabelamento dos juros de 12% ao ano imposto pela nova Constituição. O Banco Central emitiu ontem uma circular estabelecendo que, en-

quanto não sair a lei regulamentadora do sistema financeiro, continuarão a valer as normas atuais. O esclarecimento foi feito depois que o presidente José Sarney aprovou o parecer do consultor-geral da República, Carlos

Ombúrio da CBTU entre Jundiaí e Paranapiacaba: o perigo, a violência e

Para PM, fogo no trem foi planejado

A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CBTU na quarta-feira tenha sido uma ação premeditada, pos-

Notas e Informações

Apesar de todo o autoritarismo e de todo o tenor que parecia inspirar, o governo do general Augusto Pinochet realizou um plebiscito livre e

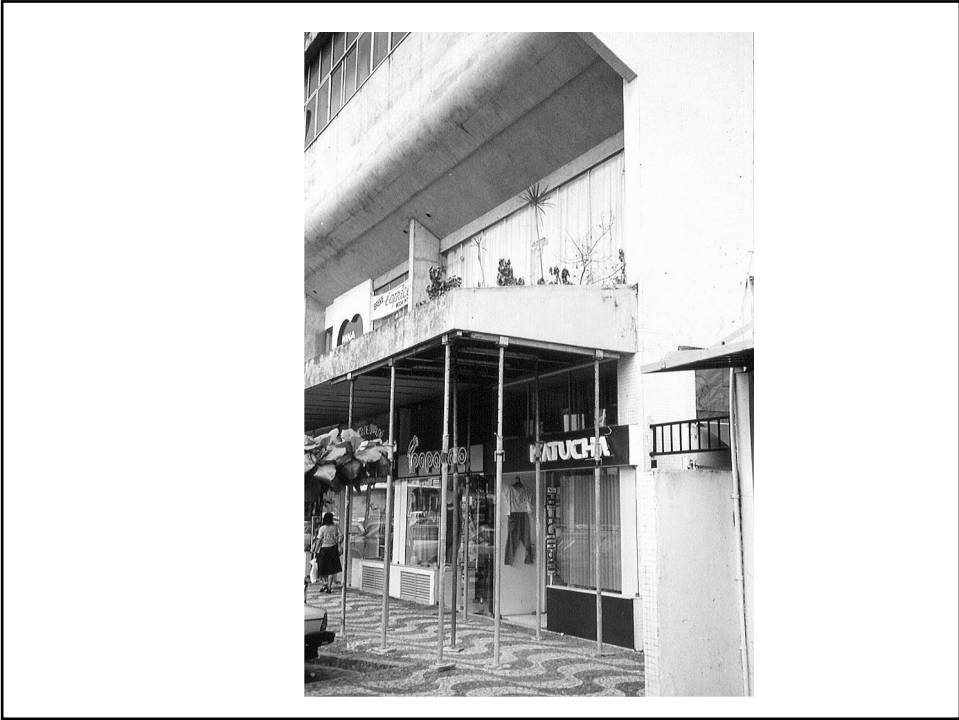
46

Mais o Supl
Cidade e Tecnol
Classificad
Comportamen
Economia
Educação
Espaco
Esportes

36



37



38

QUEDA da MARQUISE HOTEL CANADÁ

39



MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

2006

40



QUEDA DA MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

26 de Fevereiro de 2007

41



QUEDA DA MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

26 de Fevereiro de 2007

42

ETAPAS DO ESTUDO DA FISSURAÇÃO

- Classificação dos ambientes quanto a agressividade
- Abertura máxima de fissura
- Cobrimentos mínimos de concreto a armadura
- Formulação que permite calcular a abertura (provável) da fissura

43

CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO A AGRESSIVIDADE

<i>Agressividade</i>	<i>Condições de exposição</i>	<i>Exemplo</i>
Nula ou fraca I	- interiores secos - exteriores protegidos (rural)	- salas - quartos - marquises
Média II	- interior úmido - intempérie (rural) - fundações (não agressiva) - submersa permanentemente	- banheiro - galpões - pilares e blocos em represas
Forte III	- atmosfera urbana, industrial ou marinha - fundações em terrenos agressivos	- Cubatão - ácido húmico
Muito forte IV	- contato com ácido ou cais - nível de variação da maré - atmosferas viciadas	- galvanoplastia - cais - coletores de esgotos - fábricas de celulose

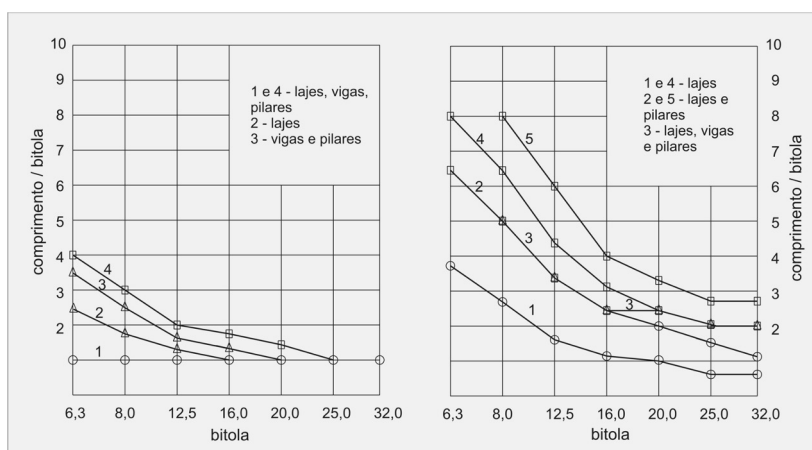
44

ABERTURAS MÁXIMAS DE FISSURA

Agressividade	ACI 224 e 318	CEB	NBR 6118
Nula	$\leq 0,41$	$\leq 0,40$	$\leq 0,30$ $\leq 0,37$
Média	$\leq 0,33$	$\leq 0,35$	$\leq 0,20$ $\leq 0,25$
Forte	$\leq 0,15$	$\leq 0,35$	$\leq 0,10$ $\leq 0,12$
Muito forte	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	-

45

COBRIMENTOS MÍNIMOS DE CONCRETO À ARMADURA



Agressividade: ○ nula △ média □ alta

46

FORMULAÇÃO QUE PERMITE CALCULAR A ABERTURA (PROVÁVEL) DA FISSURA

- **Formação Sistemática de Fissuras**

(teoria básica da fissuração) $\rho r \geq \frac{f_t}{\sigma_s}$ onde $\rho r = \frac{A_s}{A_c}$

$$10.W_k \leq \frac{\Phi}{Z_{\eta b} - 0,75} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \left[\frac{4+45}{\rho r} \right]$$

onde W_k = abertura máxima característica de fissura ($\approx 1,65 W_m$)

- **Formação não sistemática de fissuras** (teoria da dupla ancoragem)

$$10.W_k \leq \frac{\Phi}{Z_{\mu b} - 0,75} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{3 \sigma_s}{f_{tk}}$$

$\rho r < \frac{f_t}{\sigma_s}$
 baixas taxas

onde $W_k = (\approx 1,4 W_m)$

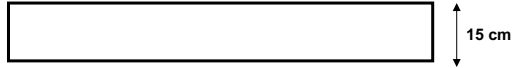
47



48

CONSEQUÊNCIAS

Laje



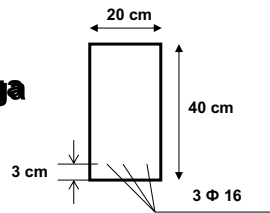
$\Phi 12 \text{ c} / 20$

ACI 318 – $W_k = 0,25$

CEB – $W_k = 0,30$

NBR 6118 – $W_k = 0,20$

Viga



ACI 318 – $W_k = 0,15$

CEB – $W_k = 0,20$

NBR 6118 – $W_k = 0,15$

49



50



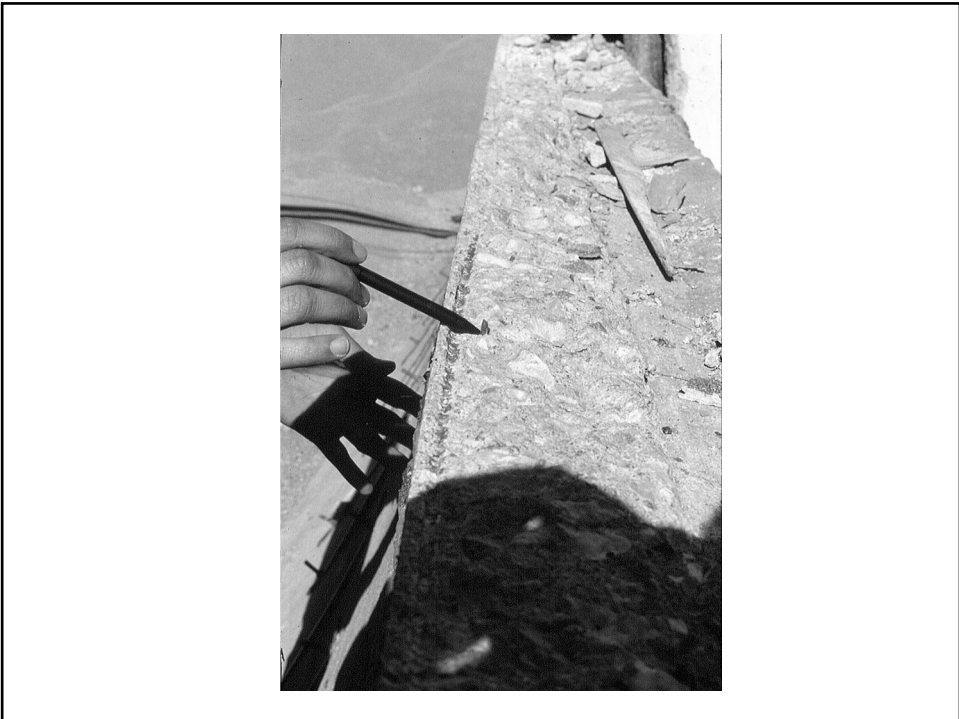
51



52



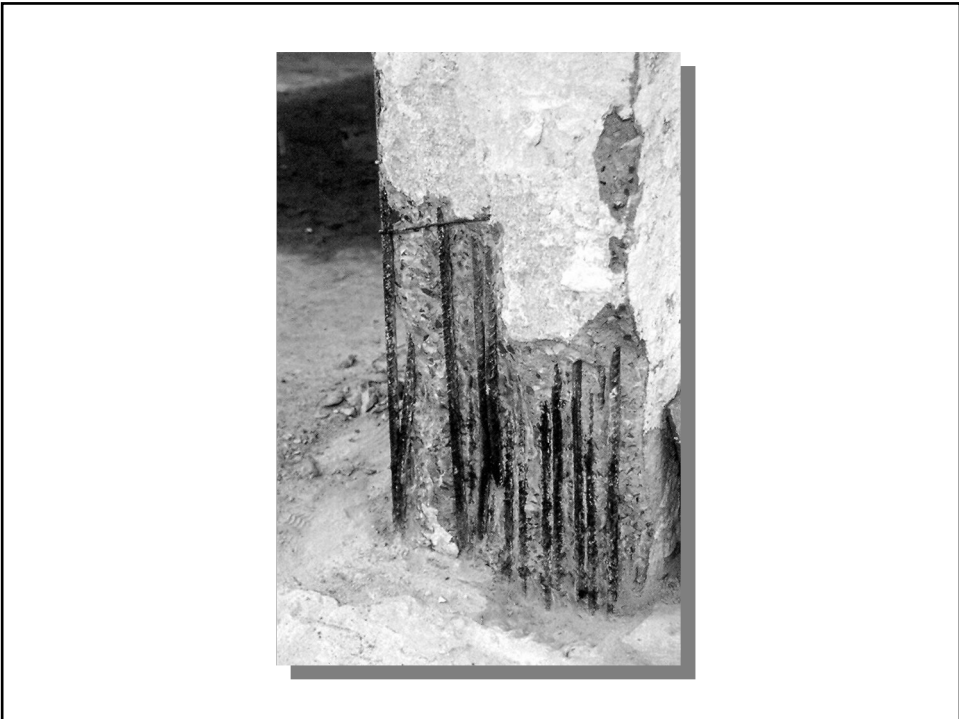
53



54



55



56



57



58

