

programa

**MASTER**

**P=C**

IBRACON

Home

Quem somos

VALE

A+ A- Contraste

NQCP

NUCLEO DE QUALIFICACAO E CERTIFICACAO DE PESSOAL

IBRACON

# Inspetor I Patologia

## Fissuras

**Paulo Helene**  
Diretor PhD Engenharia  
Prof. Titular Universidade de São Paulo  
Gestor e Ex-Presidente ALCONPAT Internacional  
Ex-Presidente e Conselheiro Permanente IBRACON  
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design  
Conselheiro da CNTU, SEESP, PMSP e ABNT

Carajás, 5 de maio de 2025

1

## Tipos de fissuras

Estrutural

Retração de secagem

Retração plástica

Acabamento

*obs: esta apresentação está protegida pelas leis nacionais e internacionais de direitos autorais e de imagem. É proibida a gravação, reprodução, distribuição, prints e fotografia da tela de apresentação, sem permissão do autor. O objetivo é estritamente educacional.*

2

## Qual a diferença entre trinca, fissura, fenda e rachadura?

Trinca e rachadura são termos populares utilizados por leigos para expressar o termo técnico fissura. Na concepção correta da palavra, trinca é um grupo de três coisas ou pessoas.

Fenda é muito utilizado em estrutura metálica e corresponde a trechos rebaixados para fim de encaixes, por exemplo, chave de fenda. Fissura é o termo correto do ponto de vista da engenharia de materiais e de estruturas de concreto e alvenaria.

## Qual é a fissura mais grave?

Do ponto de vista estrutural, as fissuras devem ser classificadas em passivas ou mortas e ativas ou vivas.

As ativas se dividem em: ativa progressiva e ativa estacionária.

Então as mais graves são as ativas progressivas que em geral ocorrem por recalques e excesso de carga. As passivas ou mortas e as ativas estacionárias são graves quando superam aberturas de fissura de 0,3mm a 0,4mm.

Do ponto de vista prático ou do usuário, grave é qualquer fissura que cause infiltrações ou desconforto estético ou psicológico.

Do ponto de vista estrutural, 99% das fissuras não causam qualquer redução da capacidade resistente das Estruturas, ou seja, poderiam ser desprezadas. São corrigidas, a esmagadora maioria das vezes, por razões de durabilidade, infiltração de água, vazamentos, estética, conforto psicológico, etc., mas não por reduzirem a capacidade resistente da estrutura.

## Elas devem sempre ser tratadas como patologia?

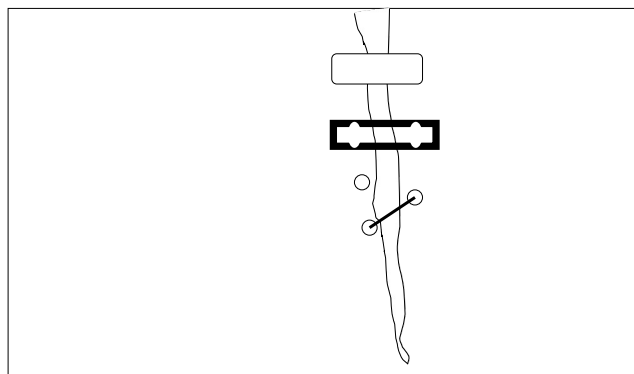
São inerentes aos materiais à base de cimento, cal, gesso. Em geral, são sempre tratadas como manifestação patológica desagradável. Patologia é a ciência que estuda os problemas da construção civil e explica os sintomas ou manifestações patológicas. Fissura é sintoma patológico, não é patologia.

3

### Fissuras vivas ou ativas

- Ativas estacionárias
- Ativas progressivas

### Fissuras mortas ou inativas



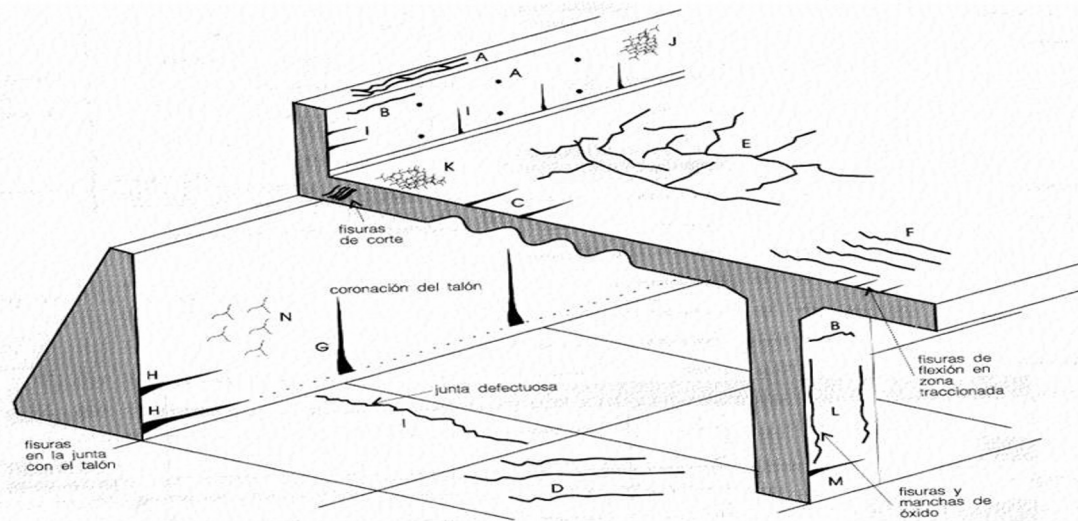
- abertura,  $w$ ,  $w_k$
- geometria
- extensão
- profundidade

acervo de Paulo Helene

4

## Estrutura

**fissuras:** térmicas, retração, ações, construtivas



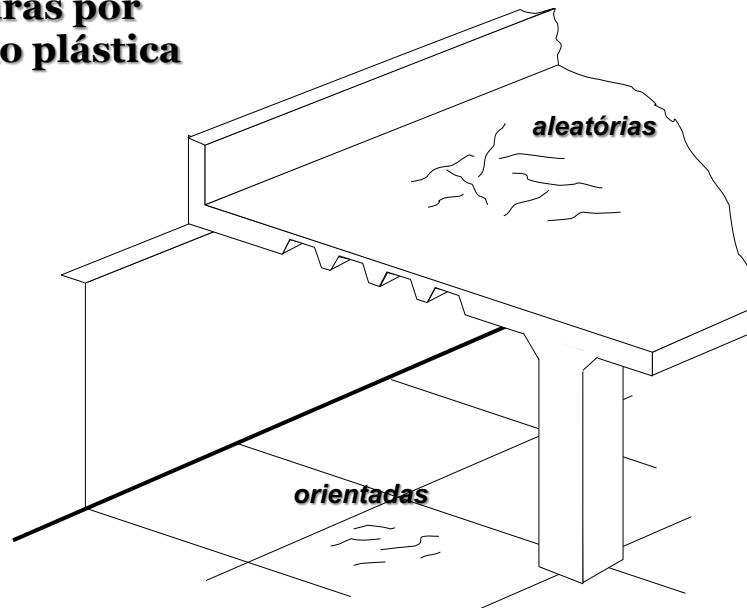
5

## Fissuração

- Assentamento plástico
- Retração plástica
- Retração por secagem
- Origem térmica
- Reações expansivas (AAR, DEF, sulfatos, MgO, corrosão)
- Deformações excessivas
- Sobrecarga (compressão, flexão, torção, cisalhamento)
- Puncionamento
- Recalque diferencial

6

## Fissuras por retração plástica



Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

7

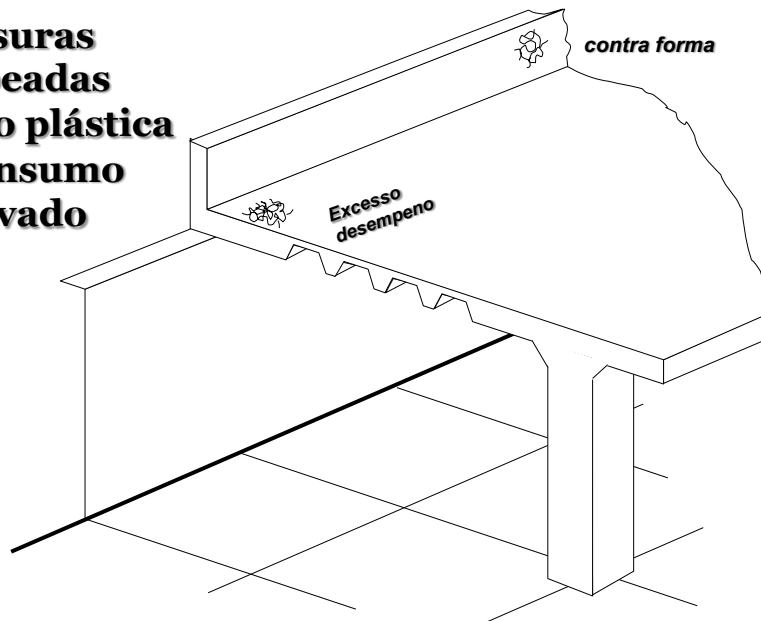
## Retração plástica

- Ocorre entre a primeira e a sexta hora após o lançamento do concreto, pela evaporação da água exsudada
- Pode ser minorada por:
  - Redução do consumo de água
  - Redução da relação a/c
  - Cura adequada, antes e após desempenamento
- Se manifesta por fissuras largas e pouco profundas (menores que 30 mm de profundidade), são frequentes em peças planas

8



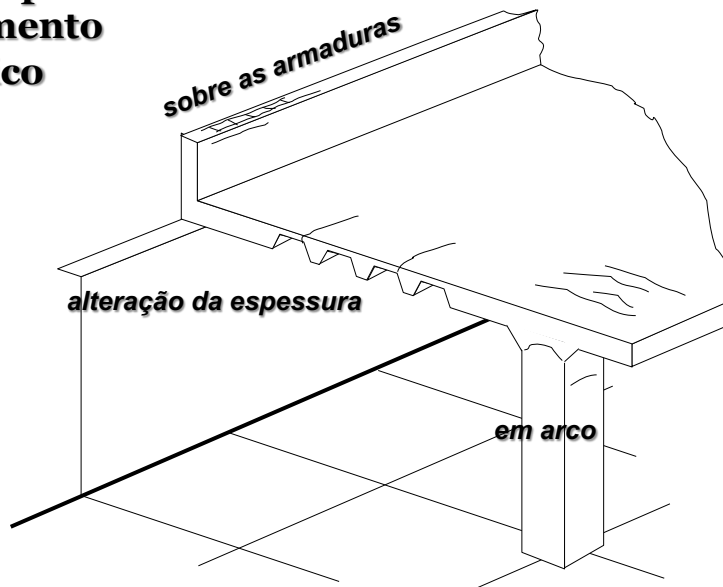
**Fissuras  
mapeadas  
retração plástica  
→ consumo  
elevado**



Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

9

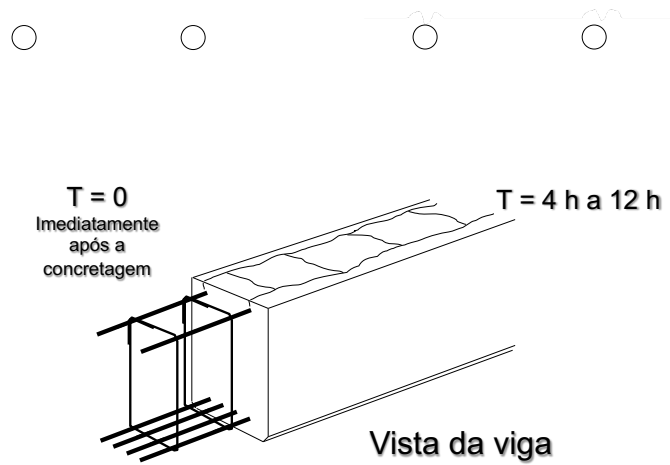
**Fissuras por  
assentamento  
plástico**



Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

10

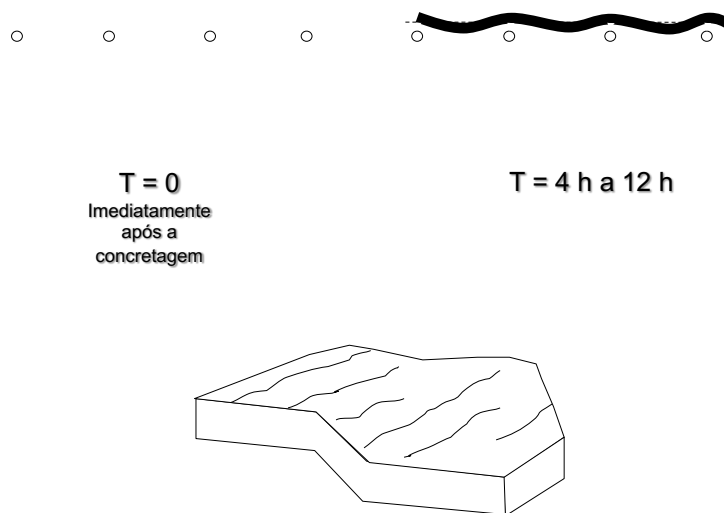
## Fissuras por assentamento plástico



acervo de Paulo Helene

11

## Fissuras por assentamento plástico

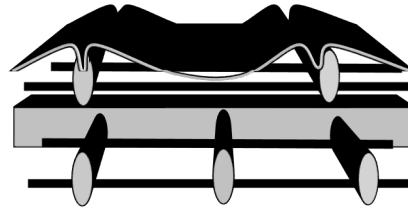


acervo de Paulo Helene

12

## Assentamento plástico

- Ocorre nas primeiras 3 h após o lançamento
- Ascensão da água de amassamento, devido à diferença da densidade dos componentes.
- Aumenta com o aumento da bitola da armadura, aumento da consistência e diminuição do cobrimento
- Ações preventivas:
  - Adição de finos
  - Redução da relação a/c
  - Redução da bitola
  - Estanqueidade de formas
  - adensamento eérgico



acervo de Paulo Helene

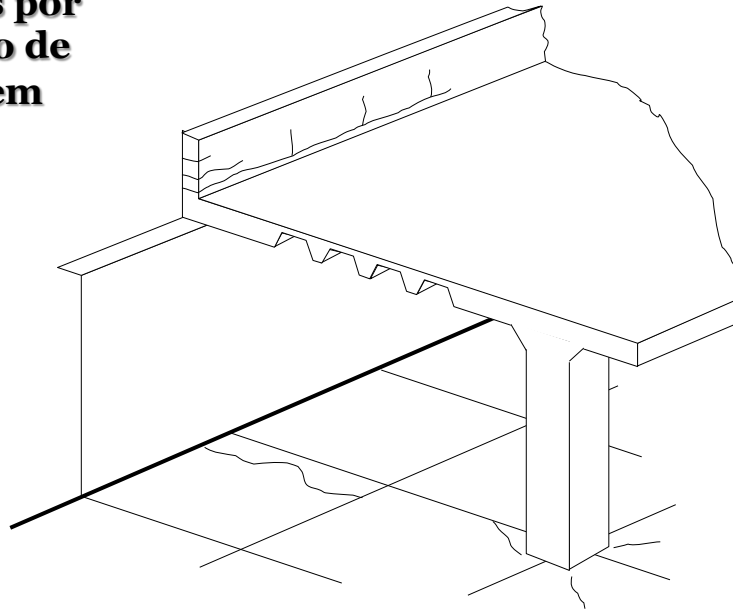
13



acervo de Paulo Helene

14

## **Fissuras por retração de secagem**



Puente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

15

## **Retração por secagem**

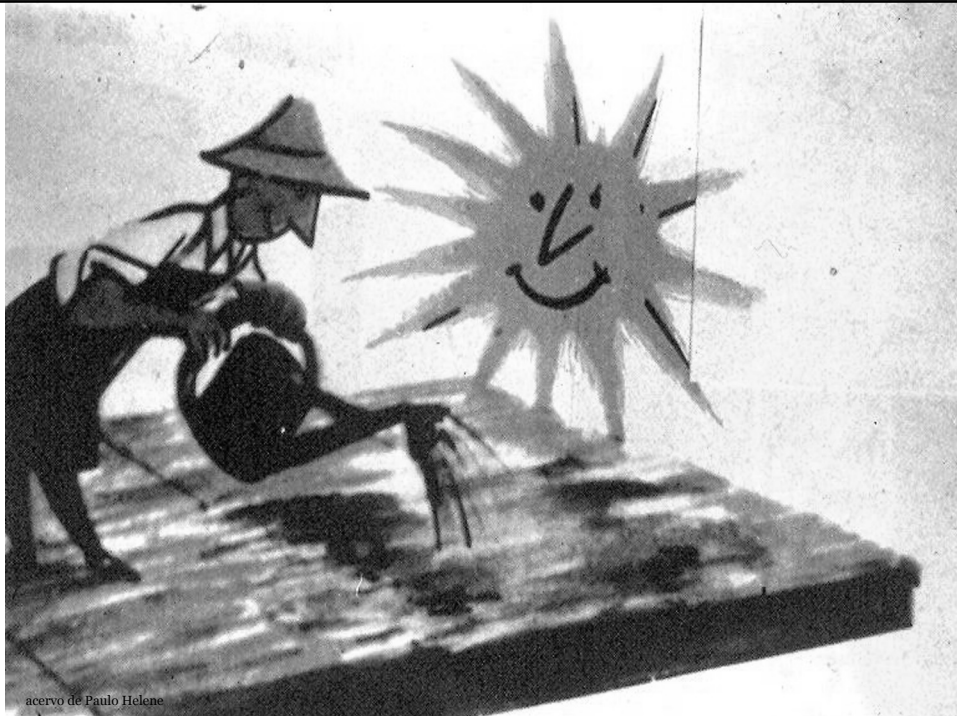
- Ocorre devido à perda de água capilar do concreto, provocando a contração de volume, principalmente em peças planas de concreto, ou seja, em lajes com grande superfície exposta para secagem e pequena espessura
- Na prática, a retração das peças de concreto nunca é livre, e essas restrições fazem surgir tensões de tração no material, podendo ocorrer fissuração

16

## **Retração por secagem**

- Relação água/cimento
- Consumo de água por metro cúbico
- Adições e aditivos
- Tempo e umidade
- Geometria do elemento de concreto

17



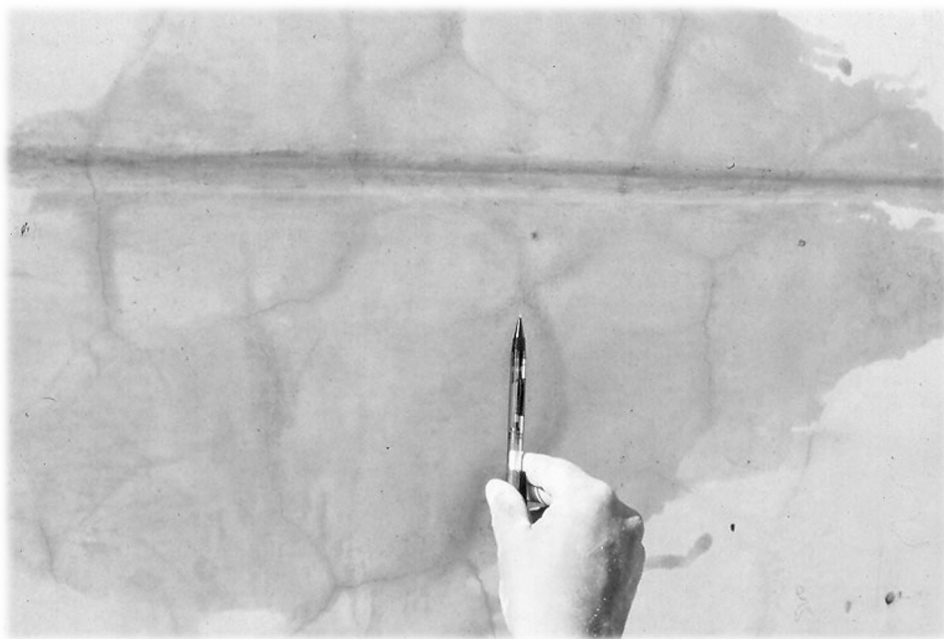
acervo de Paulo Helene

19



acervo de Paulo Helene

20



acervo de Paulo Helene

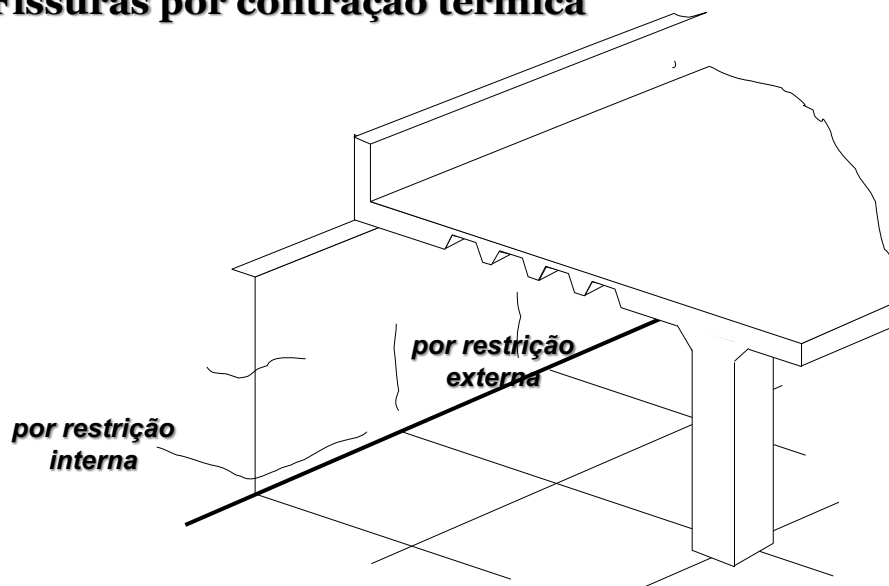
21

## Fissuração

- Assentamento plástico
- Retração plástica
- Retração por secagem
- Origem térmica
- Reações expansivas (AAR, DEF, sulfatos, MgO, corrosão)
- Deformações excessivas
- Sobrecarga (compressão, flexão, torção, cisalhamento)
- Puncionamento
- Recalque diferencial

22

## Fissuras por contração térmica



Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

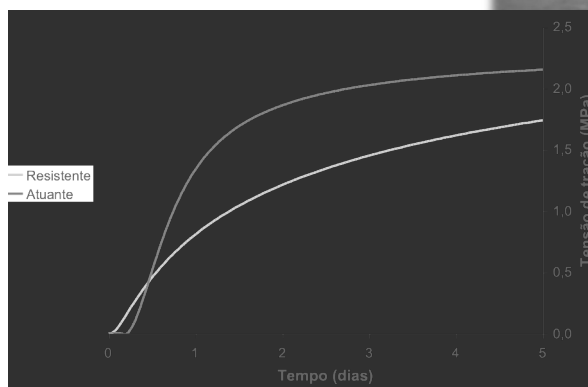
23

## Movimentação térmica (calor de hidratação)

- Esforços de contração térmica, originados pelo resfriamento do elemento após dilatação térmica provocada pelo aumento da temperatura causado pelas reações de hidratação do cimento
- Para evitar o problema, seleciona-se um cimento de baixo calor de hidratação, minimiza-se consumo de cimento para uma dada aplicação, usa-se cimentos mais “frios”, molha-se os agregados graúdos com água fria e limpa e substitui-se parte da água de amassamento por gelo em escamas

24

## Movimentação térmica (calor de hidratação)

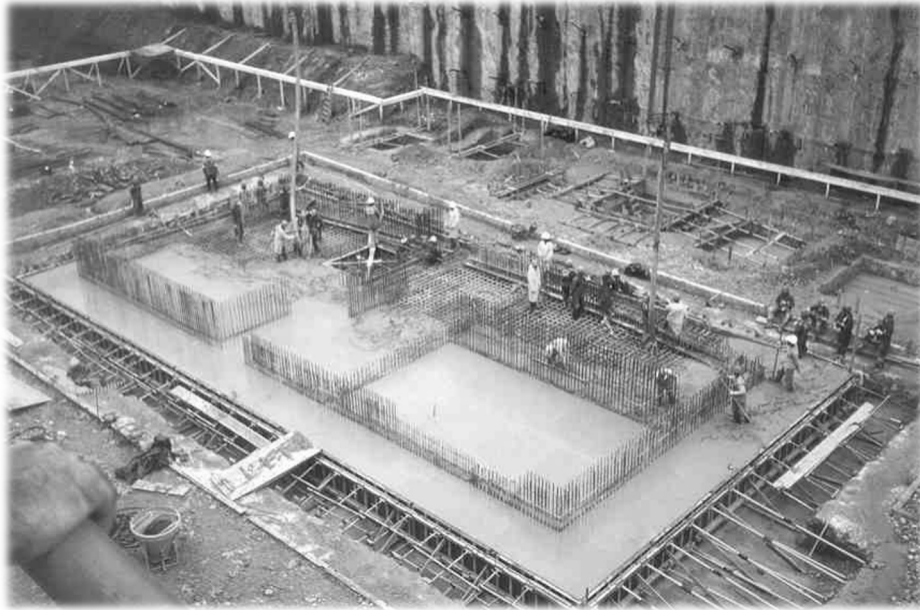


acervo de Paulo Helene

25



## Movimentação térmica (calor de hidratação)



acervo de Paulo Helene

26



acervo de Paulo Helene

27



acervo de Paulo Helene

28

## Movimentação térmica (condições ambientais)



acervo de Paulo Helene

29

## **Movimentação térmica (condições ambientais)**



acervo de Paulo Helene

30

## **Fissuração**

- Assentamento plástico
- Retração plástica
- Retração por secagem
- Origem térmica
- Reações expansivas (AAR, DEF, sulfatos, MgO, corrosão)
- Deformações excessivas
- Sobrecarga (compressão, flexão, torção, cisalhamento)
- Puncionamento
- Recalque diferencial

31

## Comparação de Limites de Deslocamento

### Segurança estrutural

#### ABNT NBR 15575:2013 vs ABNT NBR 6118:2014”

| Elemento                         | Deslocamento Limite                           |                    | Deslocamento a considerar   |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
|                                  | ABNT NBR 6118                                 | ABNT NBR 15575     |                             |
| Componentes estruturais visíveis | $l/250$                                       | $l/250$ ou $H/300$ | Carga total                 |
| Caixilhos                        | $l/500$ e $10\text{mm}$ e $\theta=0,0014$ rad | $l/800$            | após a construção da parede |
| Alvenaria                        |                                               | $l/500$ ou $H/500$ | após a construção da parede |
| Divisórias leves                 | $l/250$ e $25\text{mm}$                       | $l/600$            | após a instalação           |
| Forros                           | $l/350$                                       | $l/600$            | após a construção do forro  |

32

## Deformações excessivas

- Ocorre quando a estrutura em serviço é mais deformável do que o previsto no projeto estrutural
- Erro de projeto
- Módulo de elasticidade do concreto inferior ao especificado

33

## **Sobrecarga**



acervo de Paulo Helene

34

## **Fissuração**

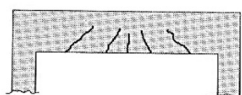
- Assentamento plástico
- Retração plástica
- Retração por secagem
- Origem térmica
- Reações expansivas (AAR, DEF, sulfatos, MgO, corrosão)
- Deformações excessivas
- Sobrecarga (compressão, flexão, torção, cisalhamento)
- Puncionamento
- Recalque diferencial

35

## Fissuras: manifestações típicas

### Fissuras de flexão

#### Manifestação Típica



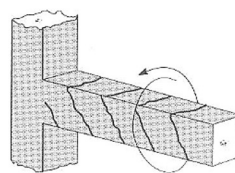
### Fissuras de flexão na parte superior (marquises, balcões)

#### Manifestação Típica



### Fissuras de torção

#### Manifestação Típica



acervo de Paulo Helene

36

## Fissuras: manifestações típicas

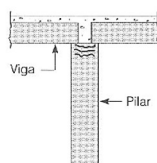
### Esmagamento do concreto

#### Manifestação Típica



### Fissuras de assentamento plástico

#### Manifestação Típica



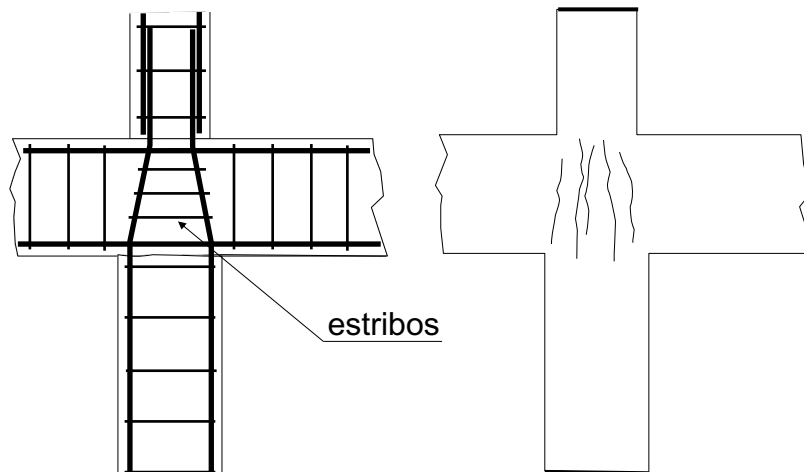
### Fissuras de cisalhamento

#### Manifestação Típica



acervo de Paulo Helene

37



acervo de Paulo Helene

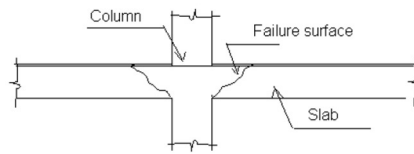
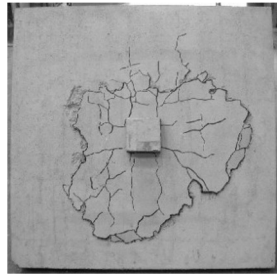
38

## **Fissuração**

- Assentamento plástico
- Retração plástica
- Retração por secagem
- Origem térmica
- Reações expansivas (AAR, DEF, sulfatos, MgO, corrosão)
- Deformações excessivas
- Sobrecarga (compressão, flexão, torção, cisalhamento)
- Puncionamento
- Recalque diferencial

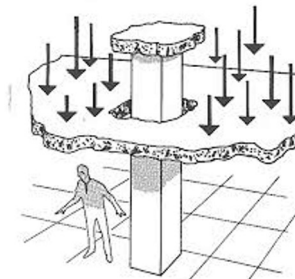
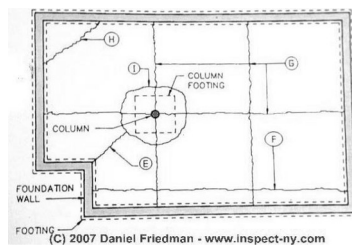
39

## Fissuras devido à sobrecarga de esforços de punçãoamento



**Atenção!!!  
Risco iminente**

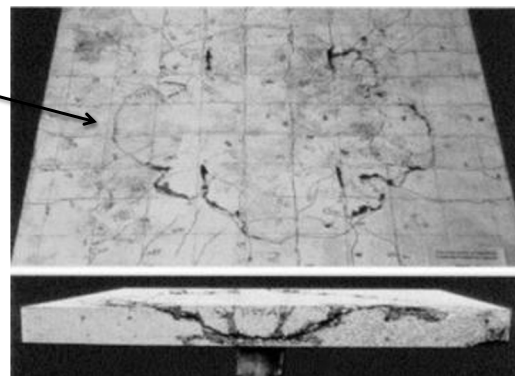
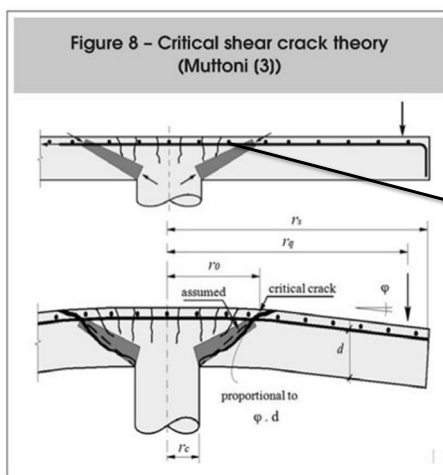
**puncionamento  
e flexão de laje**



acervo de Paulo Helene

40

## Aparência das fissuras devido a esforços de punçãoamento



acervo de Paulo Helene

41



## Classificação da gravidade de fissuras

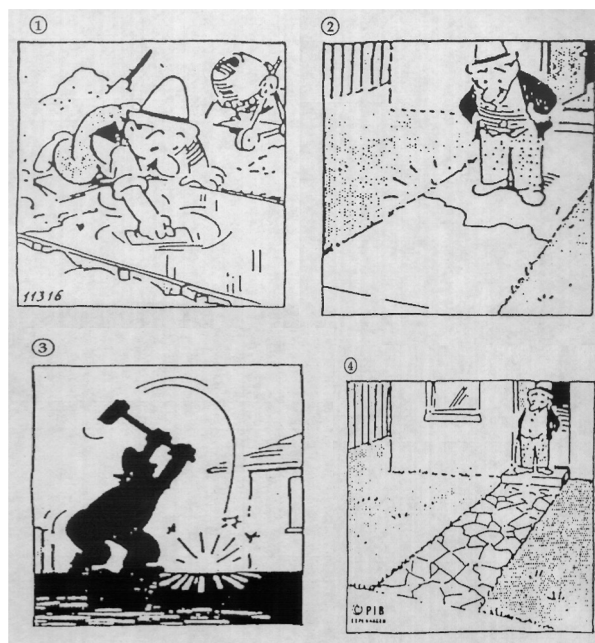
Table 1: Examples of classification of defects (after RILEM TC 104 <sup>(9)</sup>).

| Damage                                            | Damage rating      |                      |                               |                                                   |                                                   |
|---------------------------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                   | 1 (very slight)    | 2 (slight)           | 3 (moderate)                  | 4 (severe)                                        | 5 (very severe)                                   |
| Cracks in prestressed concrete due to overloading | Width < 0.05 mm    | Width 0.05–0.1 mm    | Width 0.1–0.3 mm              | Width 0.3–1 mm                                    | Width 1–3 mm with some spalling                   |
| Cracks in reinforced concrete due to overloading  | Width < 0.1 mm     | Width 0.1–0.3 mm     | Width 0.3–1 mm                | Width 1–3 mm with some spalling                   | Width > 5 mm with widespread spalling             |
| Cracks in unreinforced concrete                   | Width < 1 mm       | Width 1–10 mm        | Width 10–20 mm                | Width 20–25 mm                                    | Width > 25 mm with spalling                       |
| Shrinkage or settlement cracks                    | Single small crack | Several small cracks | Many small cracks             | Few large cracks                                  | Many large cracks                                 |
| Effects of reinforcement corrosion                | Barely noticeable  | Light rust stains    | Heavy rust stains             | Heavy rust stains and cracking along line of bars | Heavy rust stains and spalling along line of bars |
| Pop-outs                                          | Barely noticeable  | Noticeable           | Holes up to 10 mm in diameter | Holes between 10 and 50 mm in diameter            | Holes > 50 mm in diameter                         |
| Spalling                                          | Barely noticeable  | Clearly noticeable   | Larger than coarse aggregate  | Areas up to 150 mm across                         | Areas larger than 150 mm                          |

42

...a solução definitiva para fissuras de retração por secagem...

Publicado en Bulletin  
D'Information CEB N° 221  
"Advanced Studies in  
Structural Concrete", Octobre  
1994.



43



acervo de Paulo Helene

44



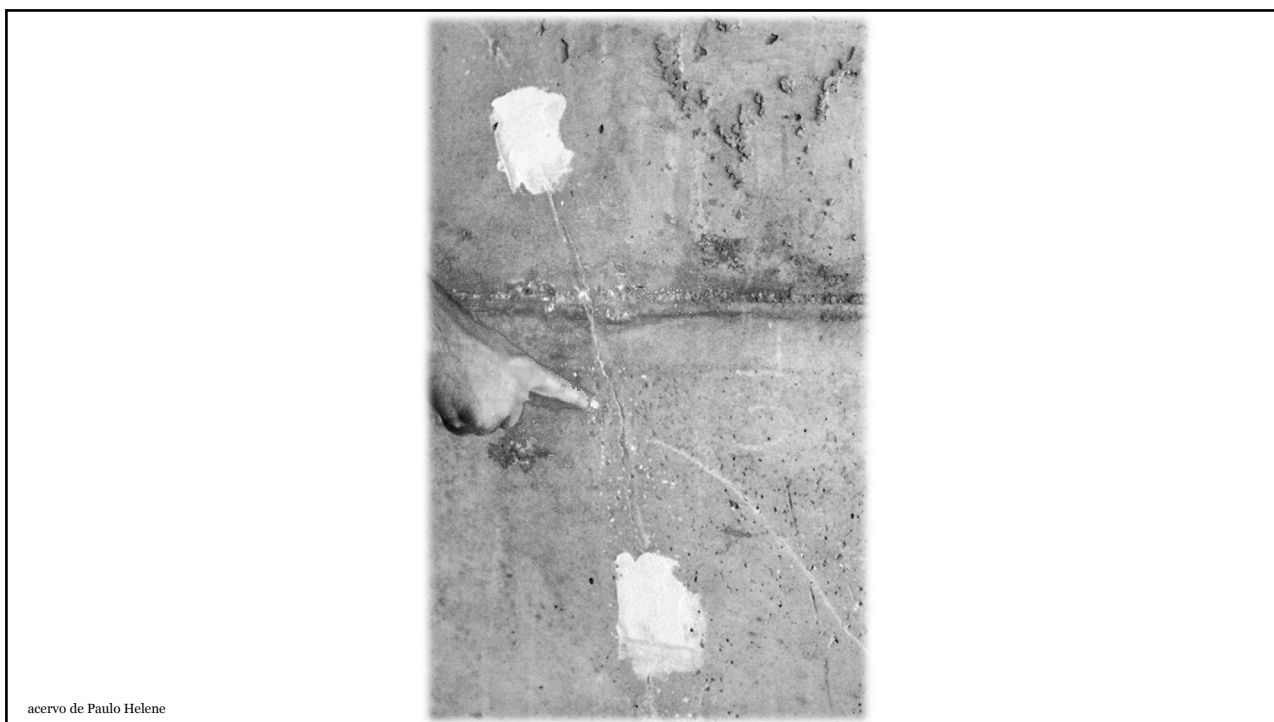
acervo de Paulo Helene

45



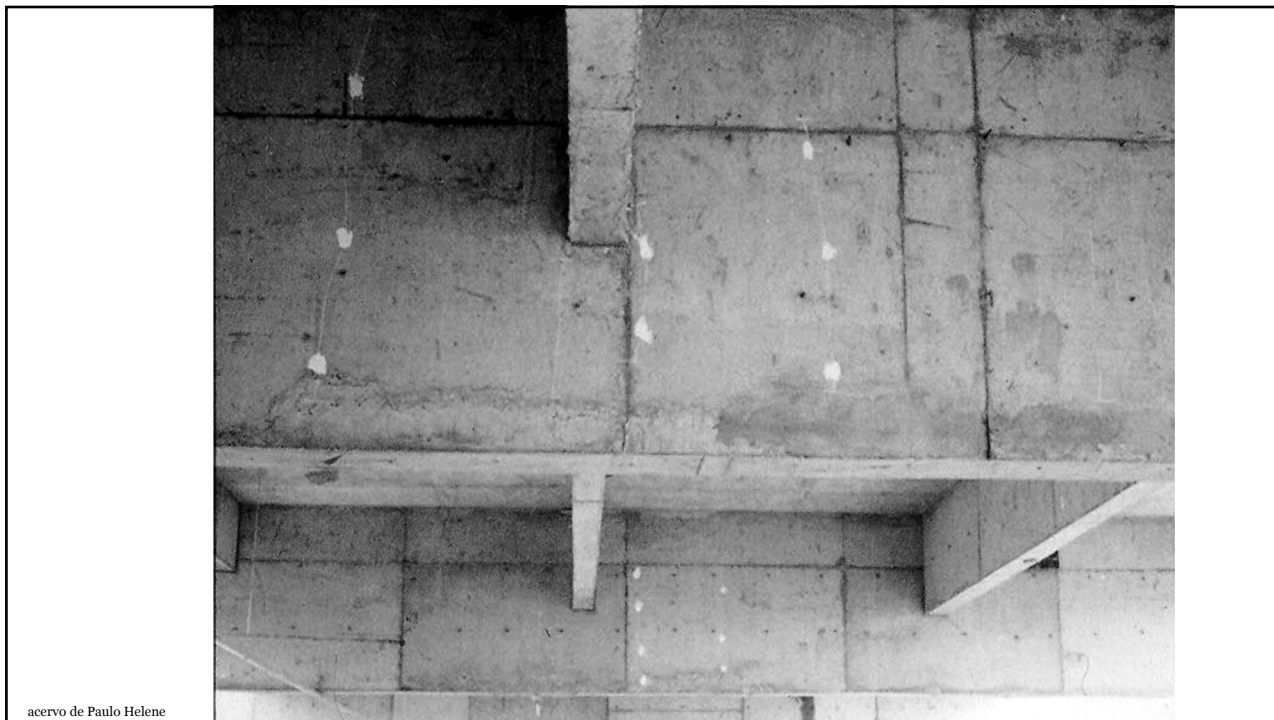
acervo de Paulo Helene

46

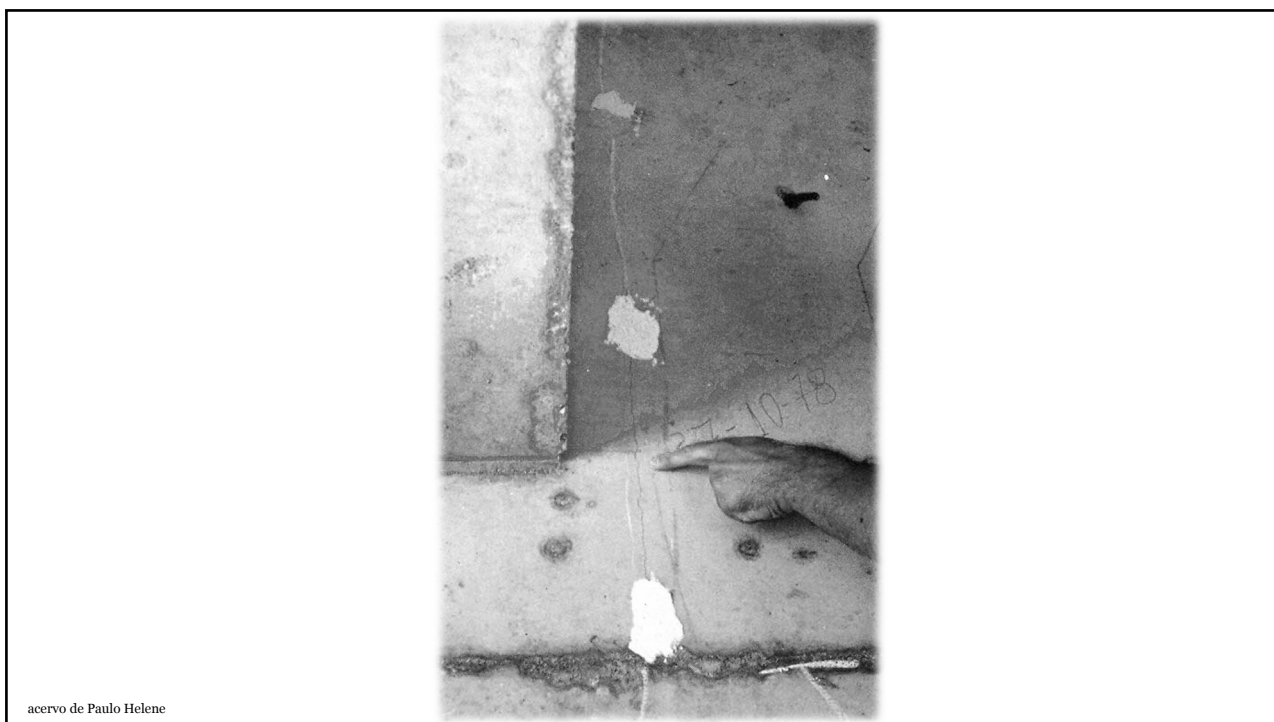


acervo de Paulo Helene

47



48



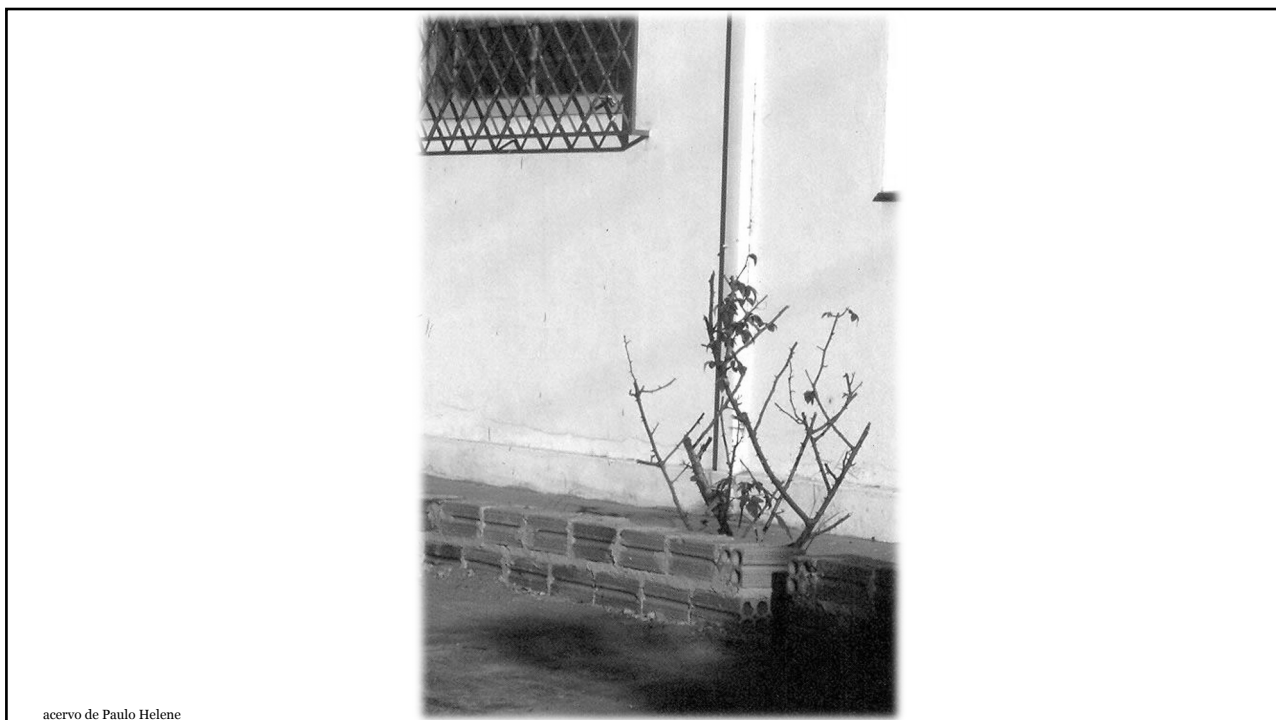
49



50



51



acervo de Paulo Helene

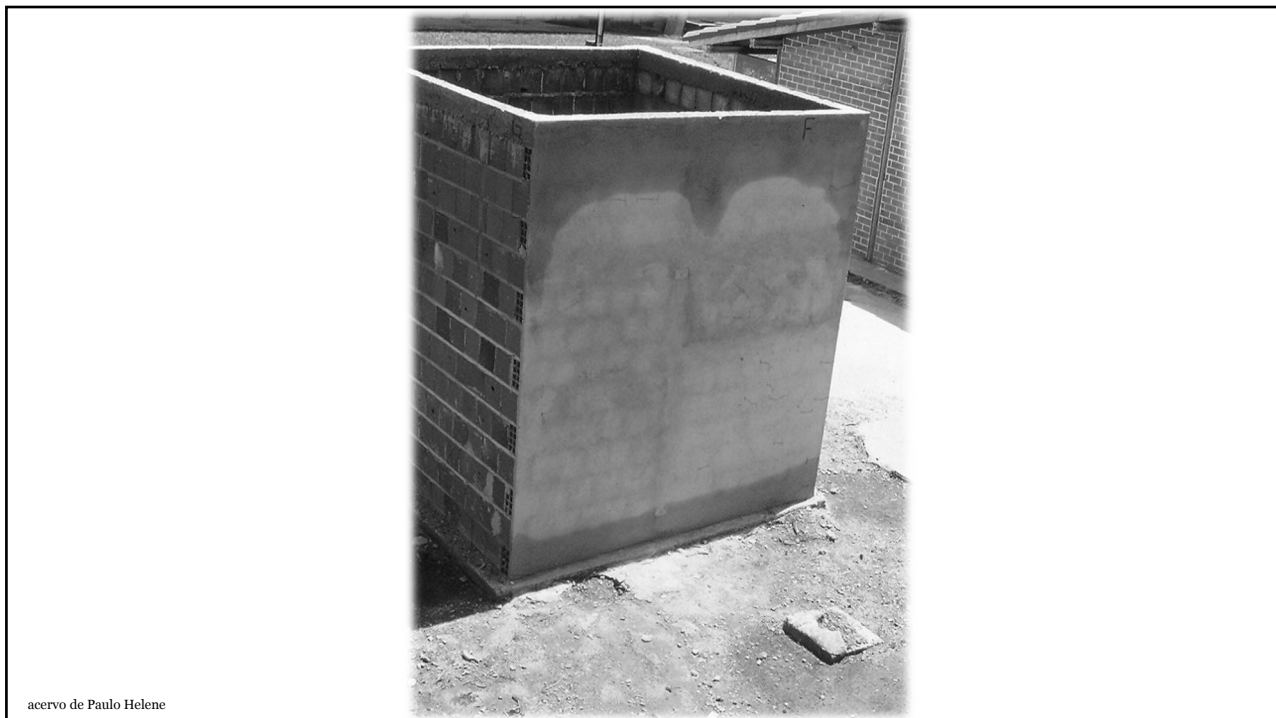
52



acervo de Paulo Helene

53





acervo de Paulo Helene

54



acervo de Paulo Helene

55



acervo de Paulo Helene

56



acervo de Paulo Helene

57





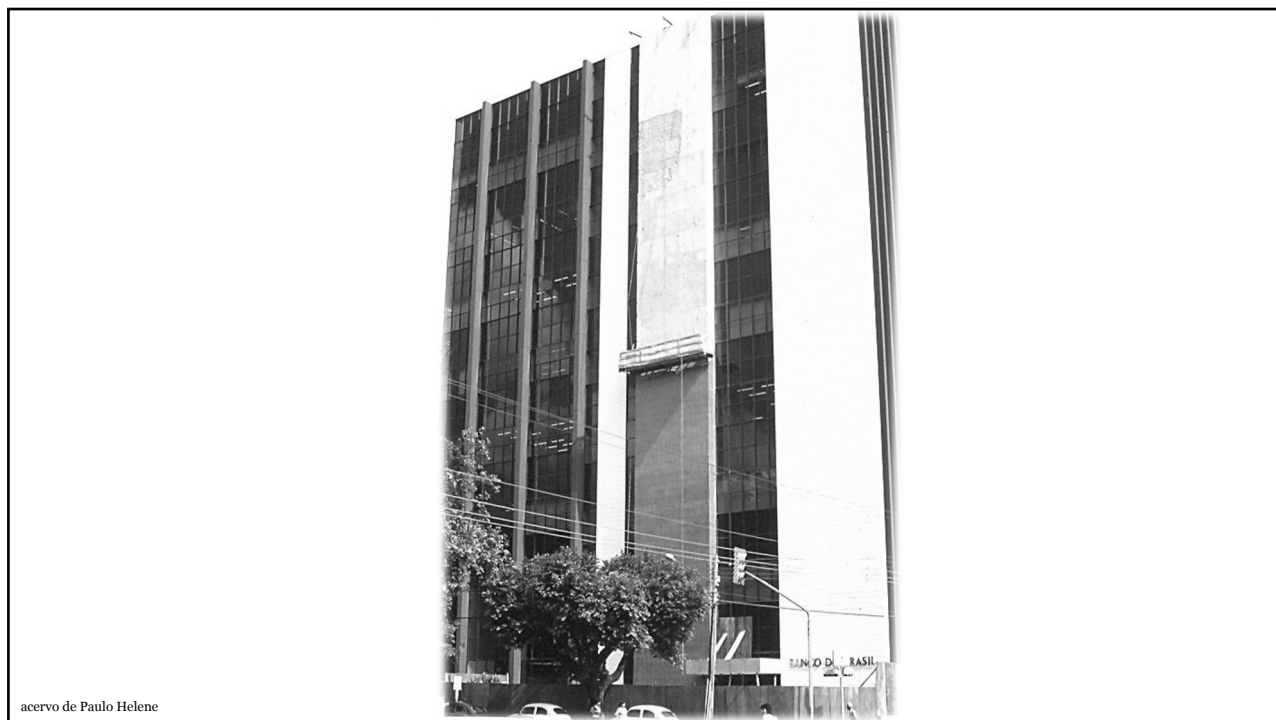
acervo de Paulo Helene

58

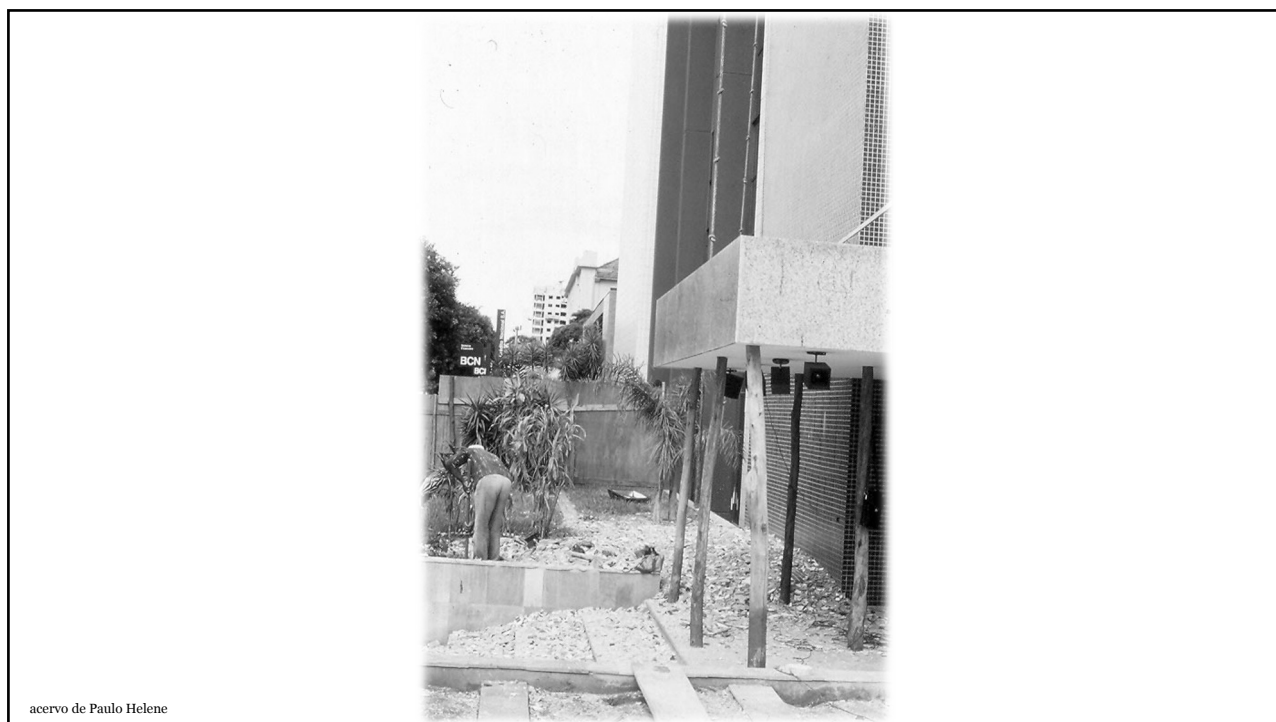


acervo de Paulo Helene

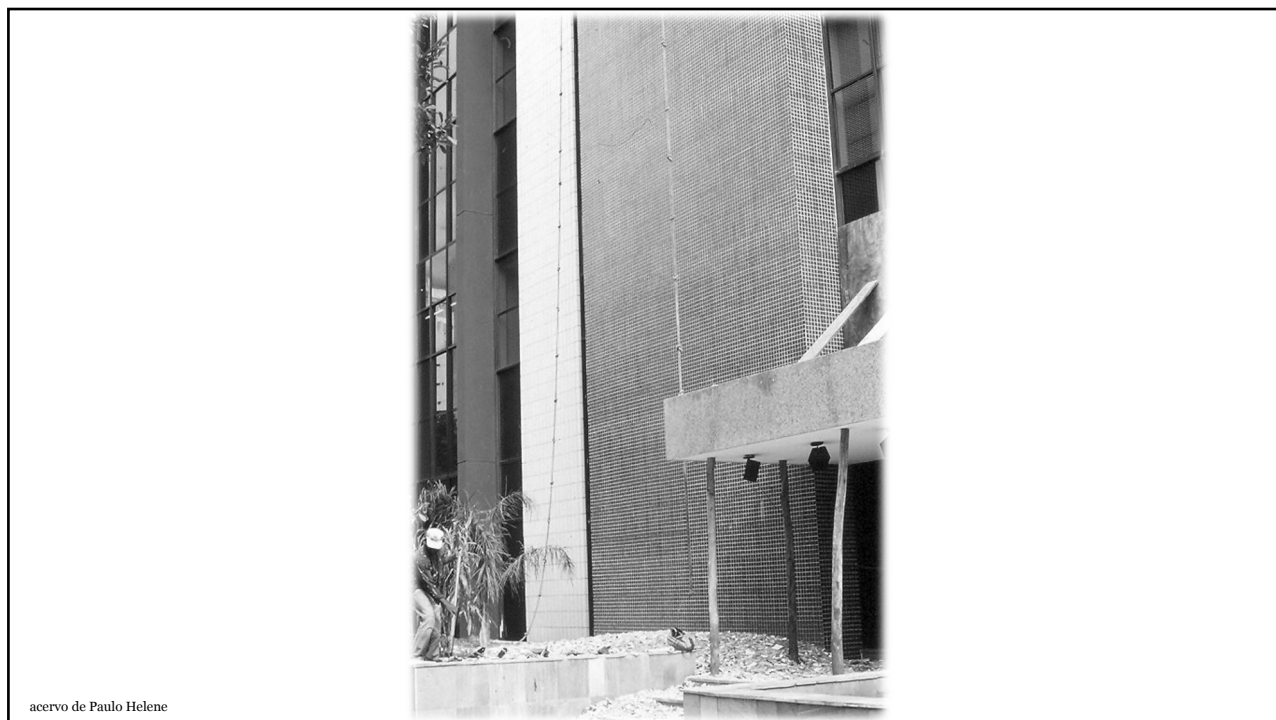
59



60

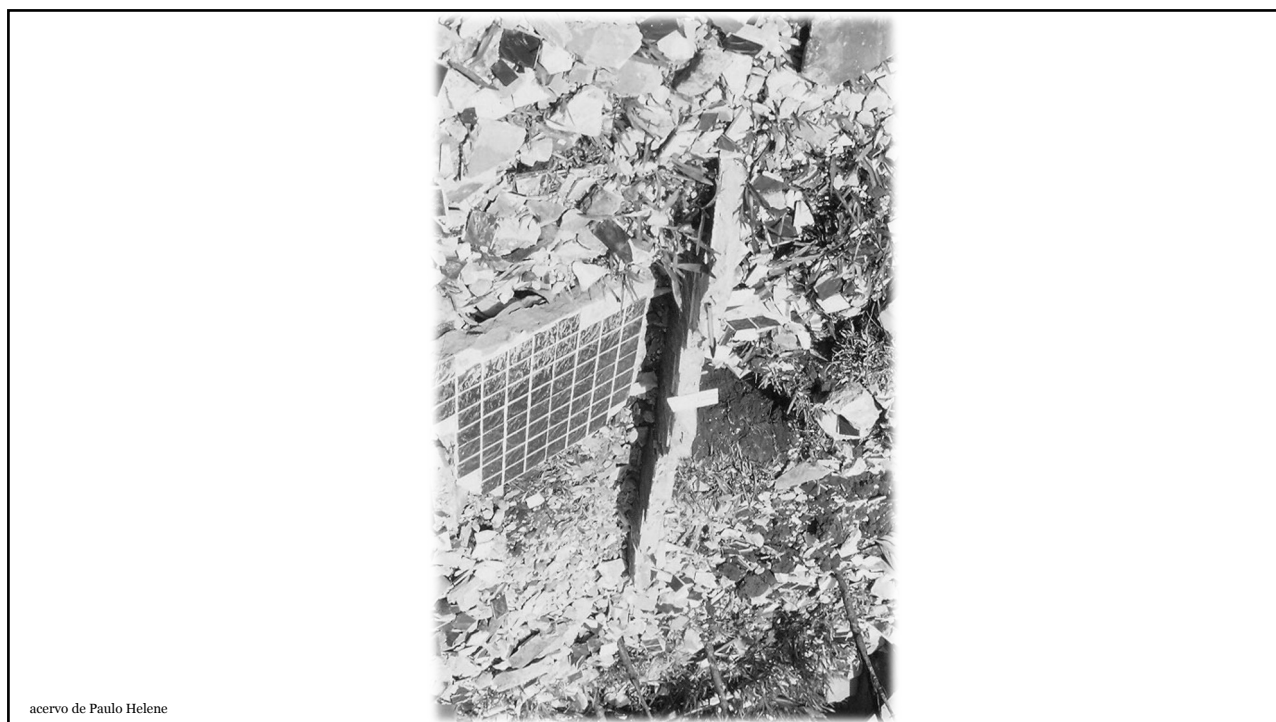


61



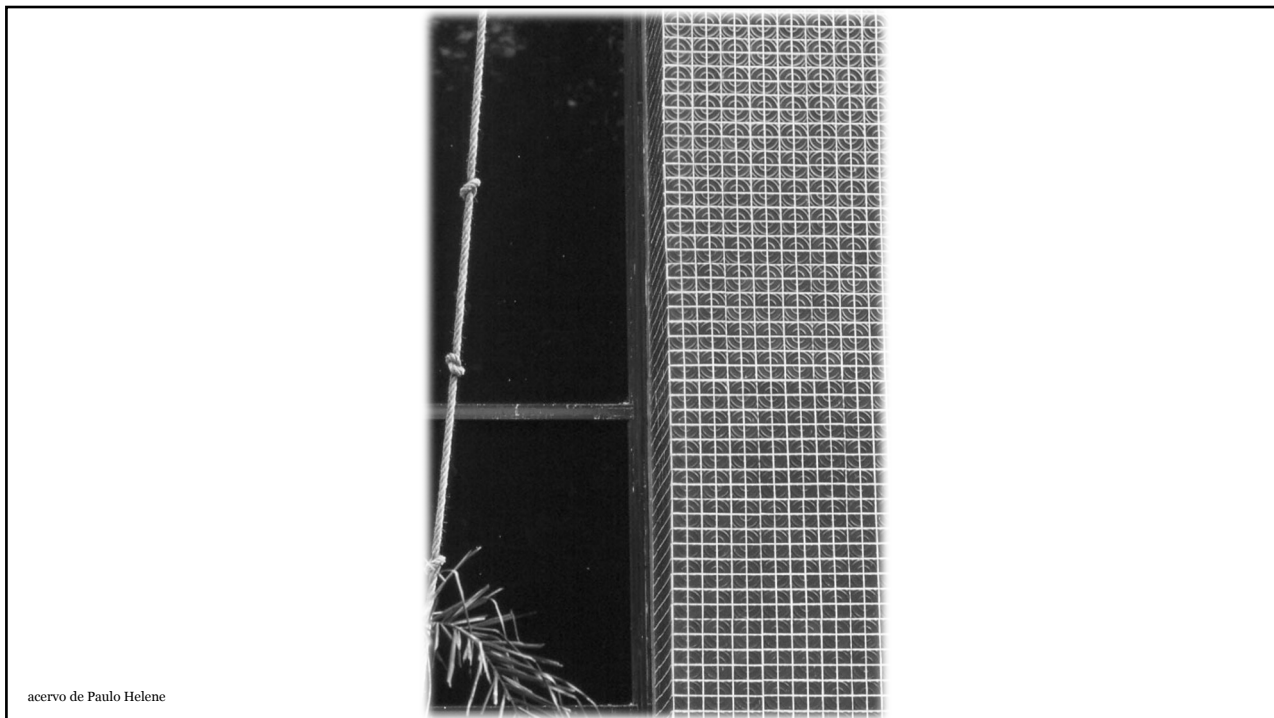
acervo de Paulo Helene

62



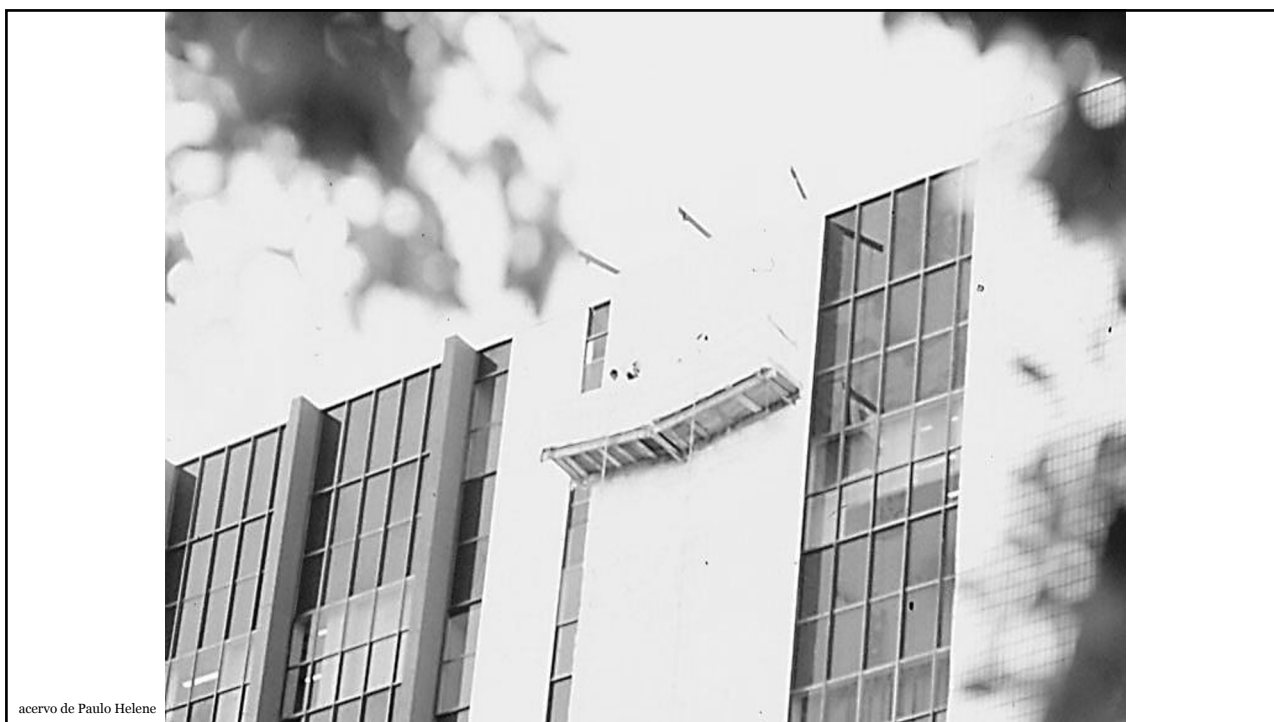
acervo de Paulo Helene

63



acervo de Paulo Helene

64



acervo de Paulo Helene

65



66



67



68



69



acervo de Paulo Helene

70



acervo de Paulo Helene

71





acervo de Paulo Helene

72



acervo de Paulo Helene

73



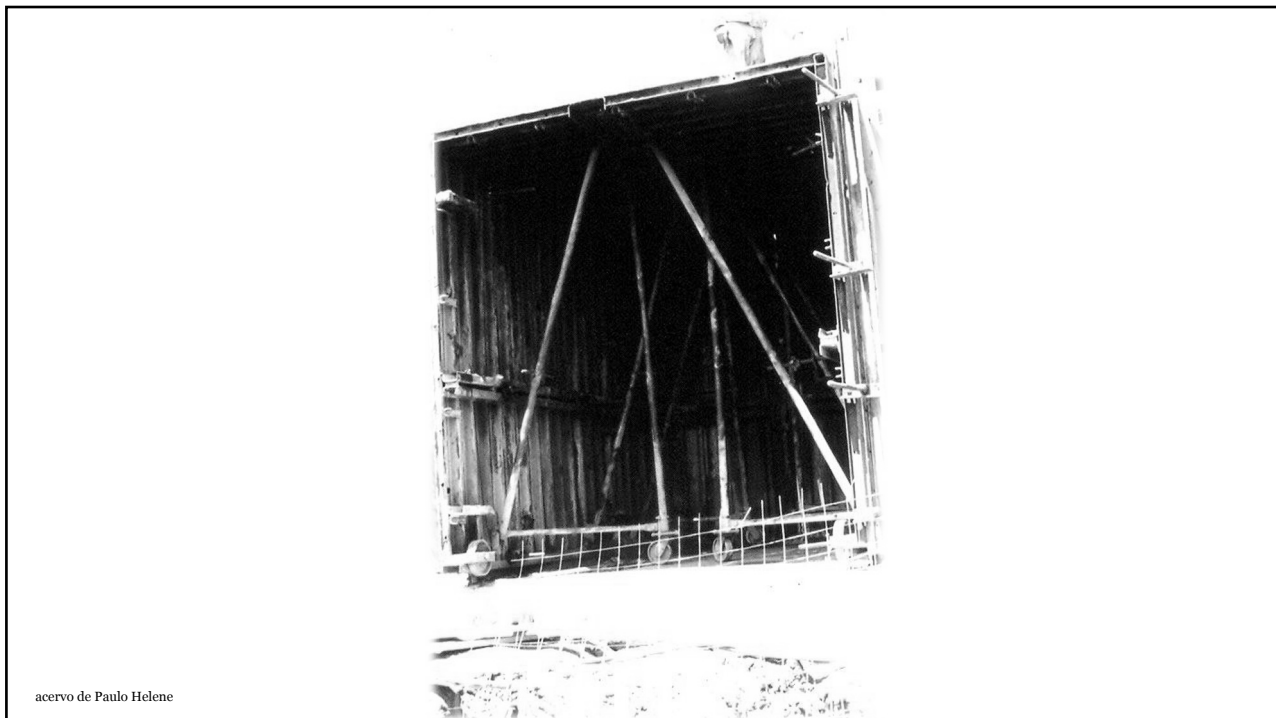
Fissuras em fachadas de edifícios  
residenciais de concreto armado  
construídos com sistema de fôrma tipo  
“túnel”, com concreto de  $f_{ck} = 20\text{MPa}$

74



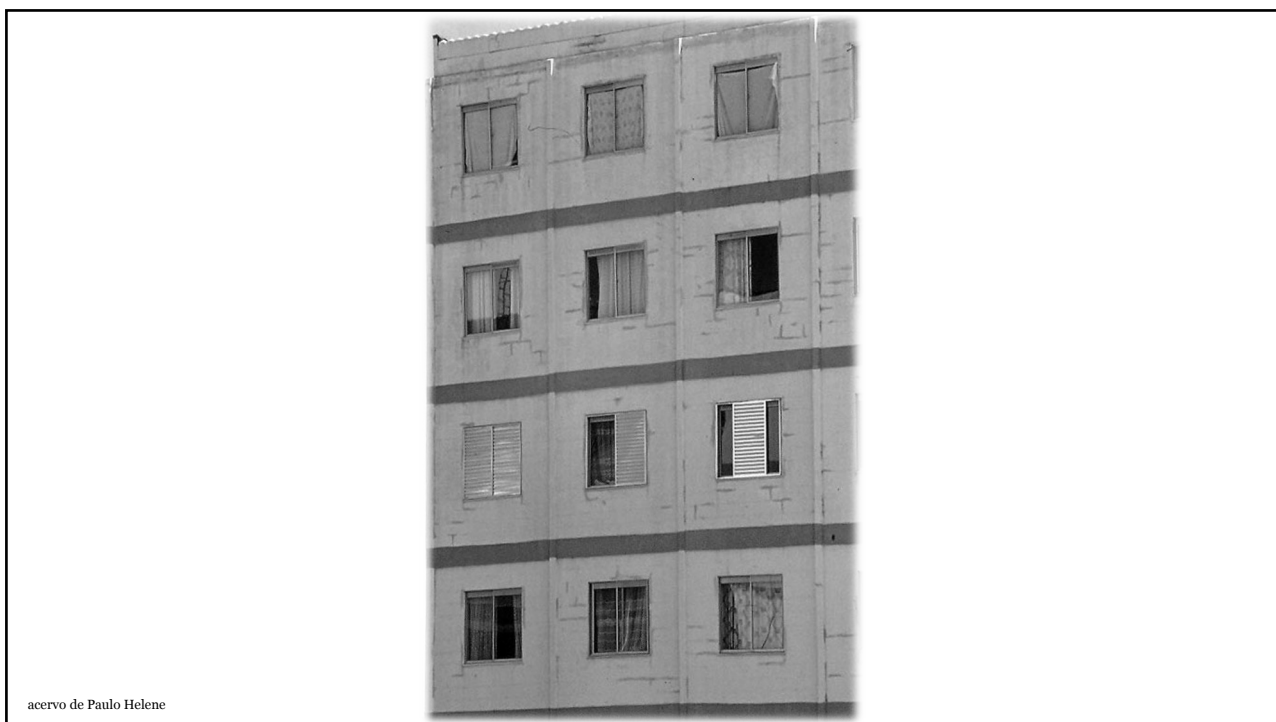
acervo de Paulo Helene

75



acervo de Paulo Helene

76



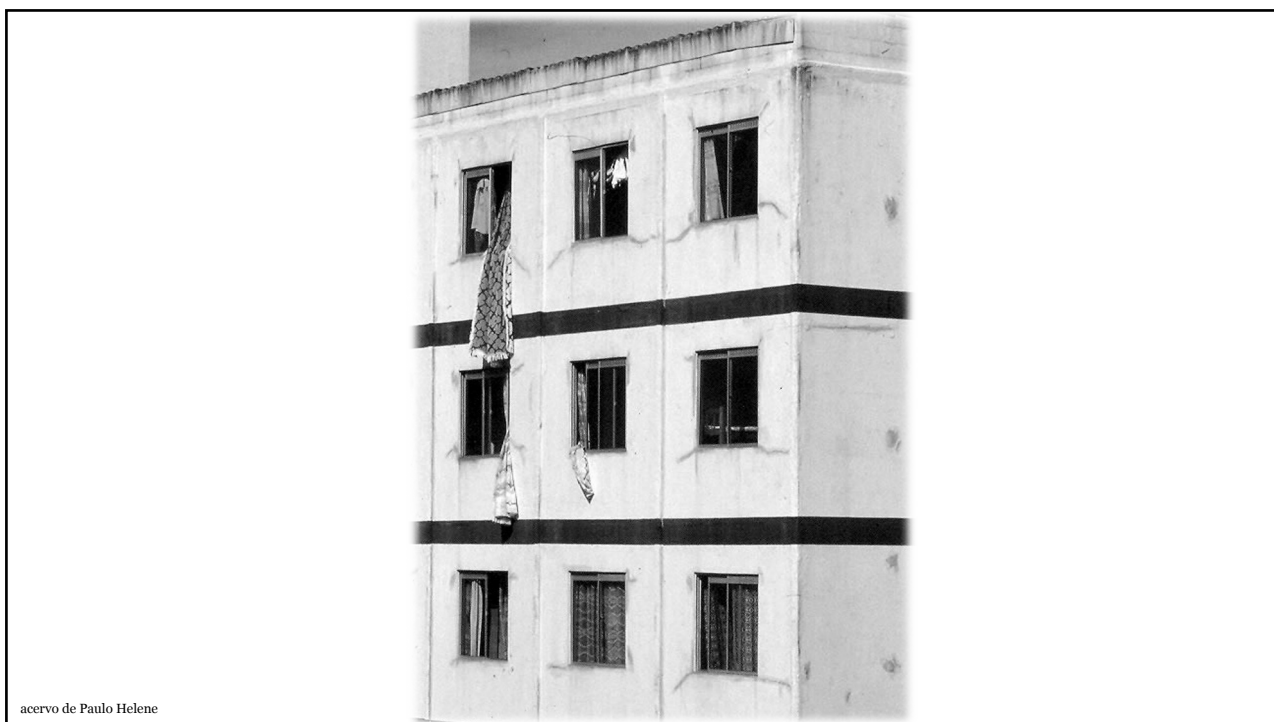
acervo de Paulo Helene

77



acervo de Paulo Helene

78



acervo de Paulo Helene

79



acervo de Paulo Helene

80



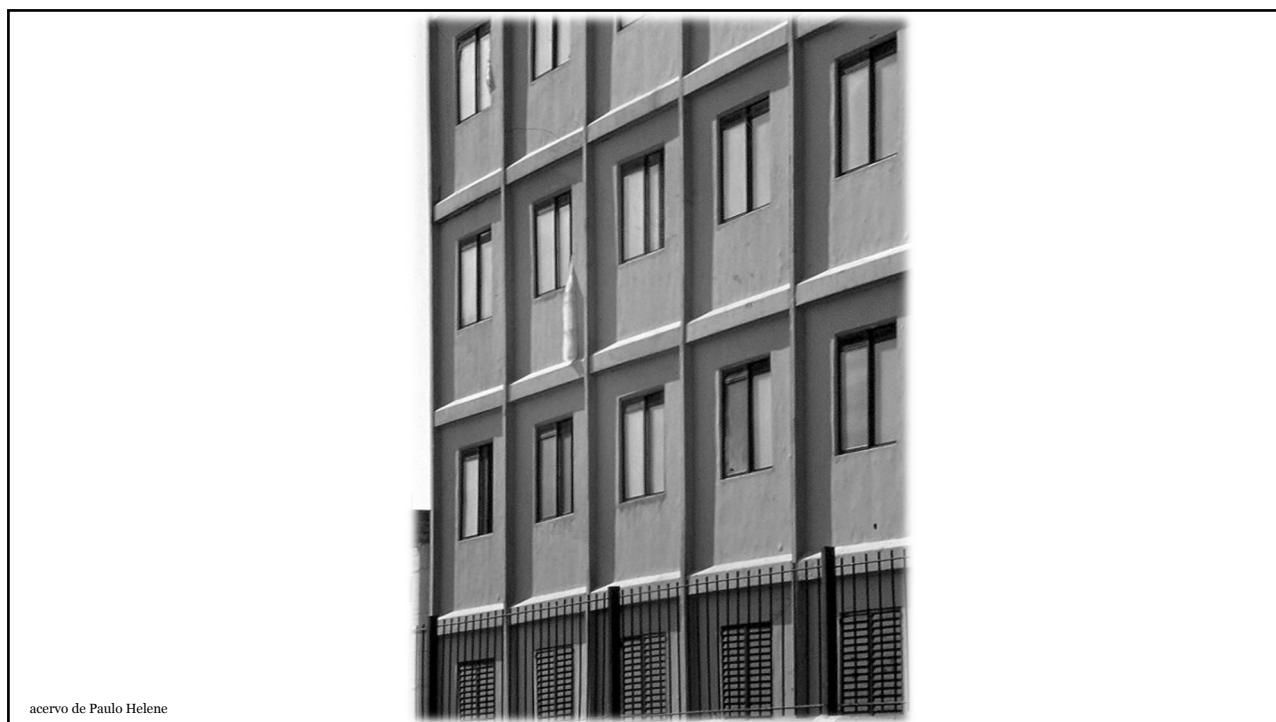
acervo de Paulo Helene

81



acervo de Paulo Helene

82



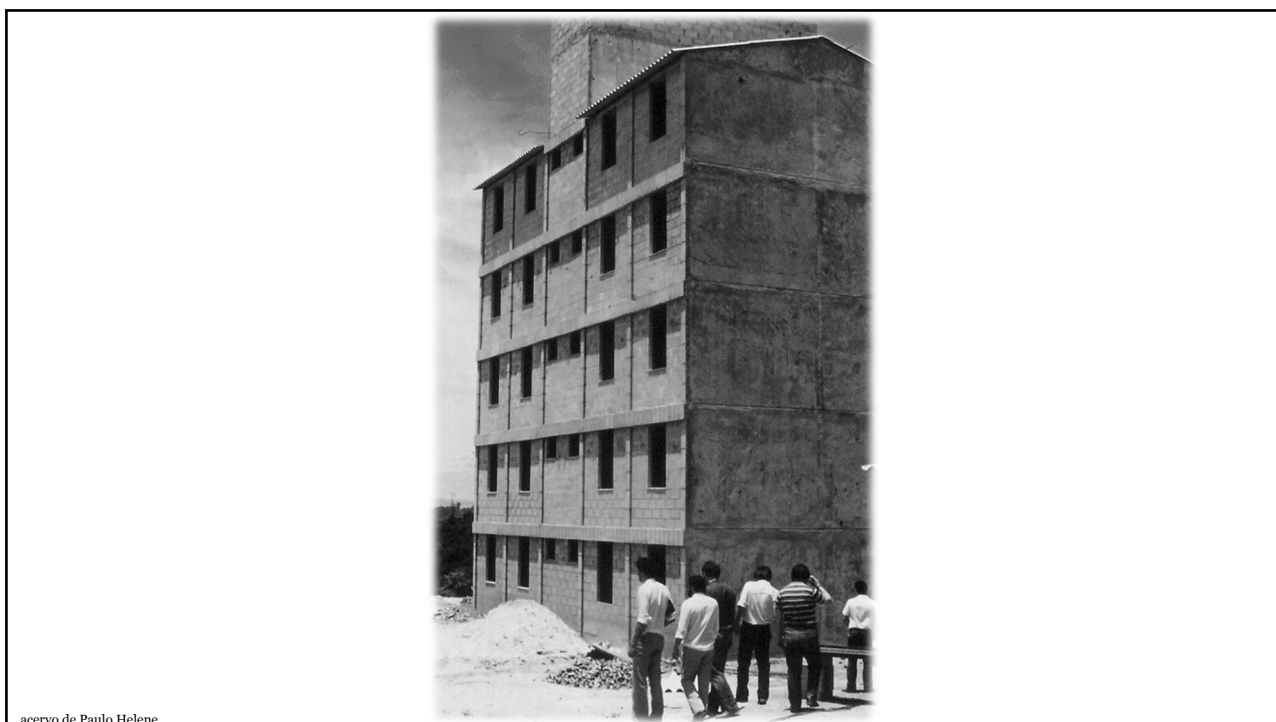
acervo de Paulo Helene

83



acervo de Paulo Helene

84



acervo de Paulo Helene

85

Fissuras em paredes de casas térreas construídas integralmente em concreto autoadensável, composto de vários materiais (cimento, escória de AF, areia fina, areia média grossa, aditivos e pedrisco), com consumo de cimento de 200kg/m<sup>3</sup>, relação água/cimento a/c = 1,1 e  $f_{ck} = 8\text{MPa}$  a 28 dias de idade.

86



acervo de Paulo Helene

87



acervo de Paulo Helene

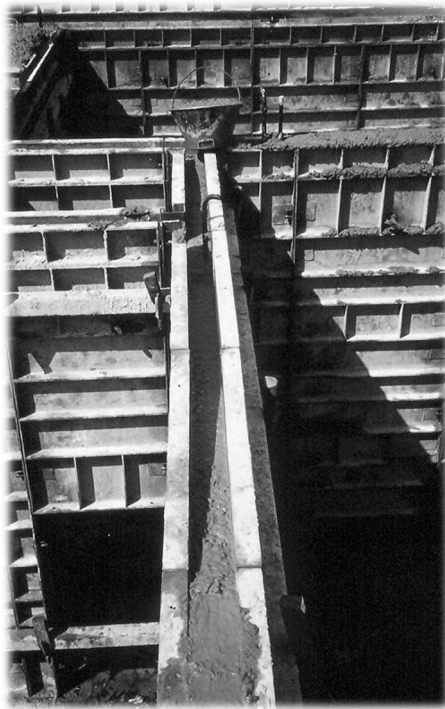
88



acervo de Paulo Helene

89





acervo de Paulo Helene

90



acervo de Paulo Helene

91



acervo de Paulo Helene

92



acervo de Paulo Helene

93



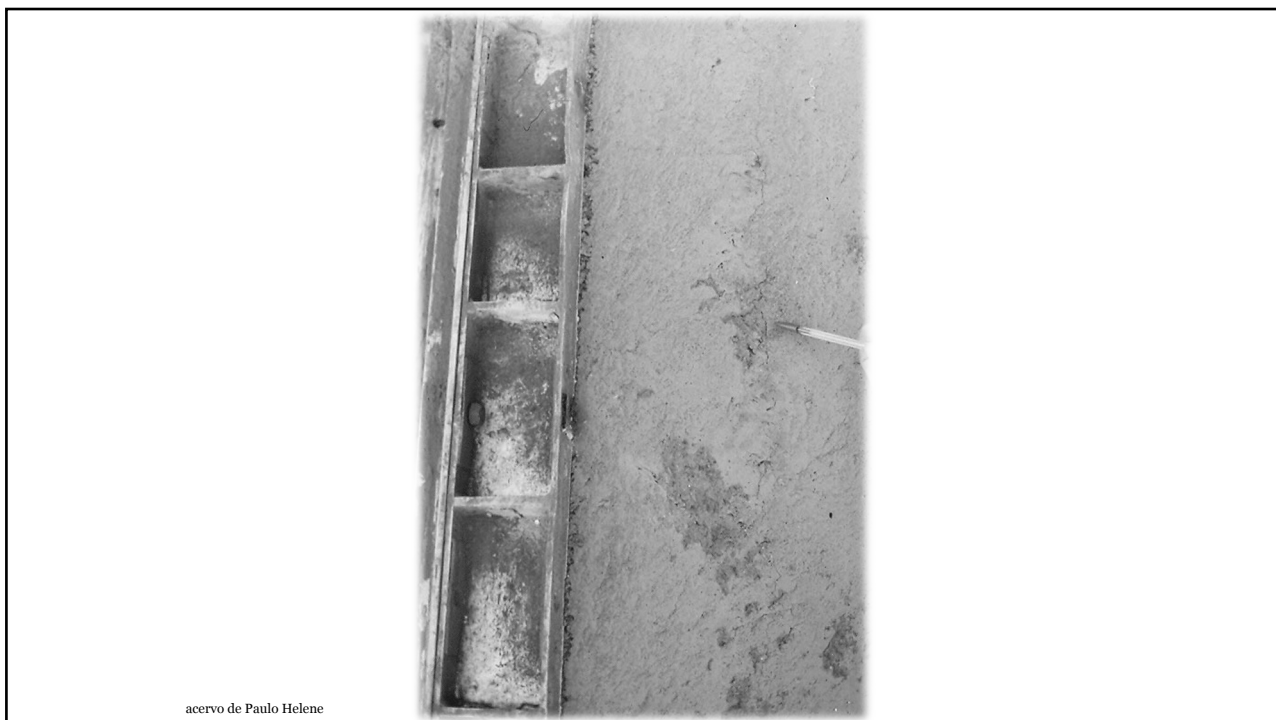
acervo de Paulo Helene

94



acervo de Paulo Helene

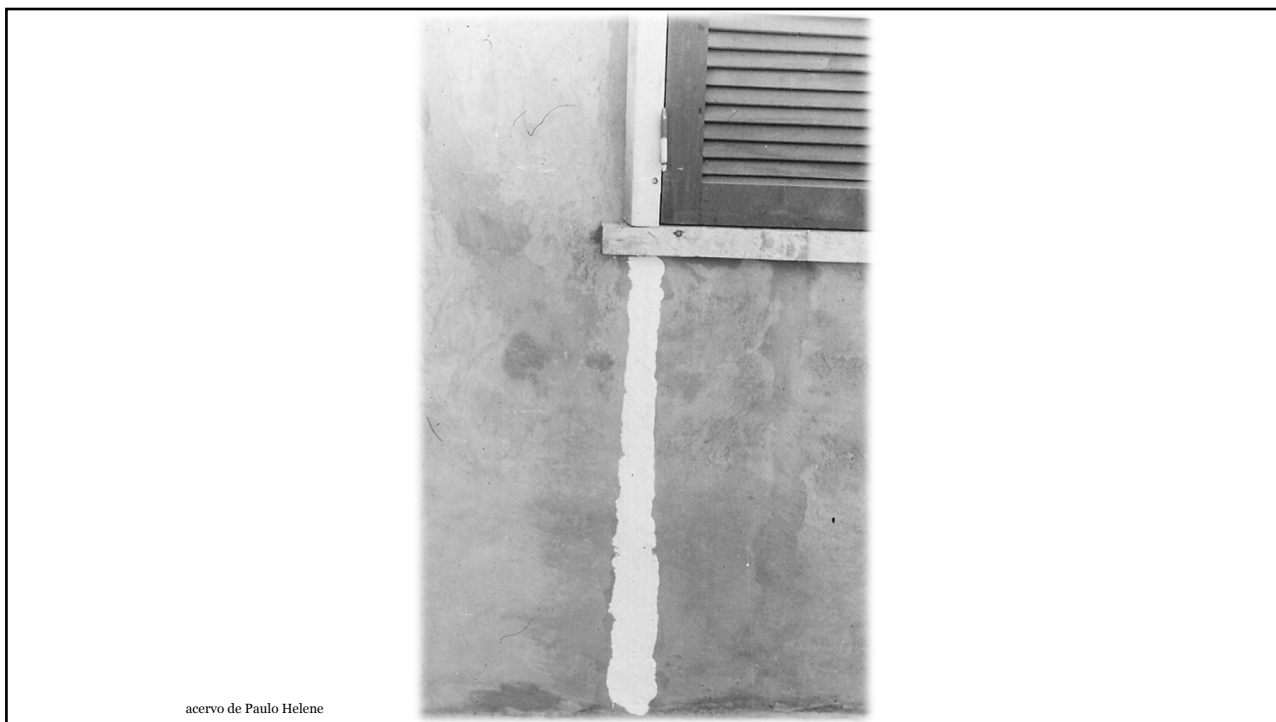
95



96



97



acervo de Paulo Helene

98



acervo de Paulo Helene

99



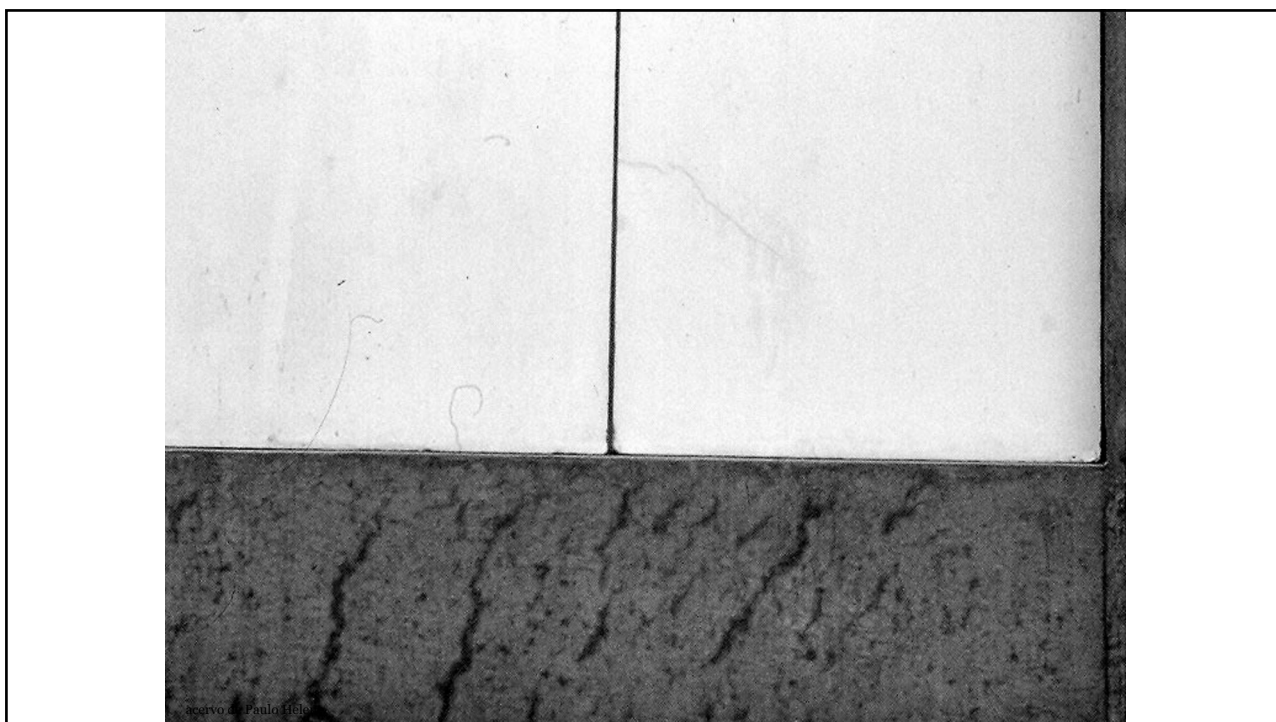
100



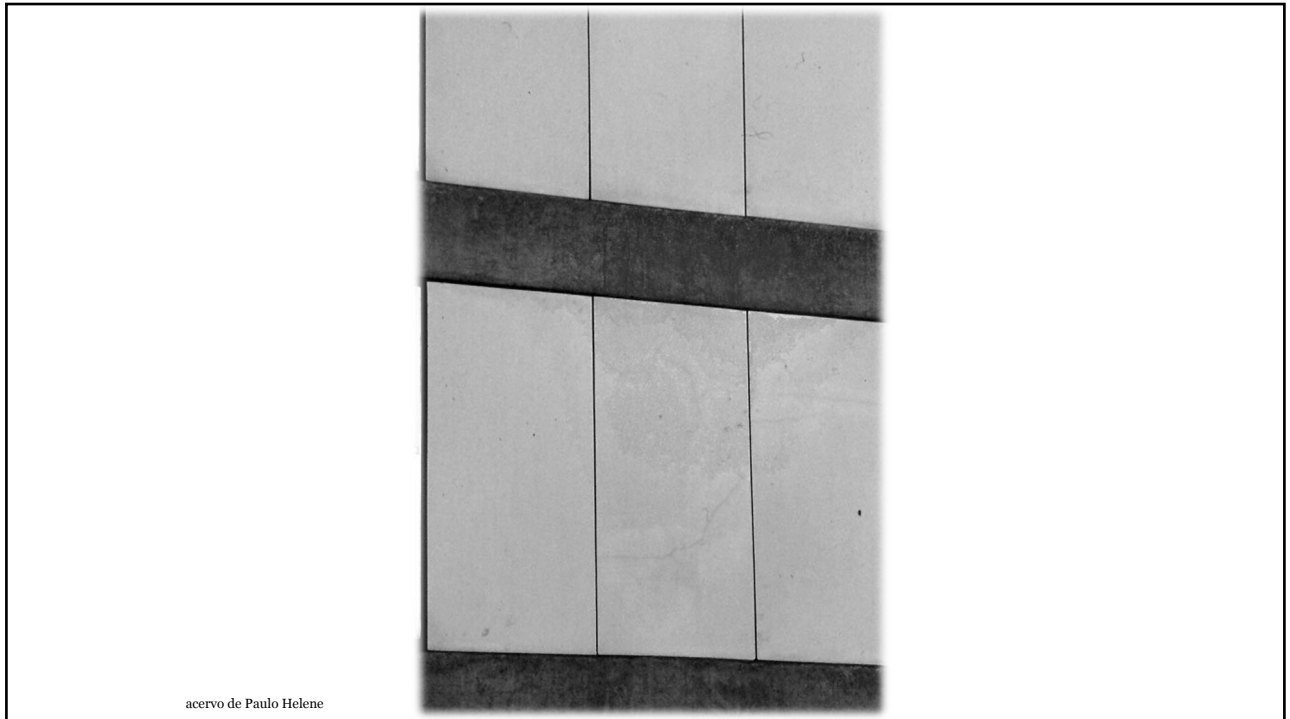
101



102

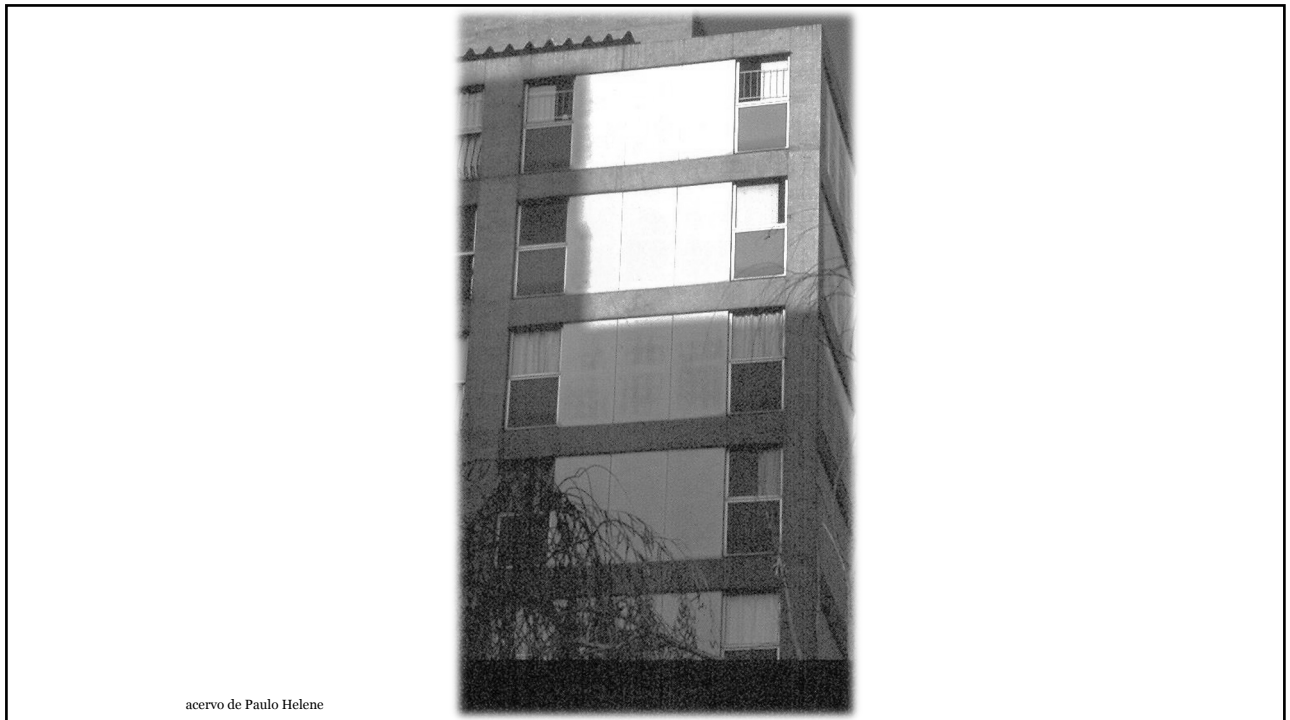


103



acervo de Paulo Helene

104



acervo de Paulo Helene

105

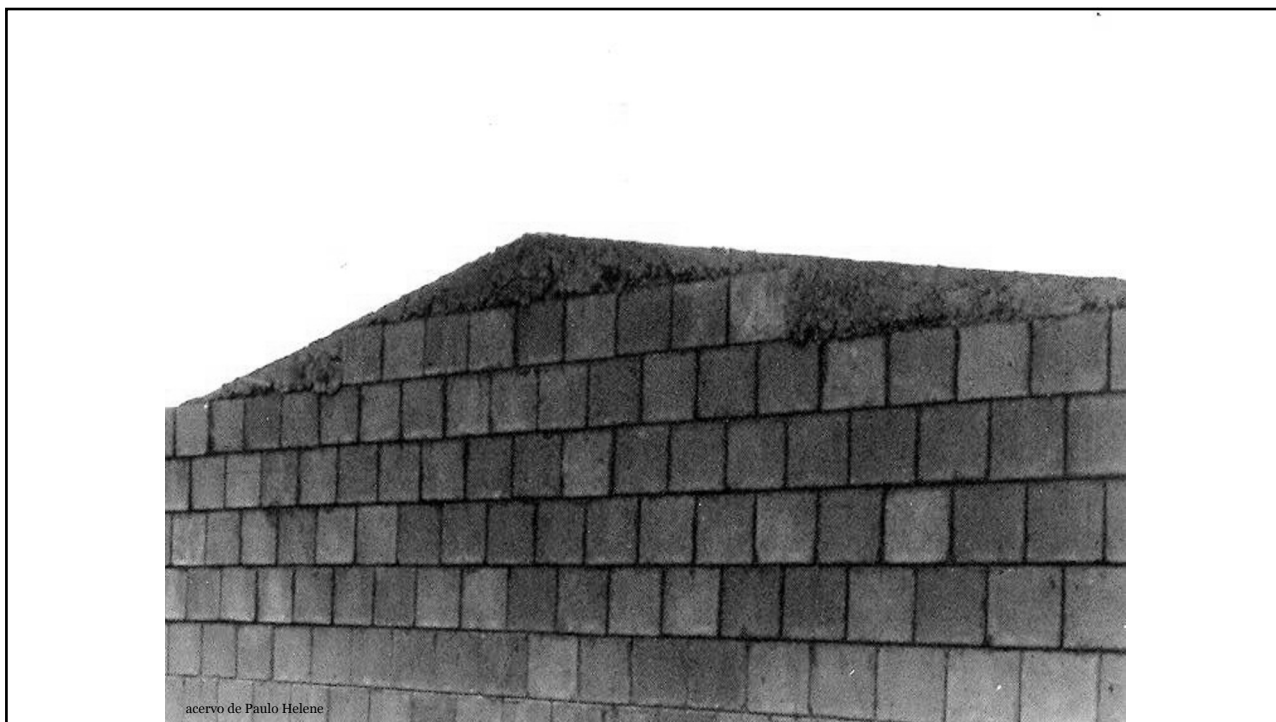




106



107



108



109



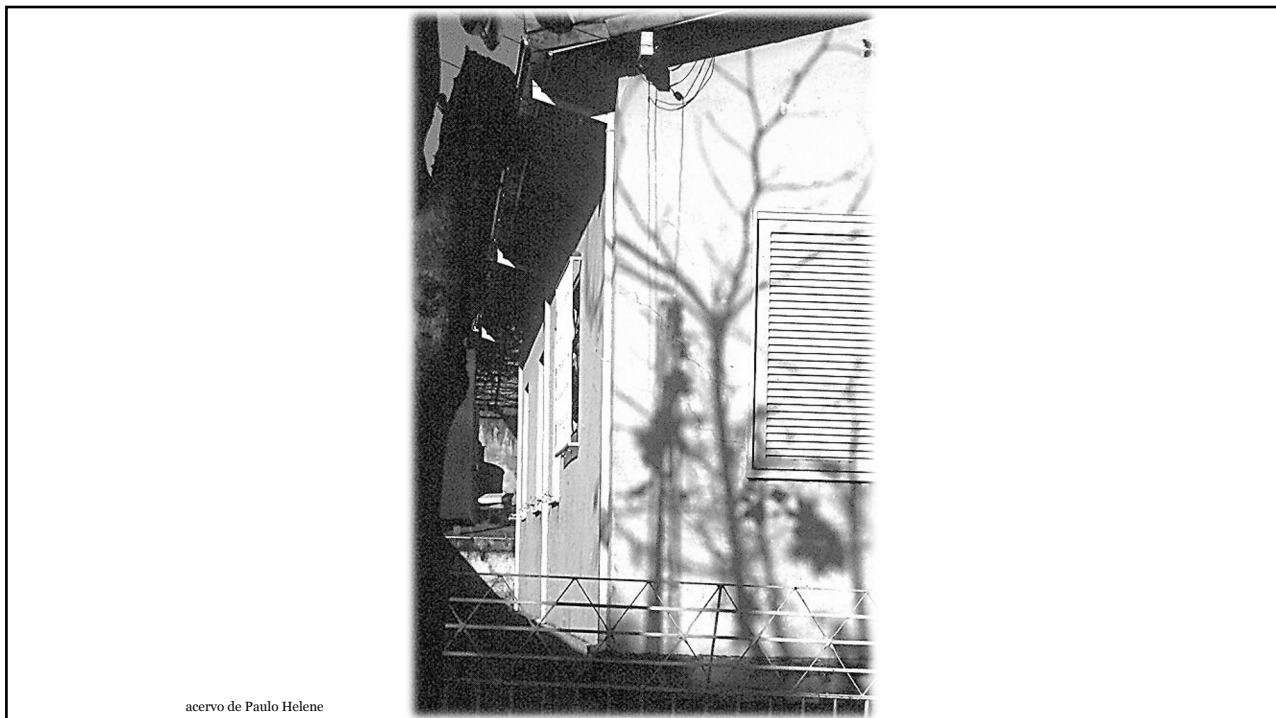
acervo de Paulo Helene

110



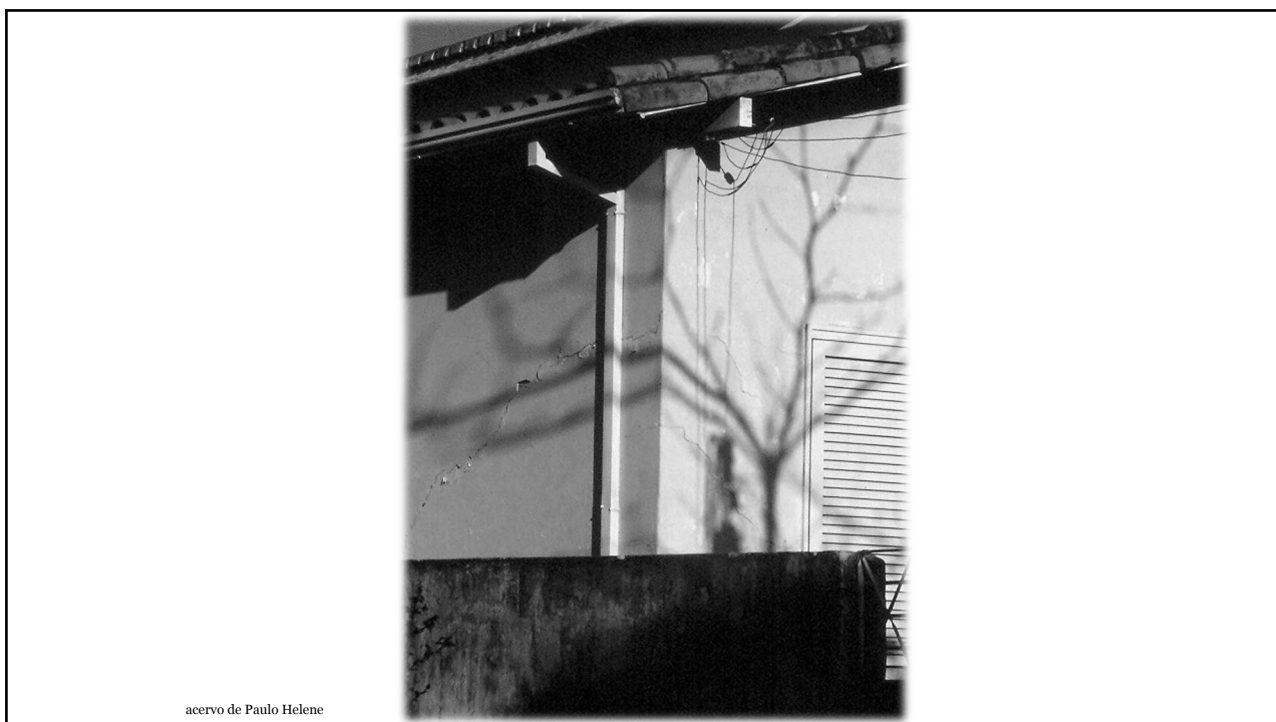
acervo de Paulo Helene

111



acervo de Paulo Helene

112



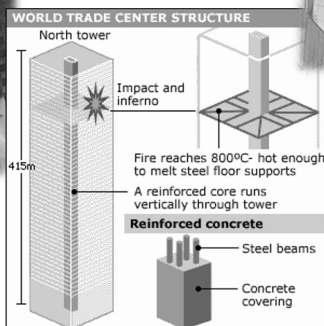
acervo de Paulo Helene

113

# Ações Excepcionais -Incêndios



**Joelma**  
01/02/1974  
Mais de 8h



**Caracas Tower**  
The tallest skyscraper in Caracas experienced a severe fire on October 17, 2004. The blaze began before midnight on the 34th floor and spread to more than 26 floors. The fire burned for more than 17 hours. Lax enforcement of fire codes in Venezuela was blamed for the malfunctioning of water pumps and a lack of fire extinguishers inside of the building. The building was empty when the fire broke out and no civilians were killed or injured.

acervo de Paulo Helene

114

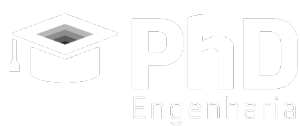


acervo de Paulo Helene

115



# **OBRIGADO!**



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

**[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)**  
**[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)**

**11.2501.4822 / 23**

**11.9.5045.4940**