

GRUPO
idd
CONSTRUINDO CONHECIMENTO

Patologia das Estruturas de Concreto
Mitos & Verdades

Fissuras em Estruturas de Concreto, Alvenarias e Revestimentos

Paulo Helene
Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente Honorífico ALCONPAT Internacional
fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro CNTU e SEESP

idd 25 de maio de 2017 São Paulo/SP

1

Tipos de trincas / fissuras

Estrutural Retração de secagem
Retração plástica Acabamento

PhD Educacional

idd

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. Existe até uma brincadeira bem conhecida de que fissura ocorre na minha obra e trincas e rachaduras na obra dos meus concorrentes. 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.

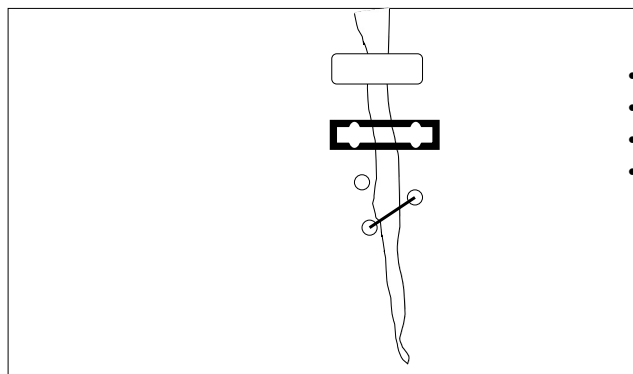
Elas devem sempre ser tratadas como patologias?

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.

Fissuras vivas ou ativas

- Ativas estacionárias
- Ativas progressivas

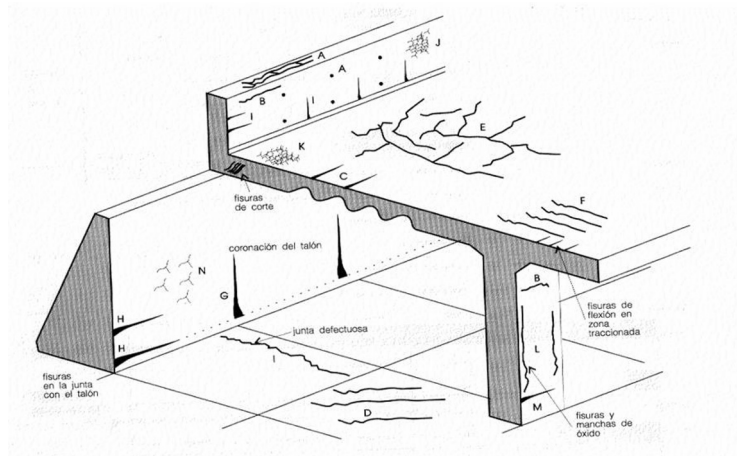
Fissuras mortas ou inativas



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

Estrutura

fissuras: térmicas, retração, ações, construtivas



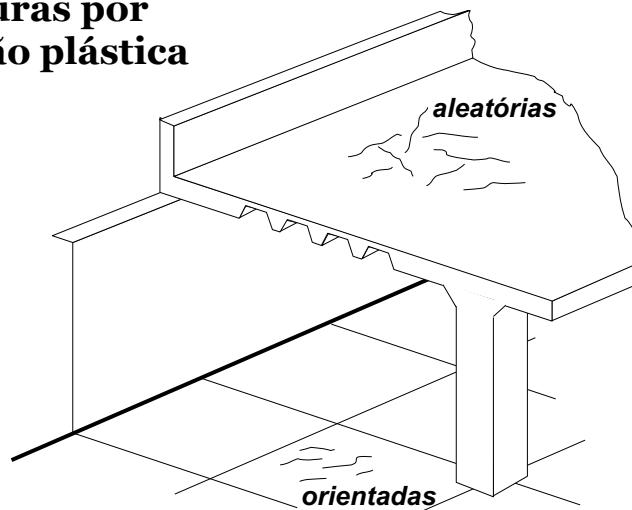
5

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

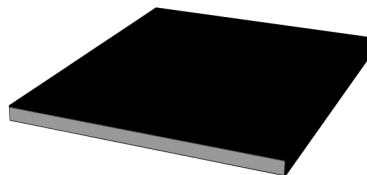


Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

7

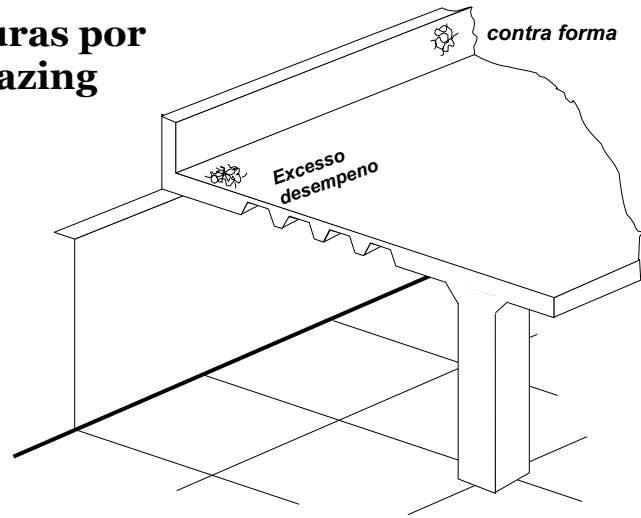
Retração plástica

- Ocorre entre a primeira e a sexta hora após o lançamento do concreto, pela evaporação da água exsudada
- São fissuras mapeadas
- 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



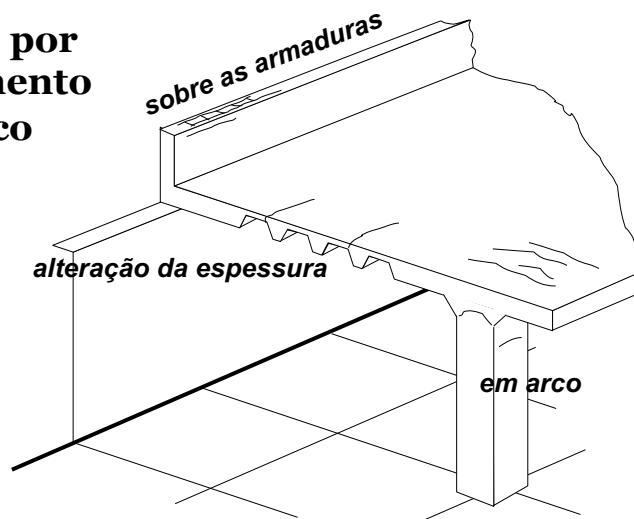
8

Fissuras por crazing



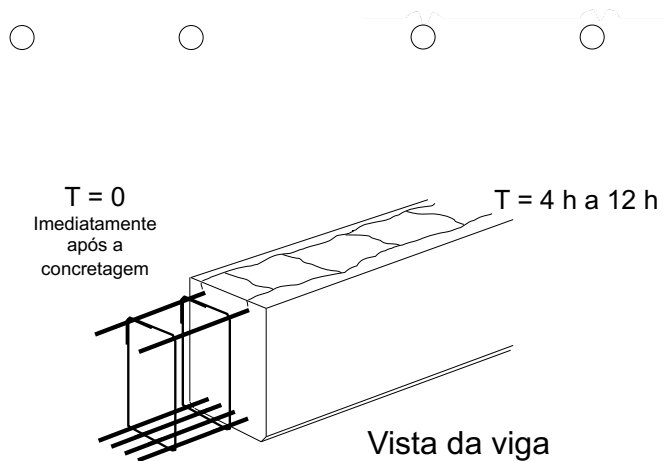
Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

Fissuras por assentamento plástico

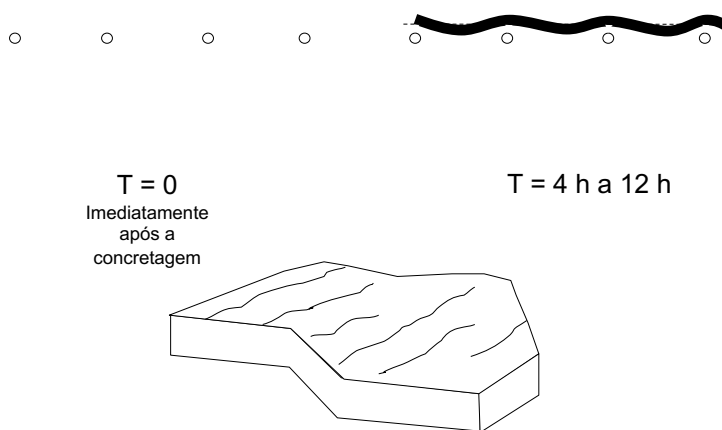


Fuente: Concrete Society - "Non-structural Cracks in Concrete", Third edition (1992)

Fissuras por assentamento plástico

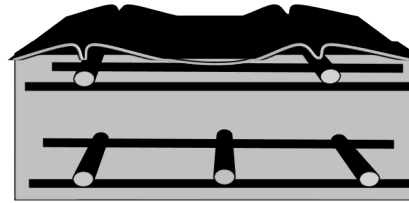


Fissuras por assentamento plástico

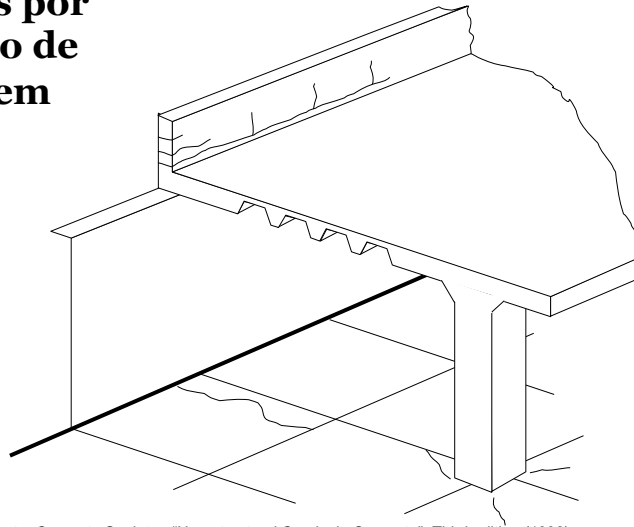


Assentamento plástico

- 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



Fissuras por retração de secagem



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

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

Retração por secagem

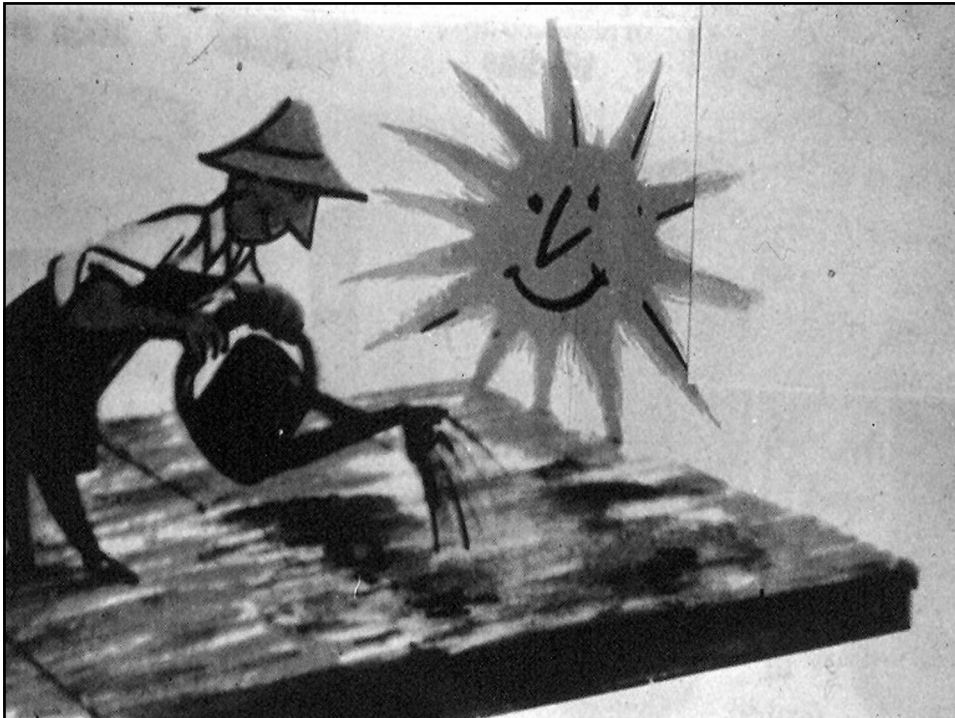
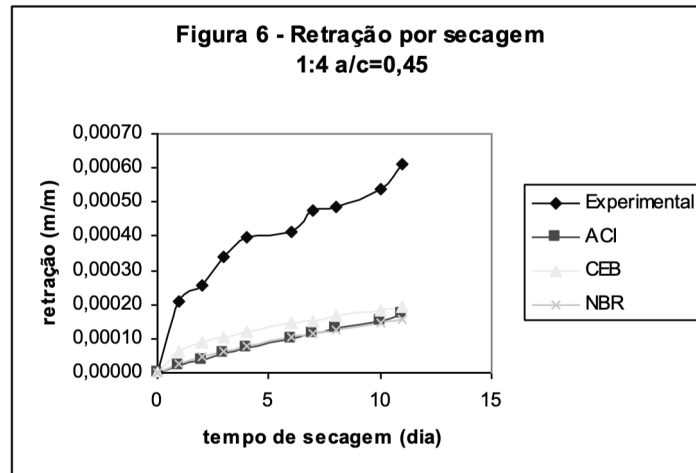
- Relação água/cimento
- Consumo de água por metro cúbico
- Adições e aditivos
- Tempo e umidade
- Geometria do elemento de concreto

17



18

Retração por secagem

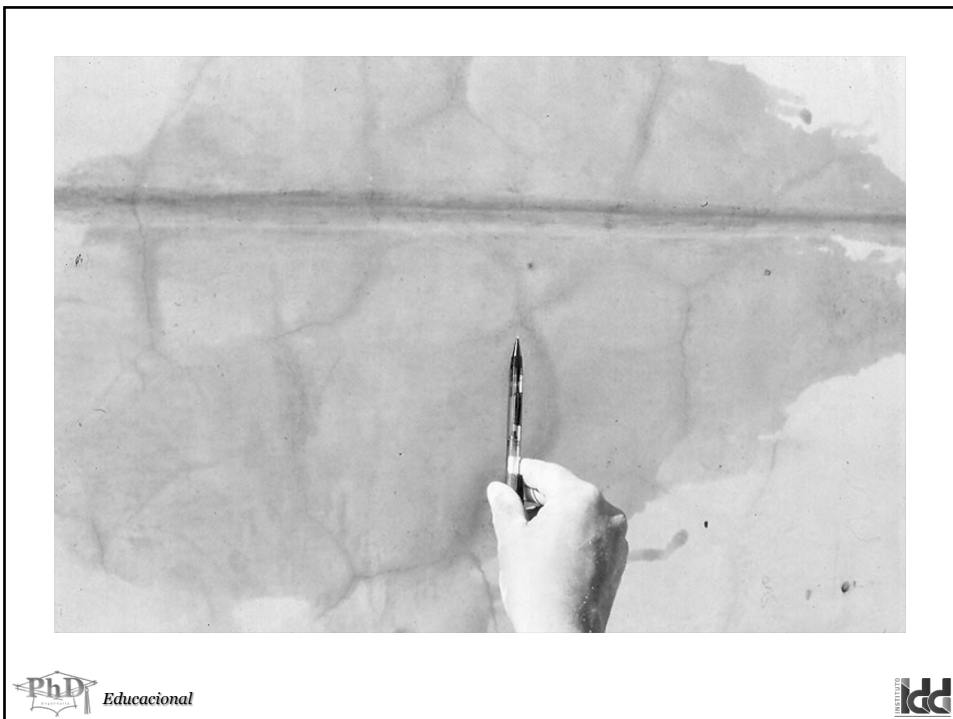




 **PhD** Educacional

 **kdc**

21



 **PhD** Educacional

 **kdc**

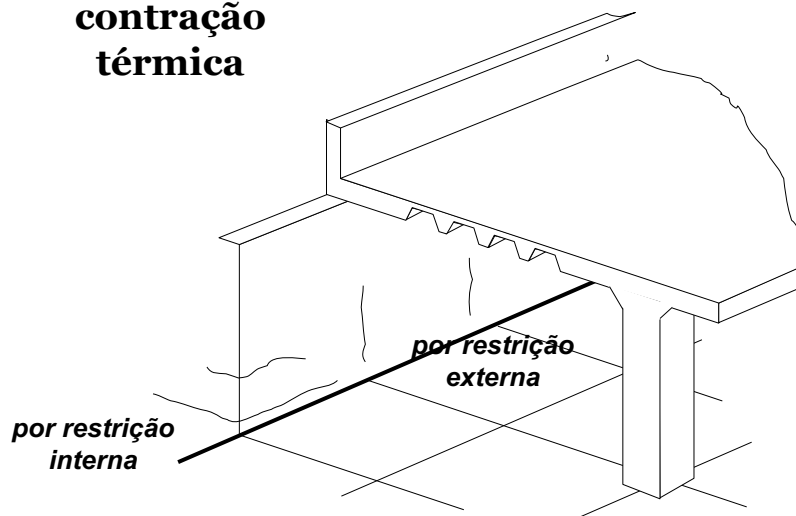
22

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

23

Fissuras por contração térmica



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

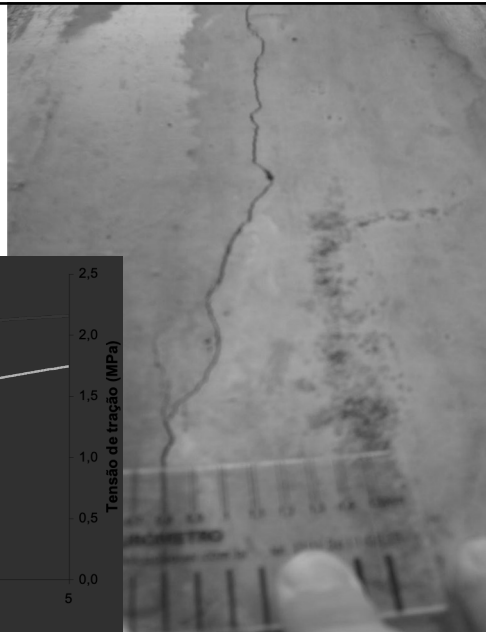
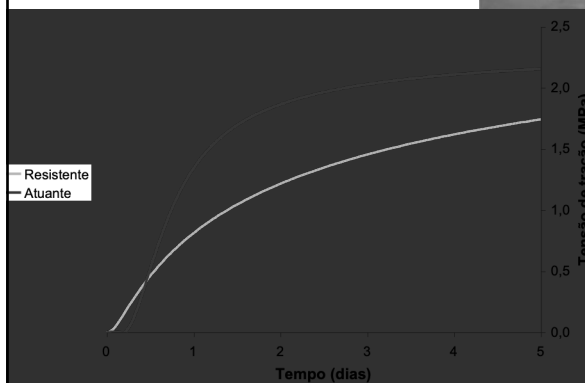
24

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

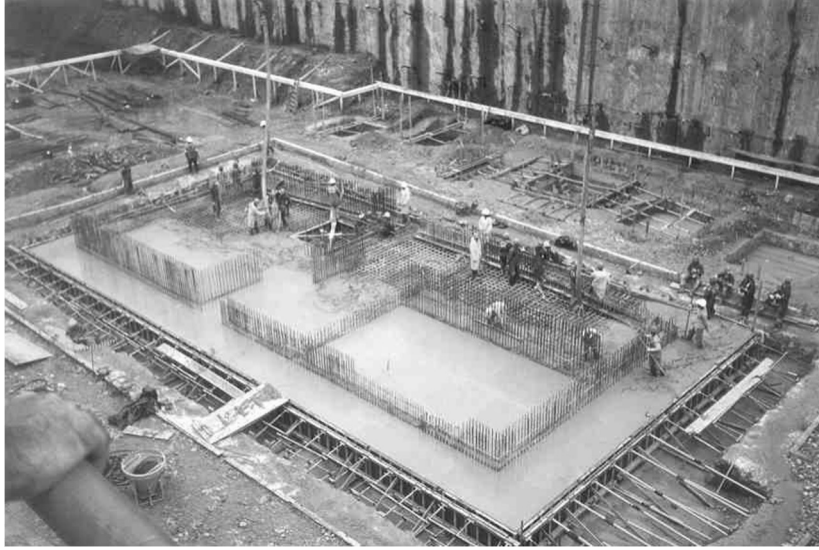
25

Movimentação térmica (calor de hidratação)



26

Movimentação térmica (calor de hidratação)



 Educacional

 ICC

27



28



29

Movimentação térmica (condições ambientais)



 **PhD** Educacional

 icd

30

Movimentação térmica (condições ambientais)

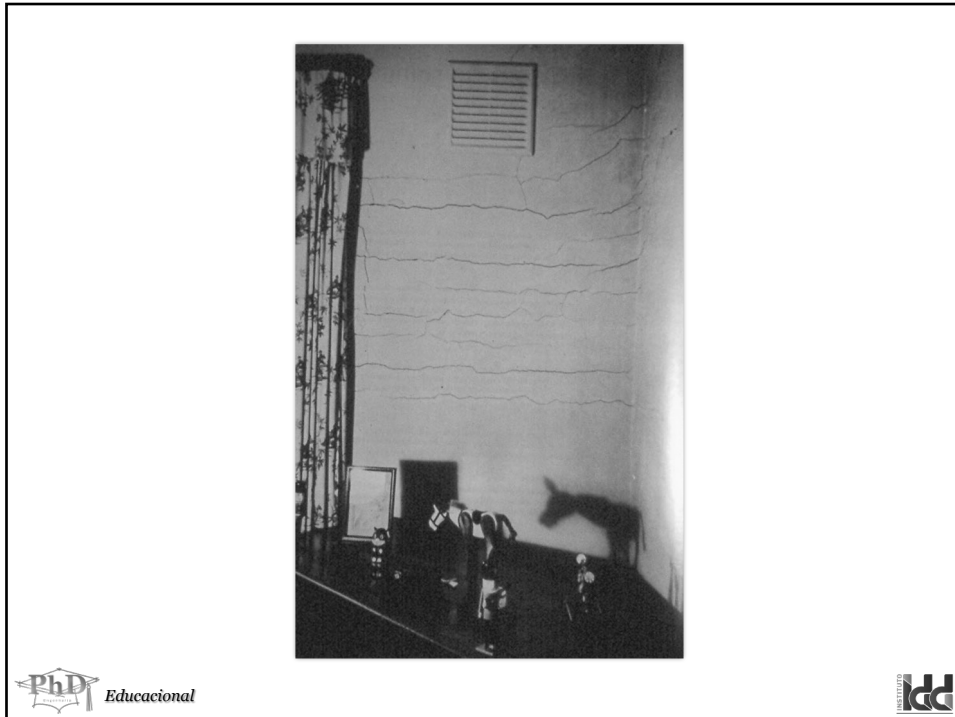


31

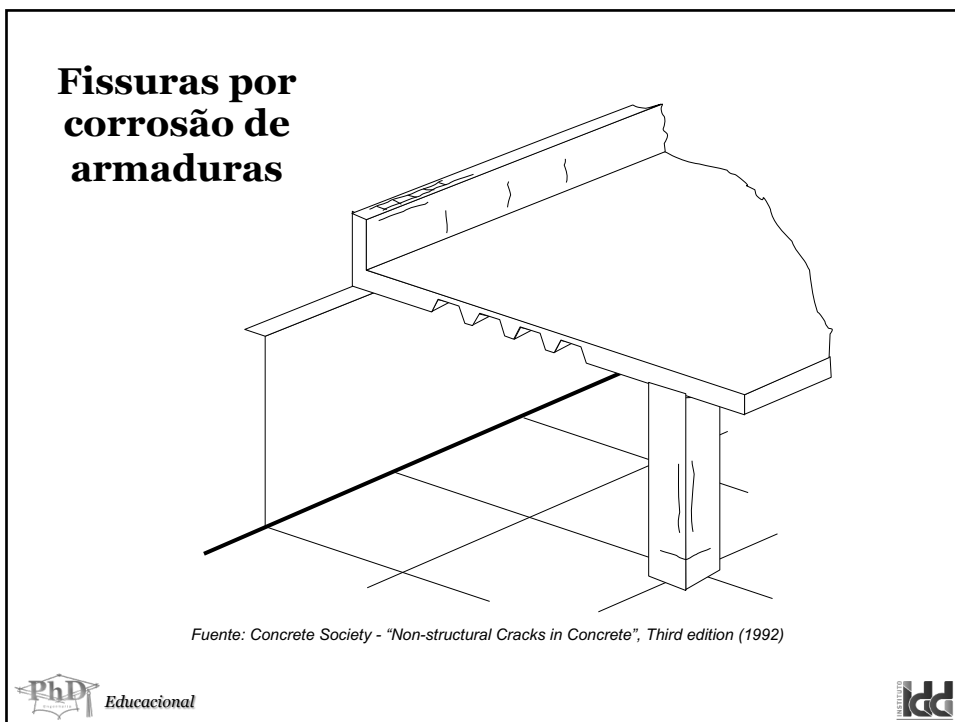
Fissuração

- 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

32



33



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

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

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 10mm 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 25mm	l/600	após a instalação
Forros	l/350	l/600	após a construção do forro

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

Deformações excessivas



Sobrecarga



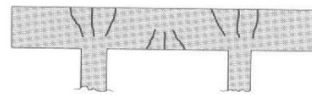
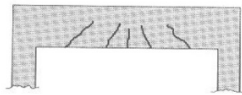
Fissuração

- 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

Fissuras: manifestações típicas

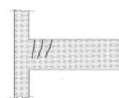
Fissuras de flexão

Manifestação Típica



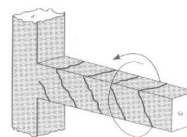
Fissuras de flexão na parte superior (marquises, balcões)

Manifestação Típica



Fissuras de torção

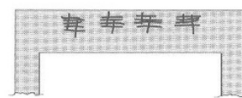
Manifestação Típica



Fissuras: manifestações típicas

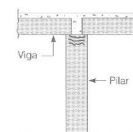
Esmagamento do concreto

Manifestação Típica



Fissuras de assentamento plástico

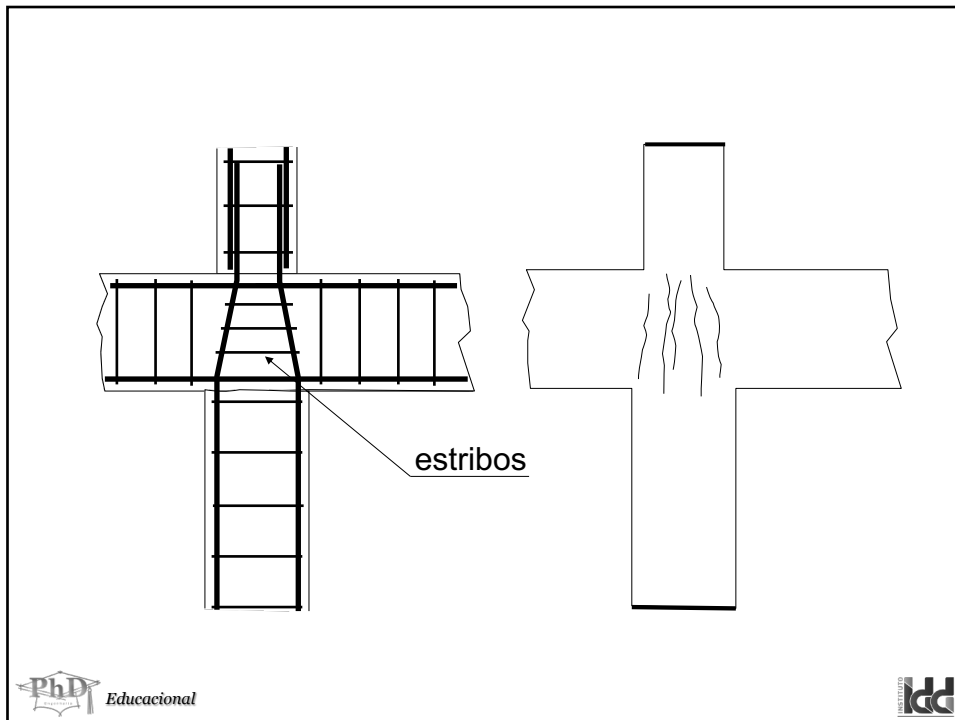
Manifestação Típica



Fissuras de cisalhamento

Manifestação Típica





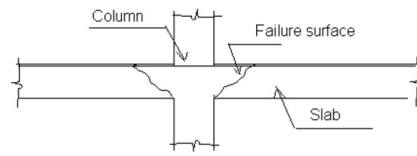
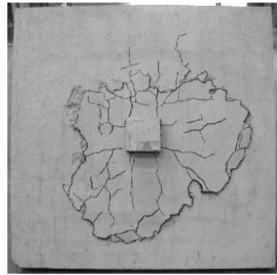
43

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

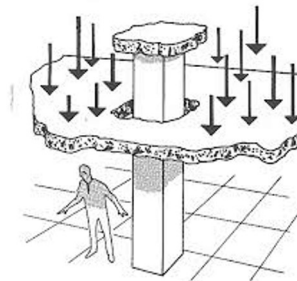
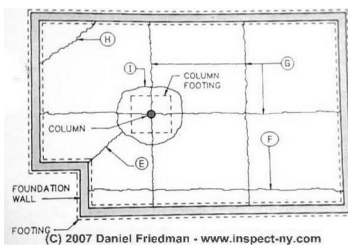
44

Fissuras devido a sobrecarga de esforços de puncionamento



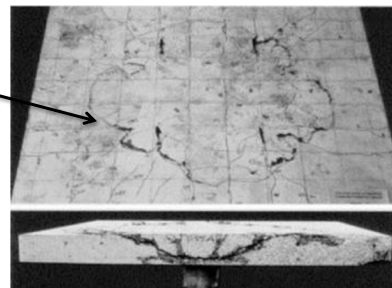
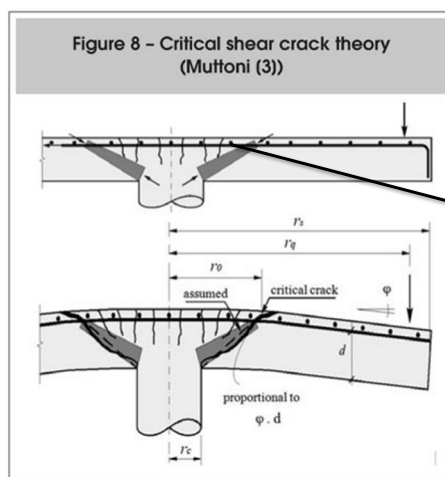
Atenção!!!
Risco iminente

puncionamento
e flexão de laje



45

Aparência das fissuras devido a esforços de puncionamento



46

Classificação da gravidade de fissuras

Table 1: Examples of classification of defects (after RILEM TC 104 ⁽⁹⁾).

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

47

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

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

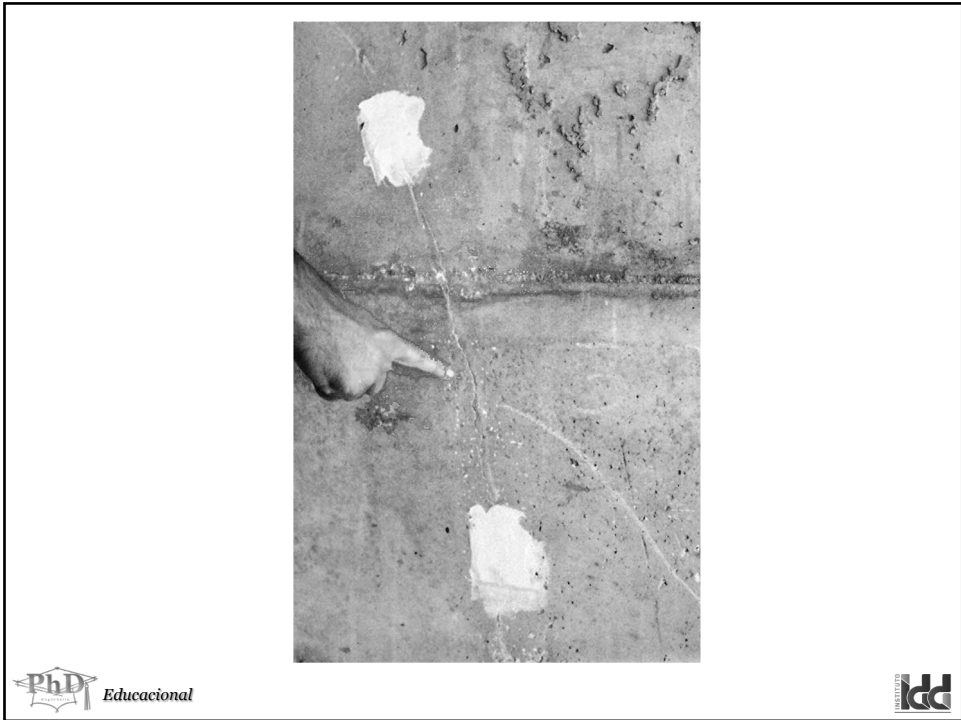
PhD Educacional

ICC

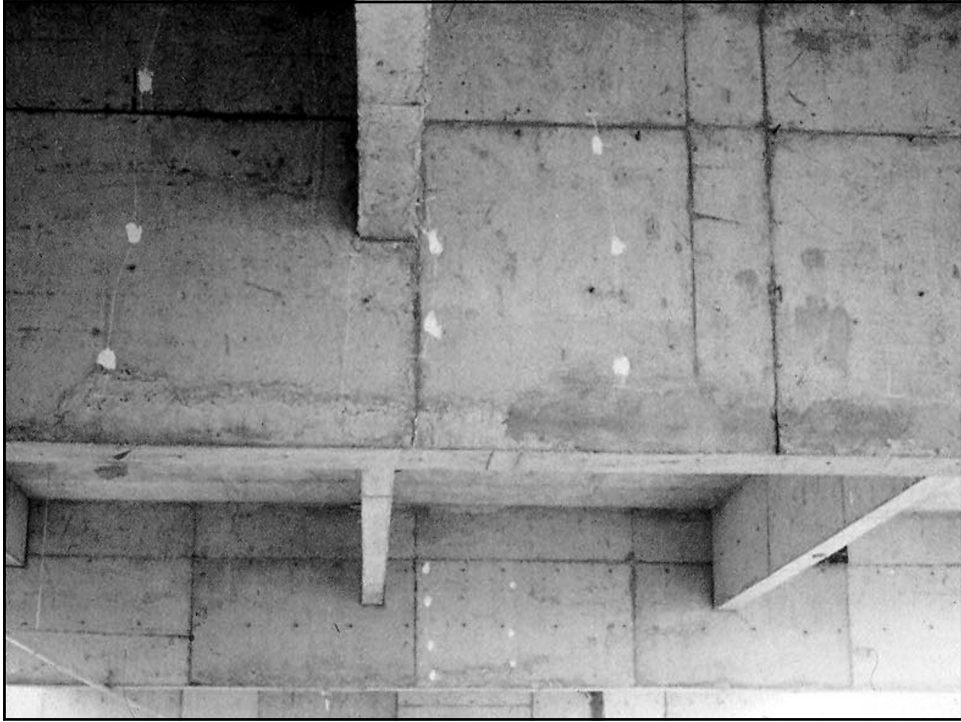
48



51



52



53



54



55



56



57



58



59



60



61



62



63



64



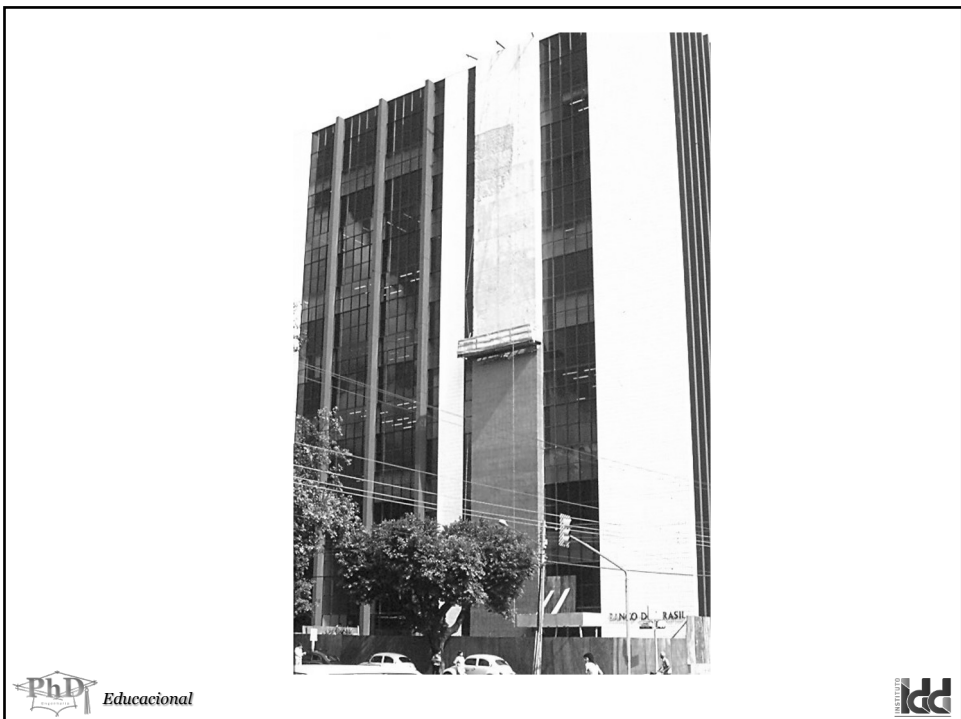
65



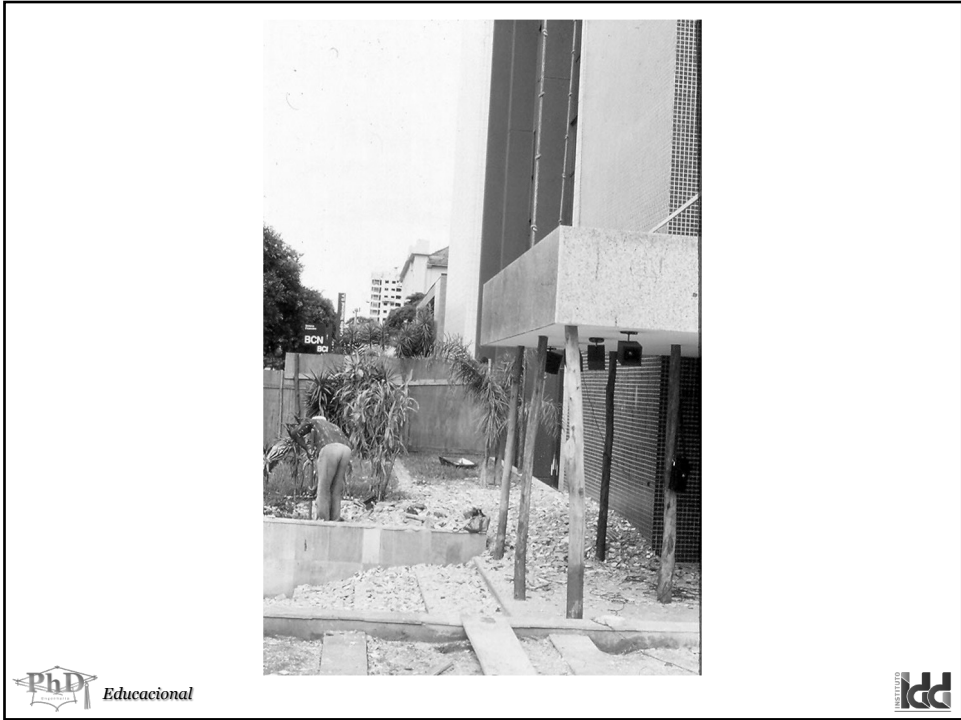
66



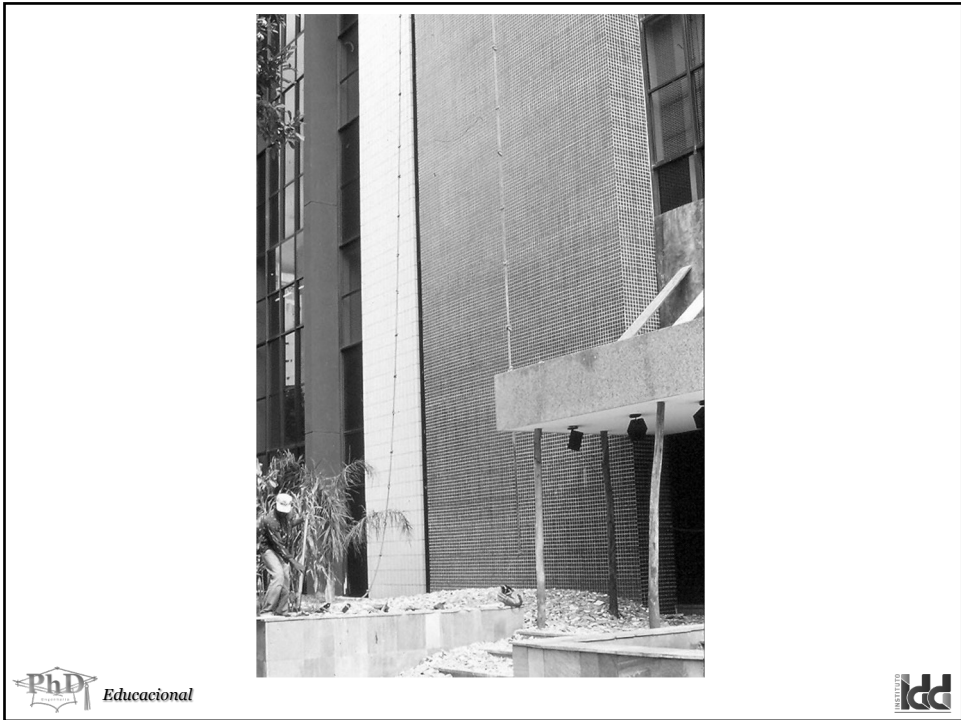
67



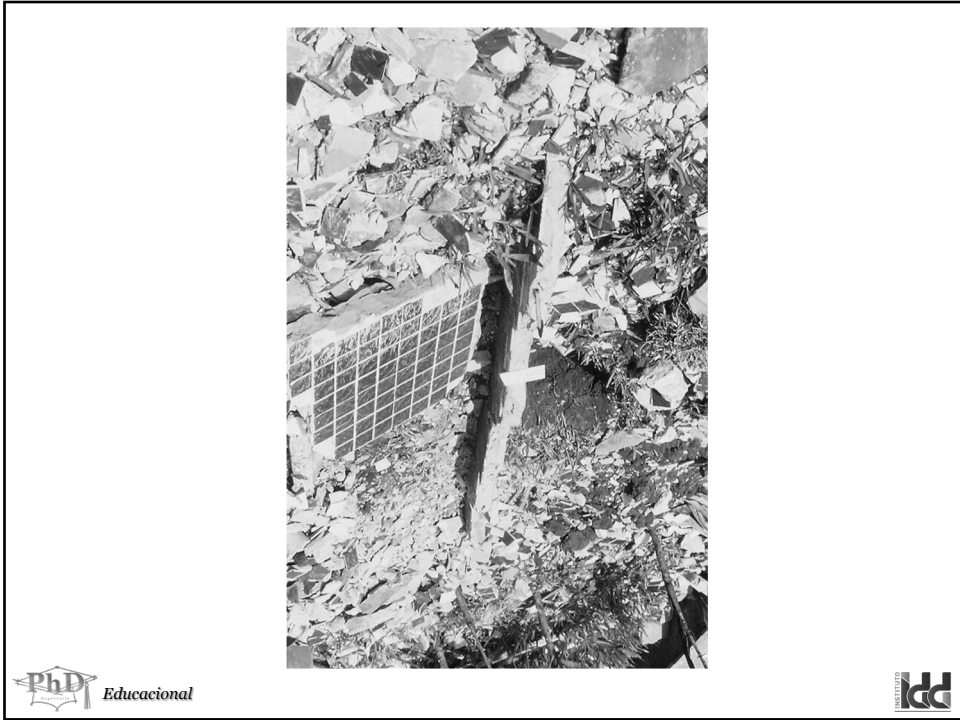
68



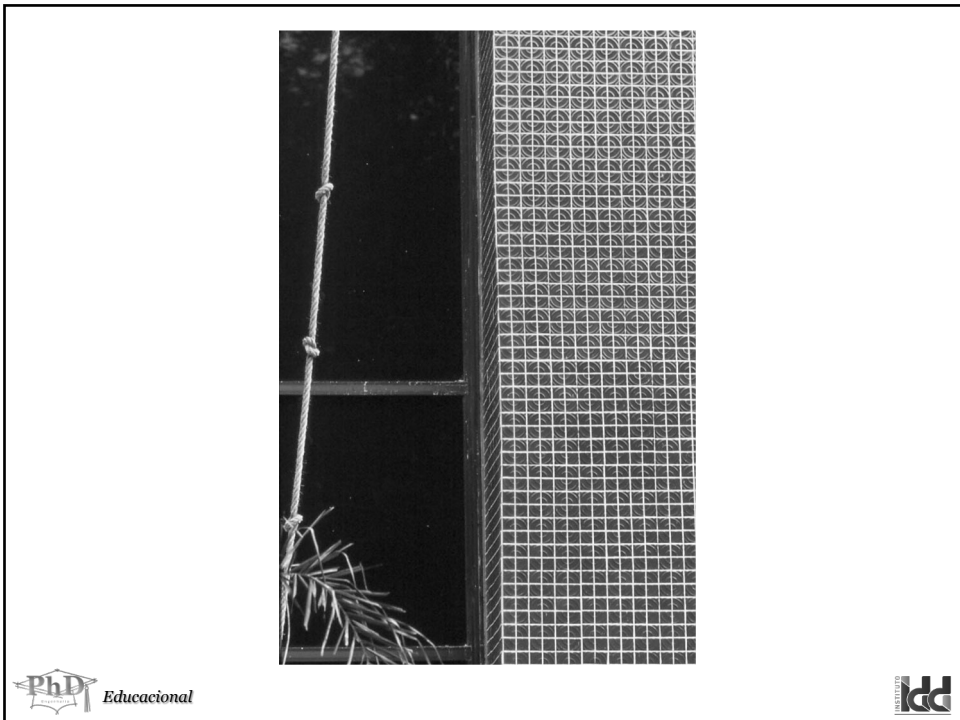
69



70



71



72



73



74



75



76



77



78



79



80



81

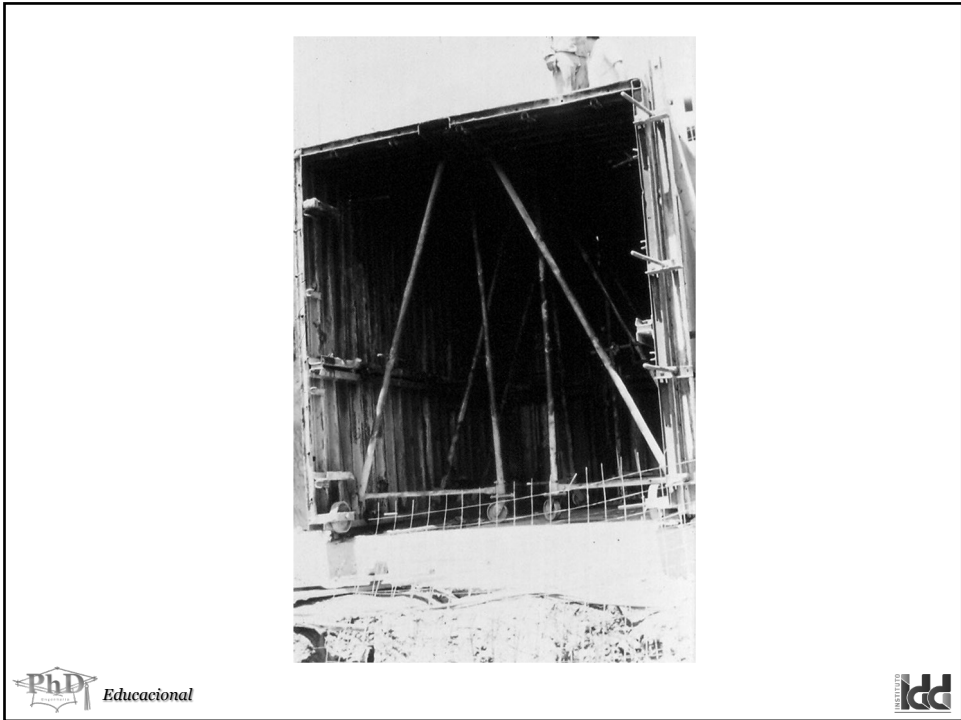
Fissuras em fachadas de edifícios residenciais de concreto armado construídos com sistema de fôrma tipo “túnel”, com concreto de $f_{ck} = 20\text{MPa}$



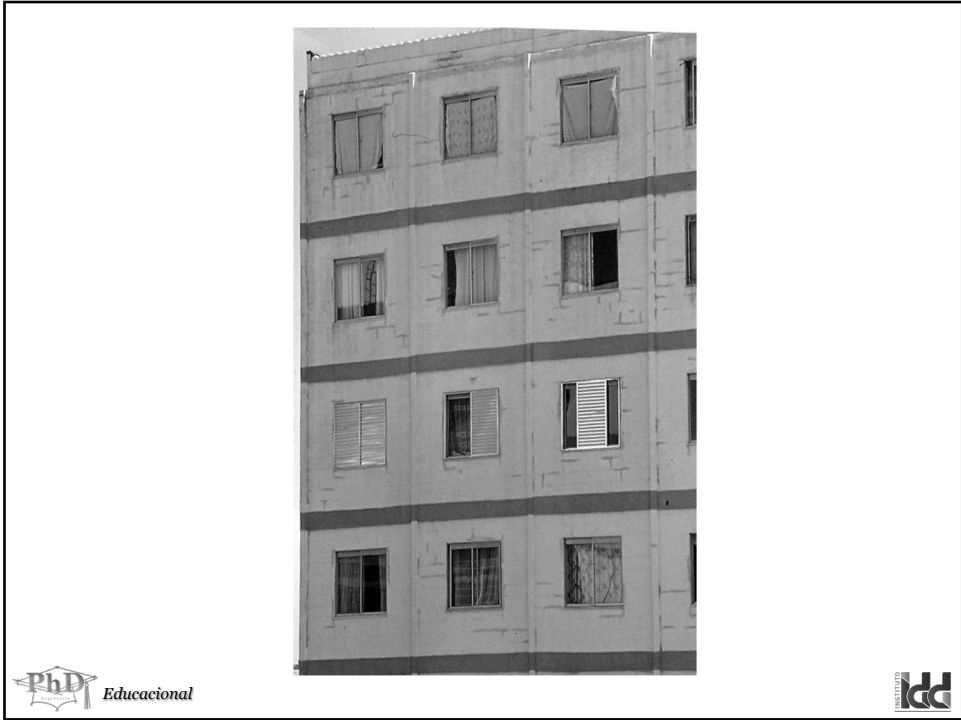
82



83



84



85



86



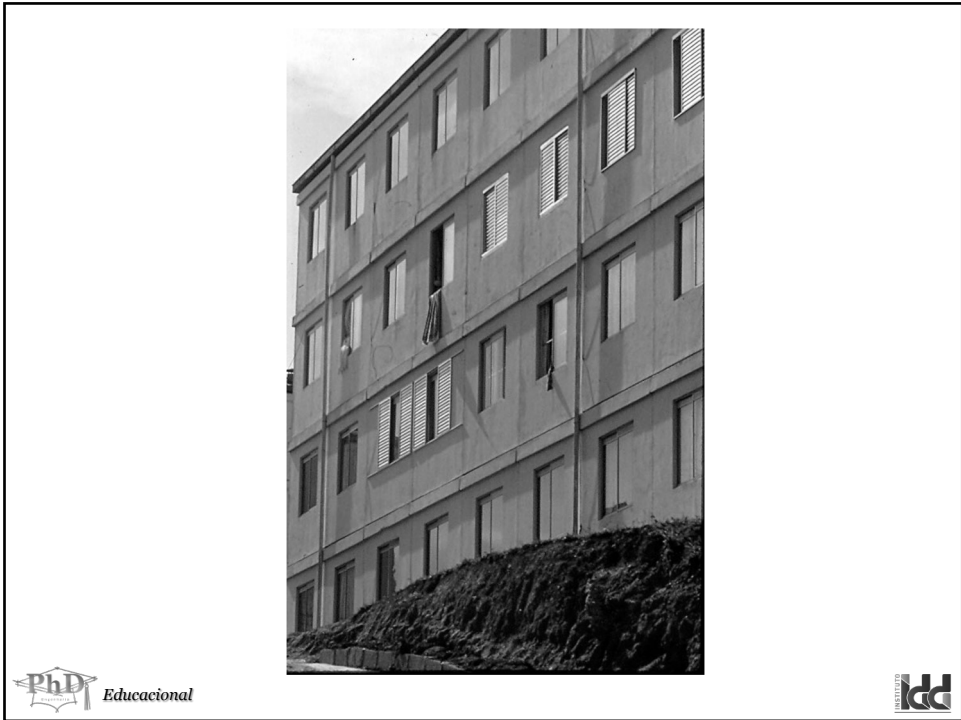
87



88



89



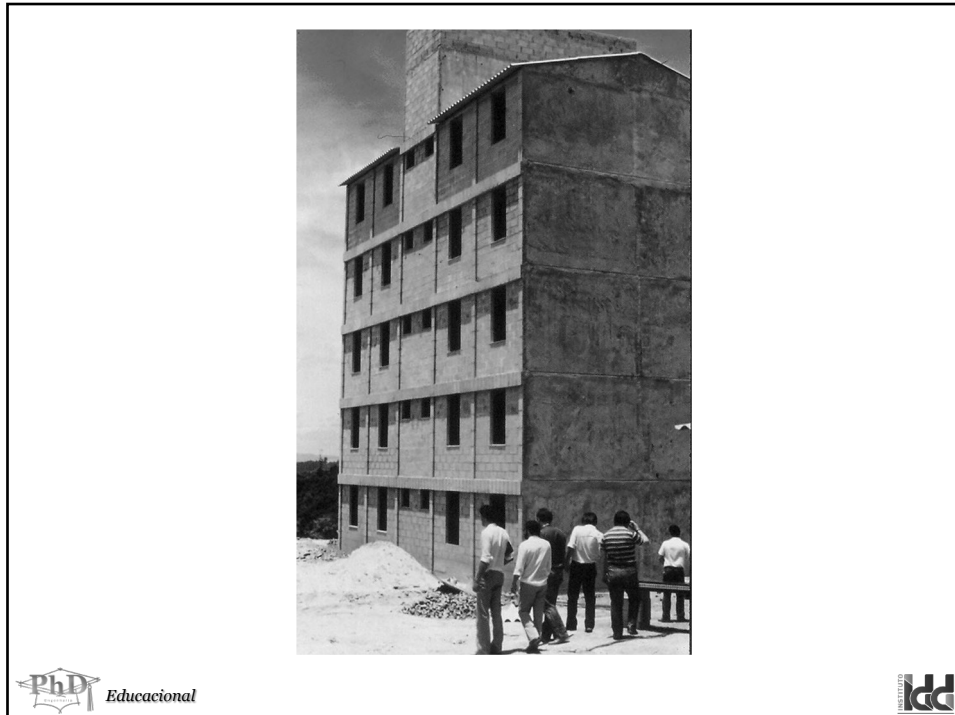
90



91

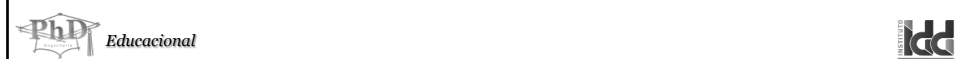


92



93

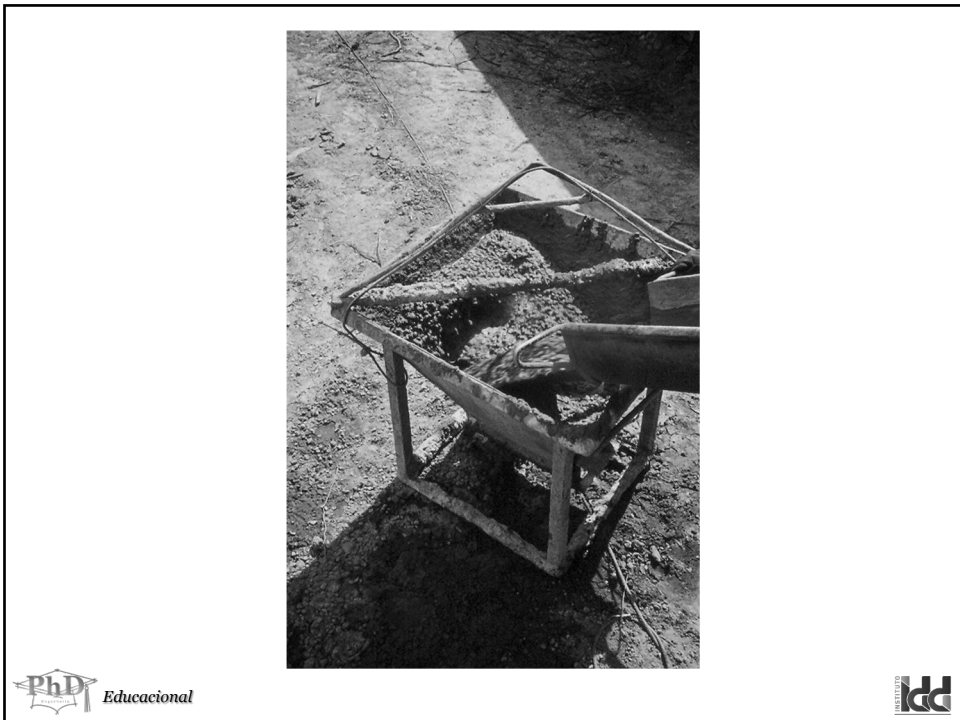
Fissuras em paredes de casas térreas construídas integralmente em concreto auto-adensável, composto de vários materiais (cimento, escória de AF, areia fina, areia média grossa, aditivos e pedrisco), com consumo de cimento de 200kg/m^3 , relação água/cimento $a/c = 1,1$ e $f_{ck} = 8\text{MPa}$ a 28 dias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



94



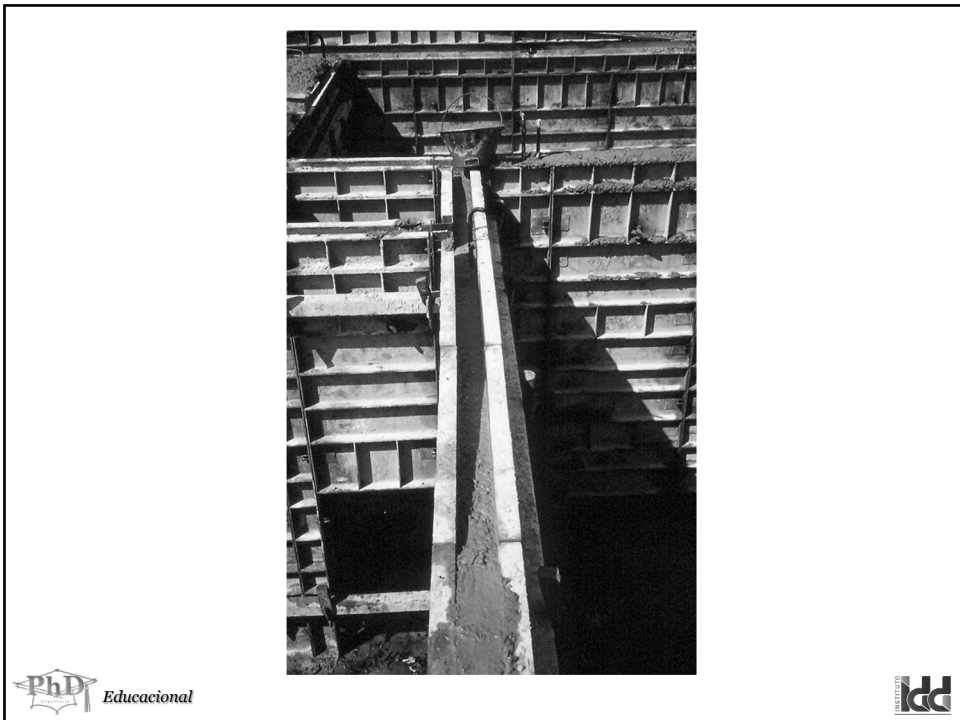
95



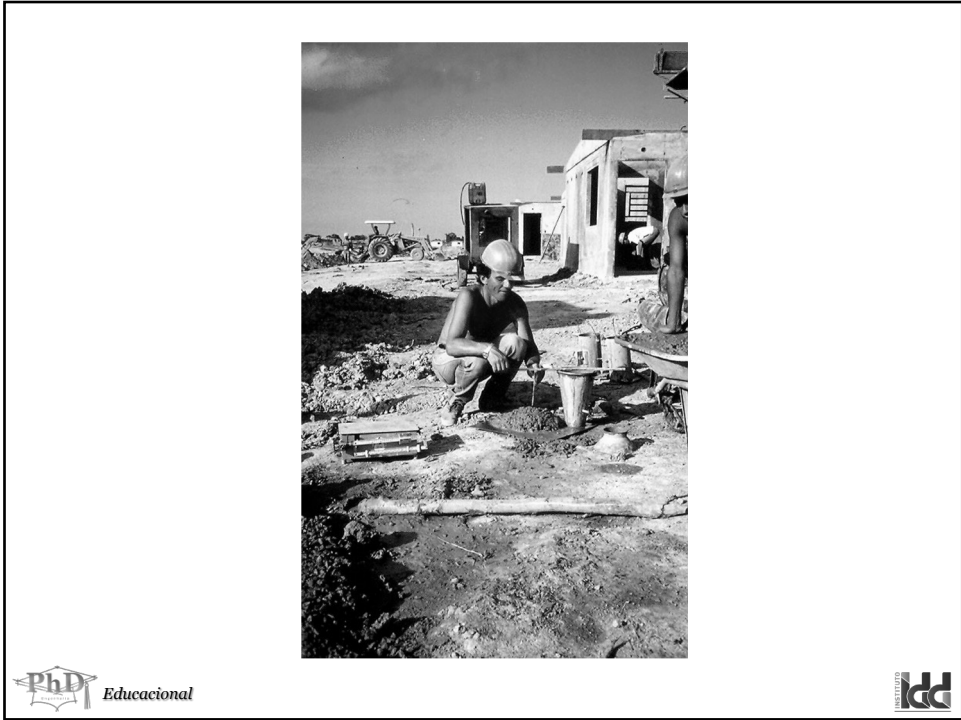
96



97



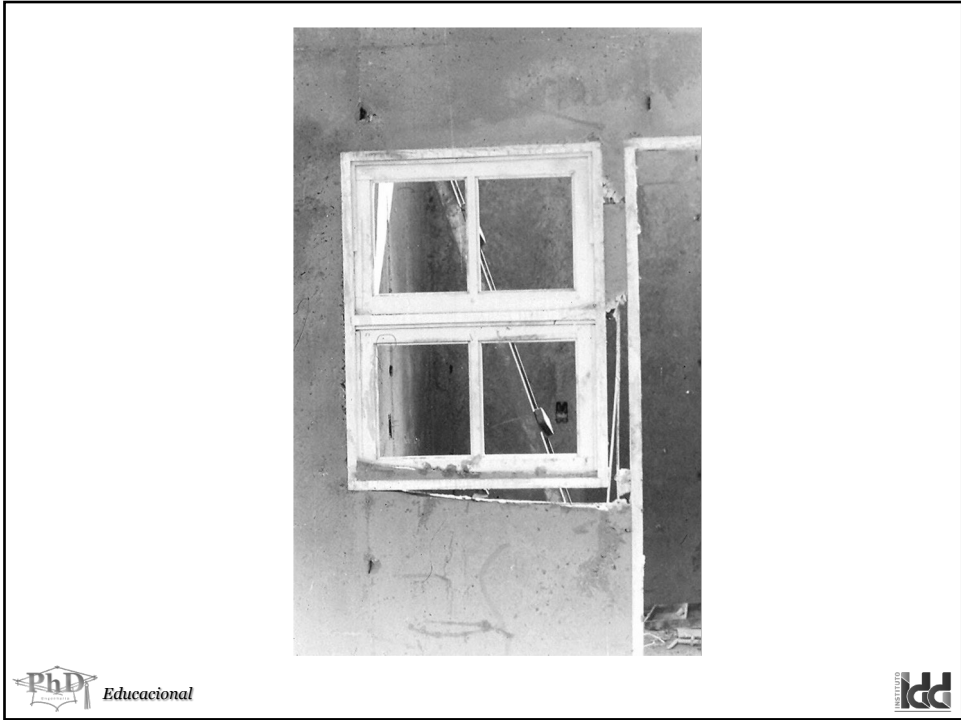
98



99



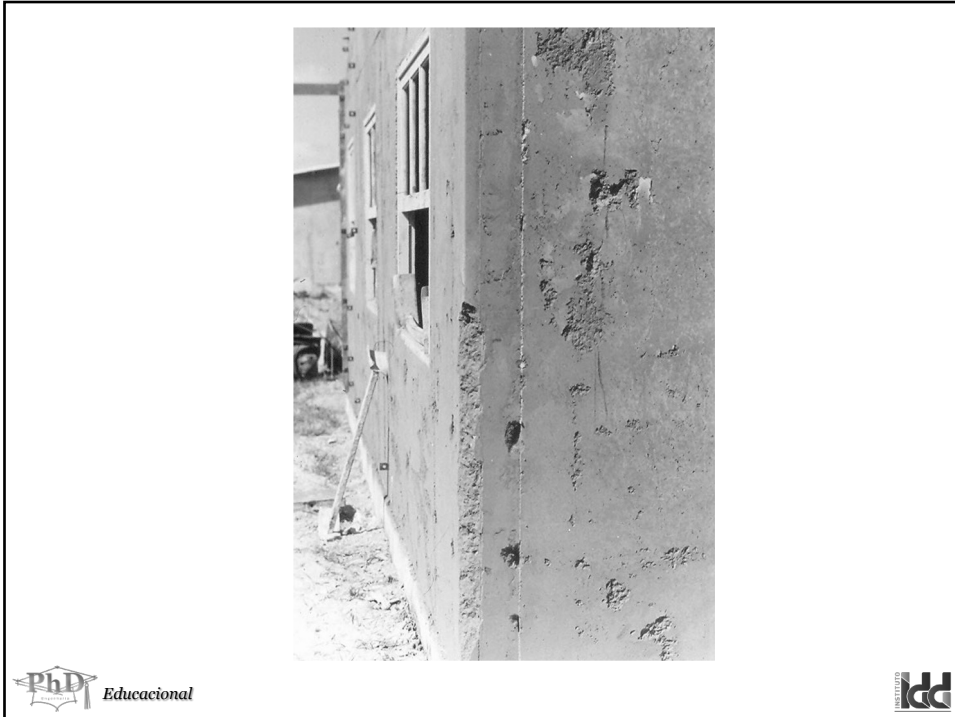
100



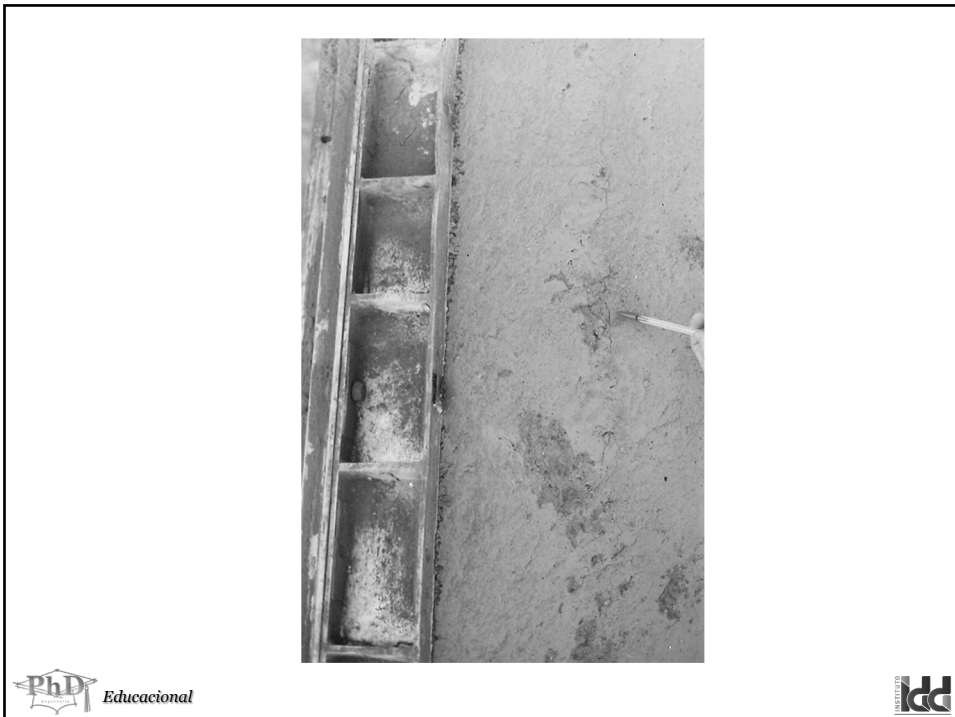
101



102



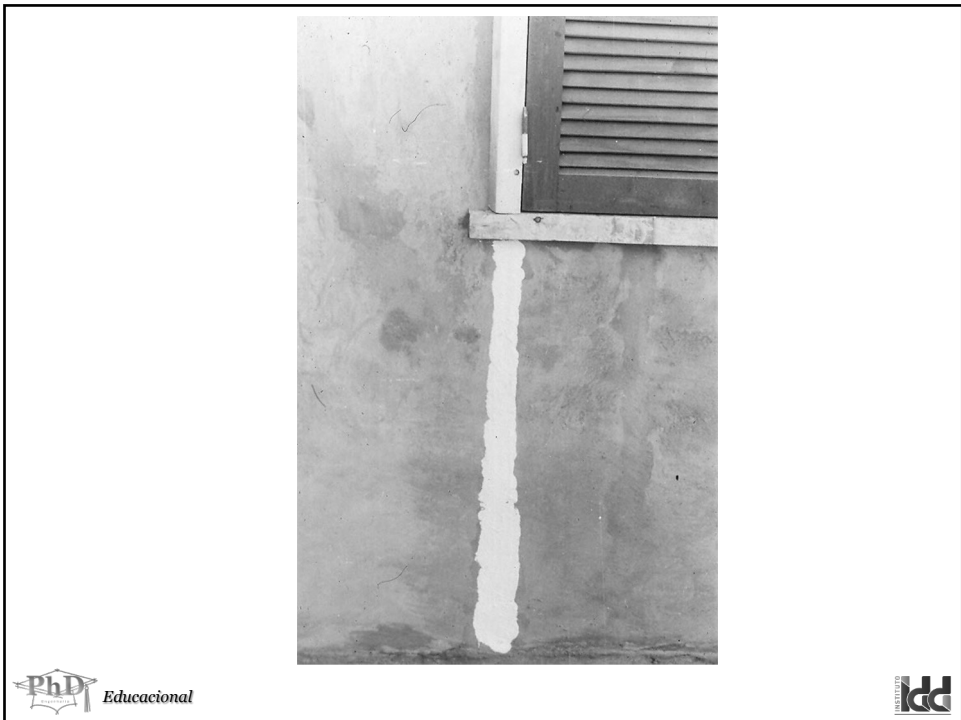
103



104



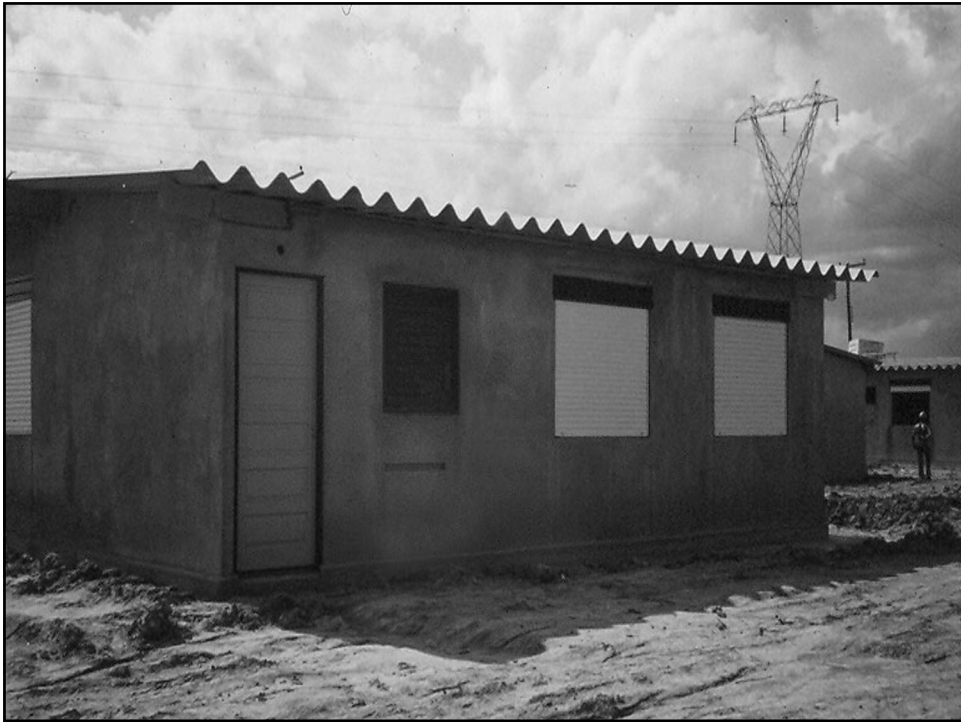
105



106



107



108



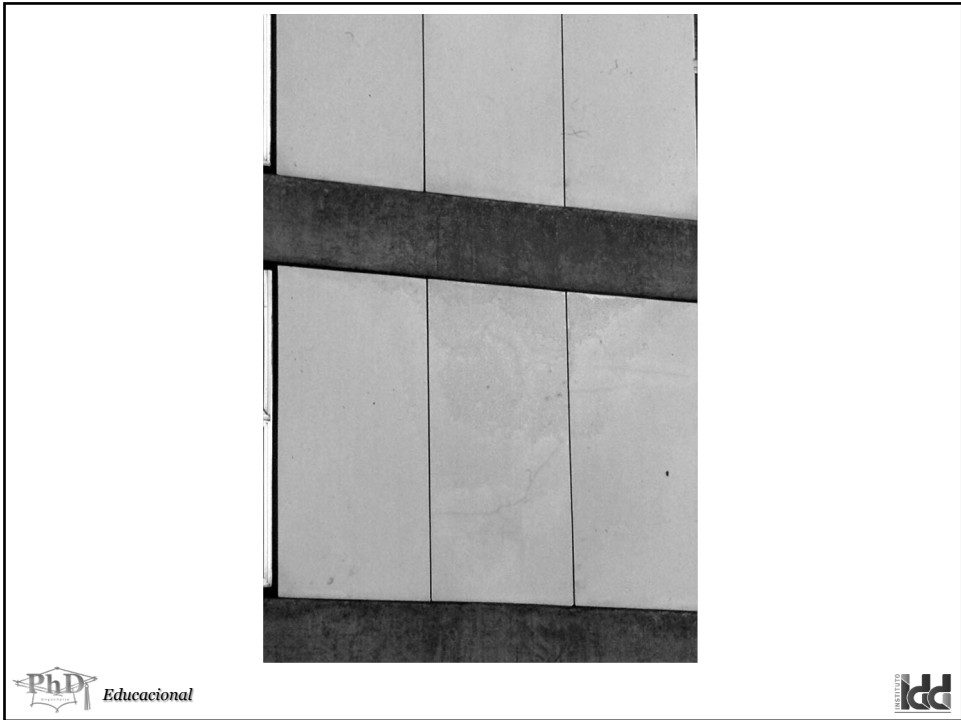
109



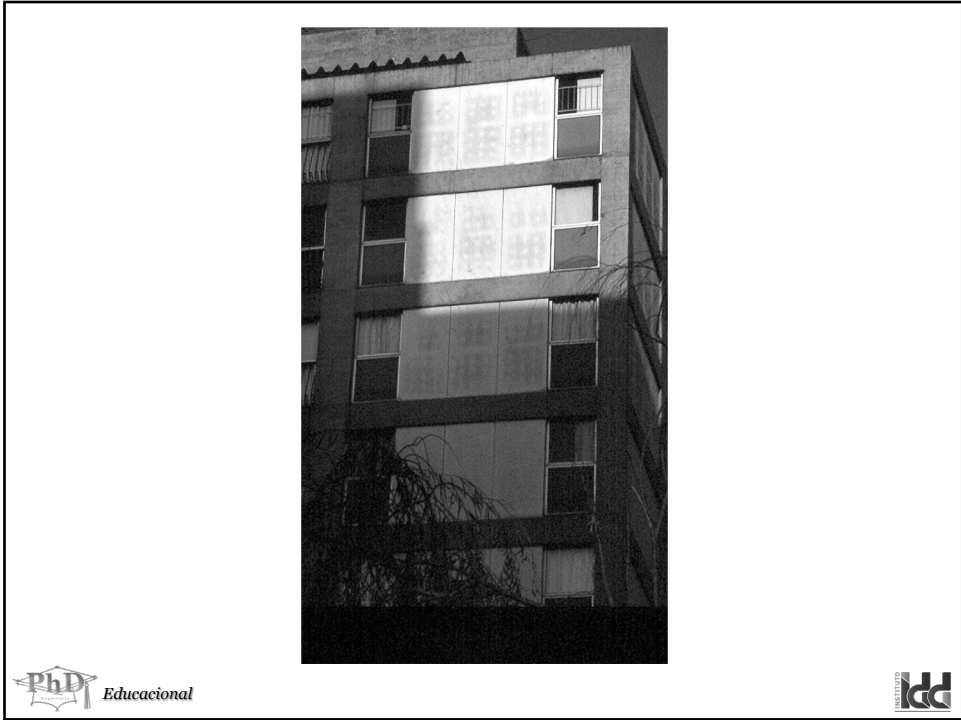
110



111



112



113



114



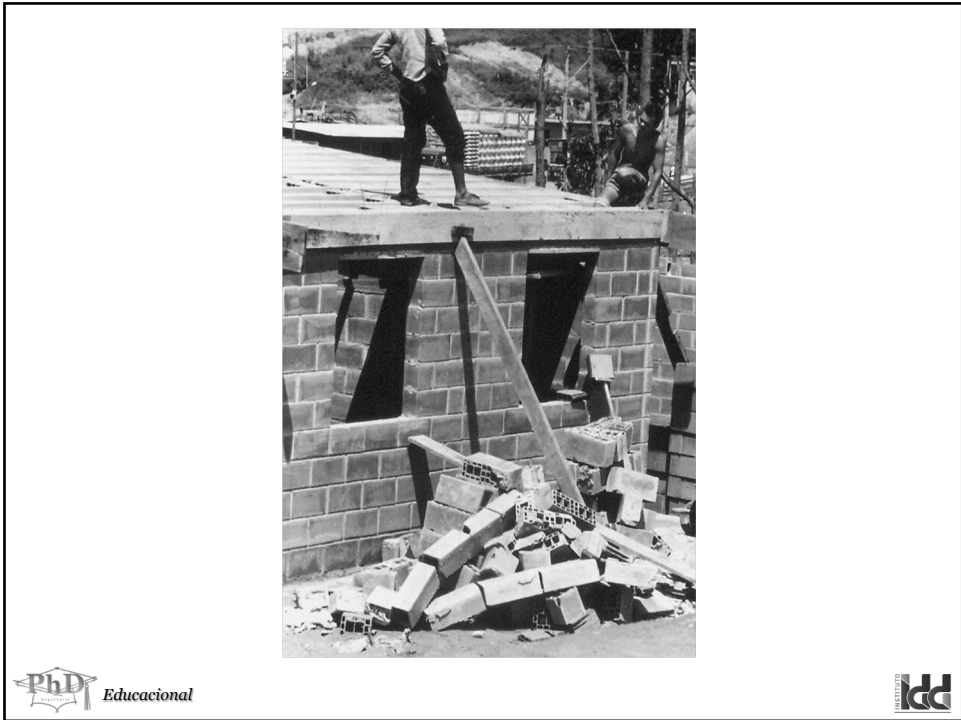
115



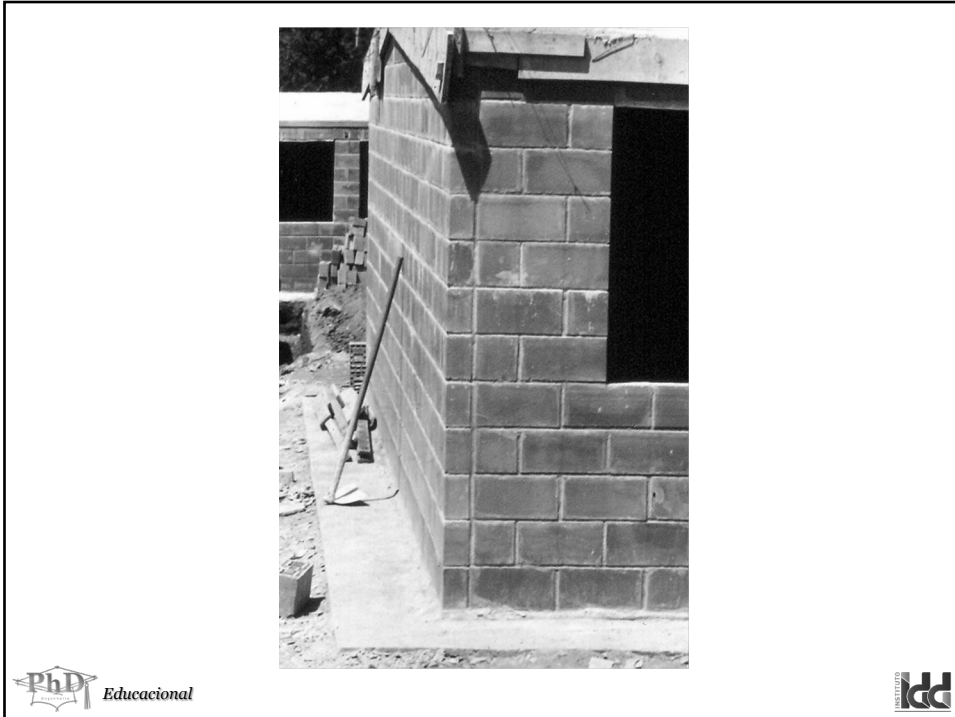
116



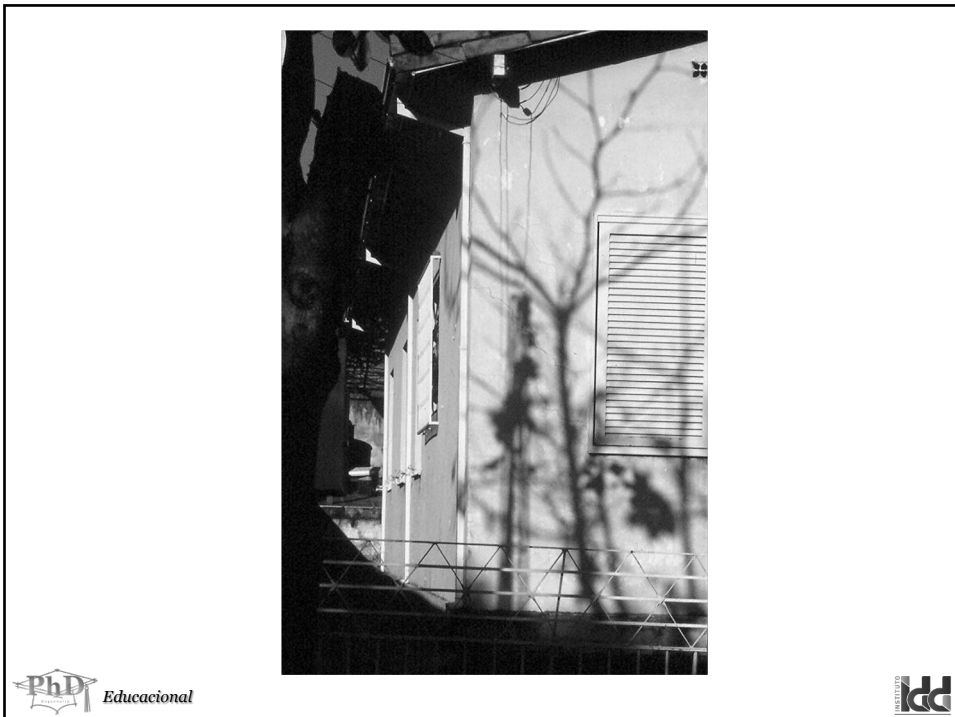
117



118



119



120



Ações Excepcionais - Incêndios

Joelma
01/02/1974
Mais de 8h

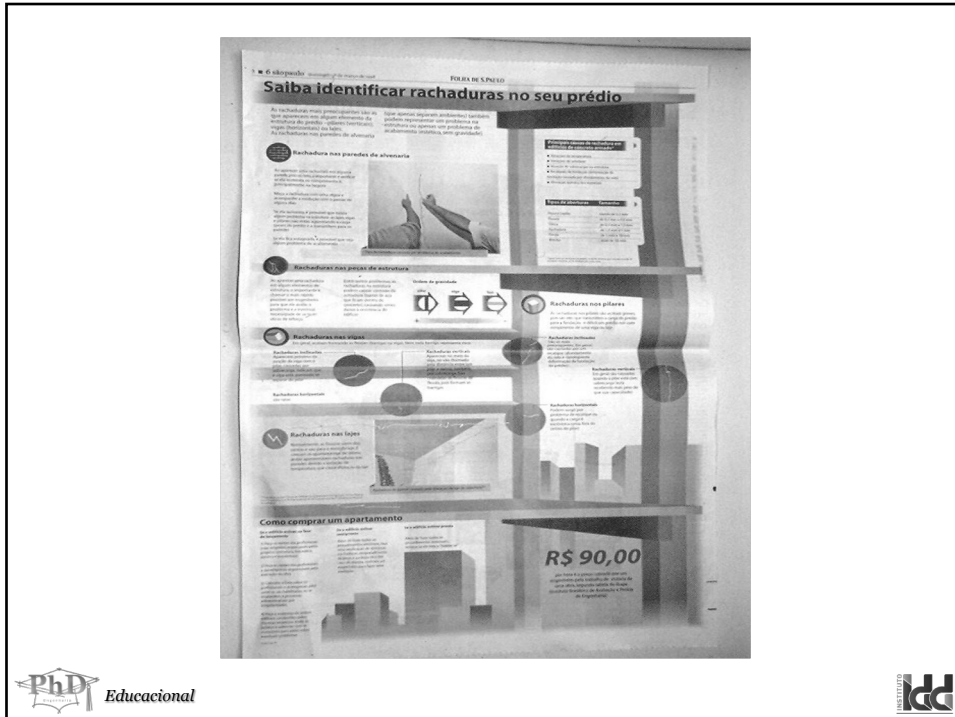
WORLD TRADE CENTER STRUCTURE

North tower
415m
Impact and inferno
Fire reaches 800°C- hot enough to melt steel floor supports
A reinforced core runs vertically through tower
Reinforced concrete
Steel beams
Concrete covering

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.

PhD Educacional

INSTITUTO ICD



123

OBRIGADO!

"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11.2501.4822 / 23
 11.9.5045.4940

124