

**GRUPO IDD**  
CONSTRUINDO CONHECIMENTO

**Patologia das Estruturas de Concreto**  
*Mitos & Verdades*

# Detalhes Arquitetônicos e Durabilidade

**Jéssika Pacheco**  
Engenheira PhD Engenharia  
Diretora de Atividades Estudantis do IBRACON  
Mestranda UNICAMP Estruturas & Geotécnica

IDD 24 de maio de 2017 São Paulo/SP

1

# Lixiviação, manchas e eflorescências

**PhD Educacional**

**IDD**

2

# ABNT NBR 6118:2014

## "mecanismos de deterioração e envelhecimento"

### 6.3.2 Concreto

- 
- ✓ lixiviação;
  - ✓ expansão → sulfatos
  - ✓ expansão → AAR
  - ✓ Intemperismo

### 6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

### 6.3.4 Estrutura

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, fator humano

## 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

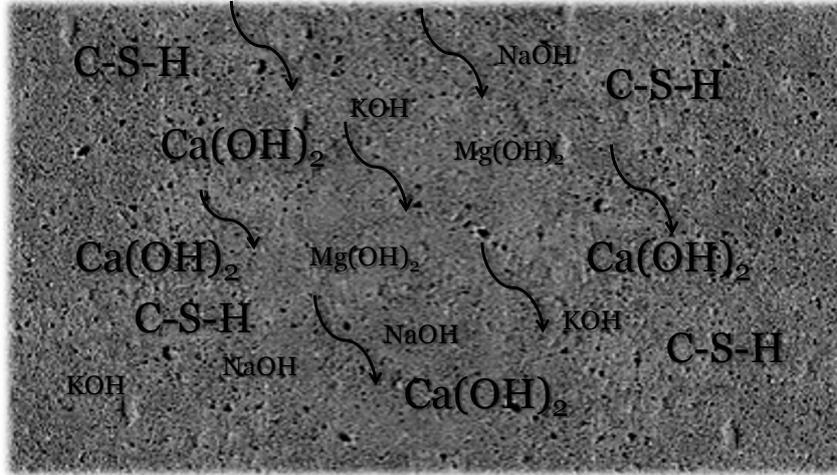
### **Mecanismo:**

- carreamento de cristais solúveis pela água,  $\text{Ca(OH)}_2$

### **Manifestação, Sintoma, Vício:**

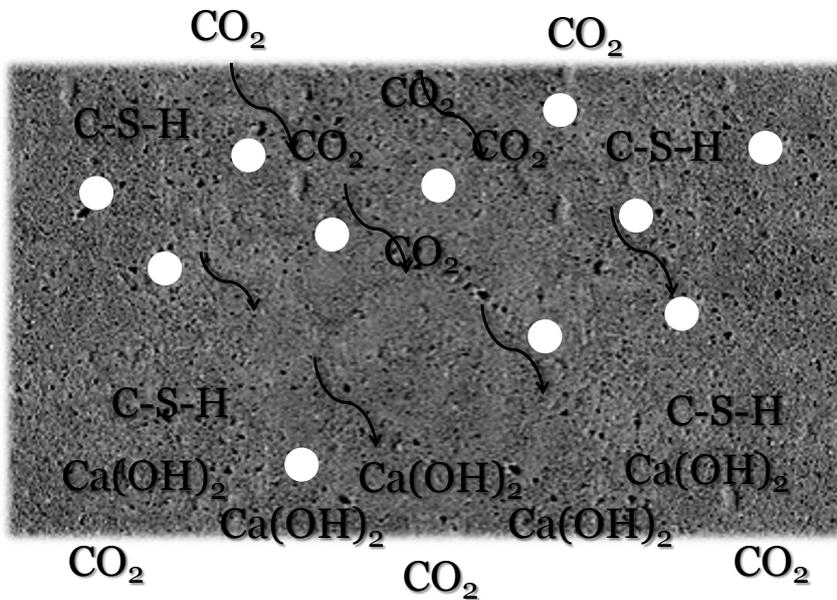
- Manchas esbranquiçadas na superfície →  $\text{CaCO}_3$
- Eflorescência, pode até formar estalactites
- Aumento da porosidade interna do concreto
- Redução do pH com risco de corrosão

### 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



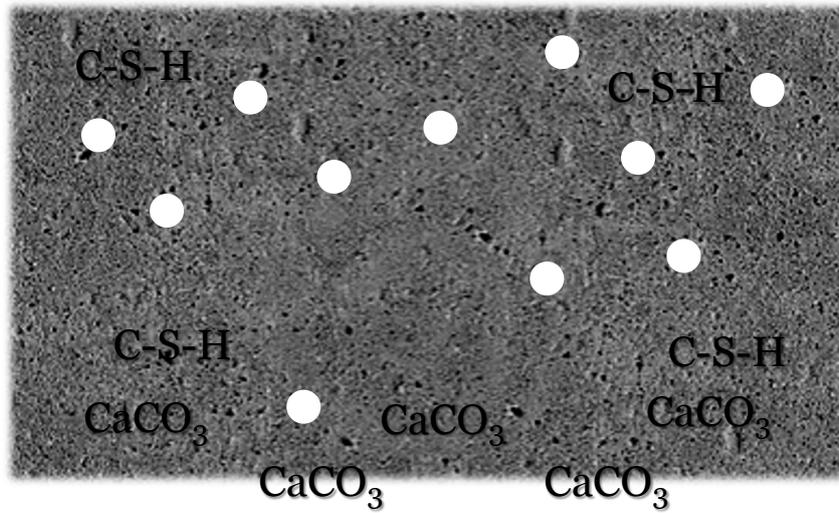
5

### 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



6

### 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



PhD Educacional

INSTITUTO ICD

7

### 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



Cobertura do Prédio da FAU-USP

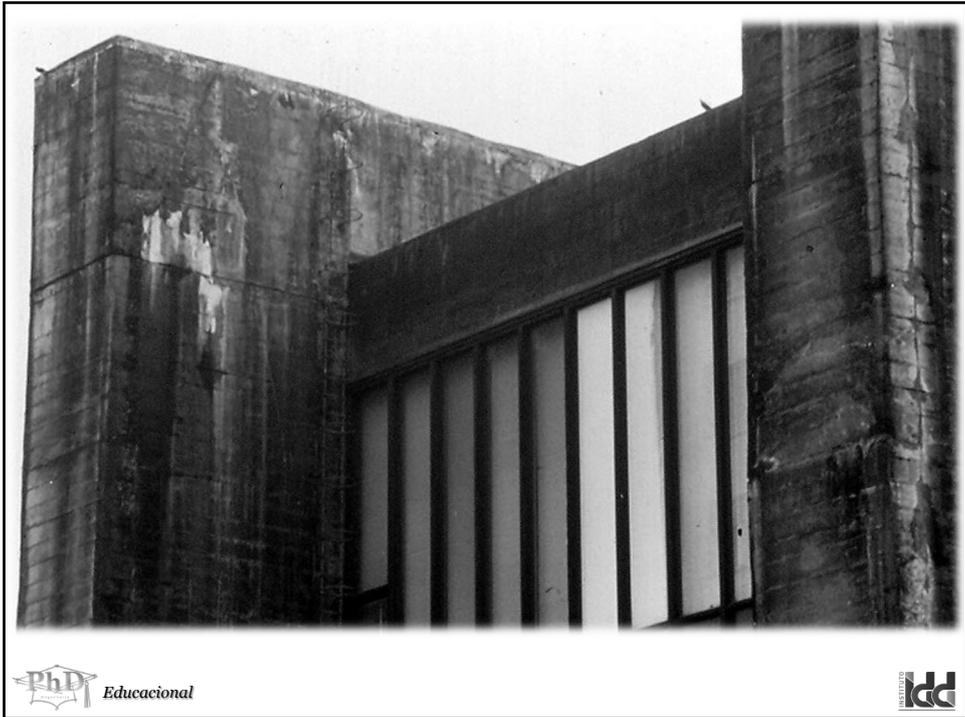


Edifício da Engenharia Civil POLI.USP

8



9



10



11

### 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

#### *Como evitar, Prevenção, Profilaxia*

- Reduzir relação a/c, usar adições
- Melhorar as condições de cura
- Impermeabilizar, evitando a água

12

## 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

### **Como corrigir:**

- de onde vem a água?
- quais são as características do concreto?
- porque fissurou?
- é fissura “viva” ou “morta”?
- é estrutural, precisa monolitismo?
- é aparente, respeita estética?

### ***Inspeção, Diagnóstico e Projeto de Intervenção Corretiva***

### ***Procedimento de Manutenção***

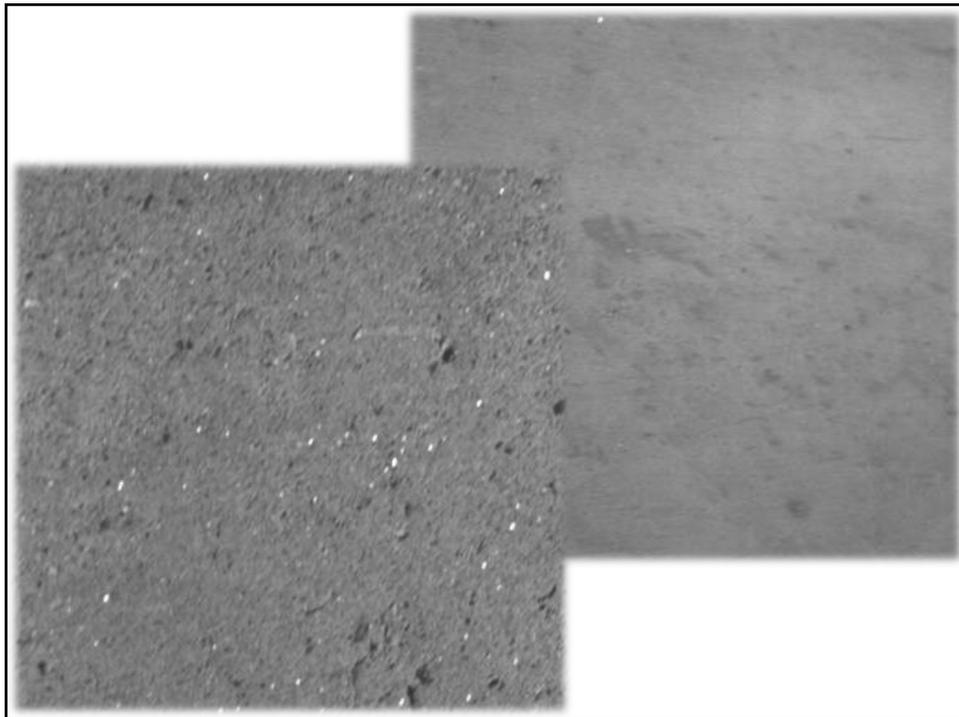


## **Águas ácidas e industriais**



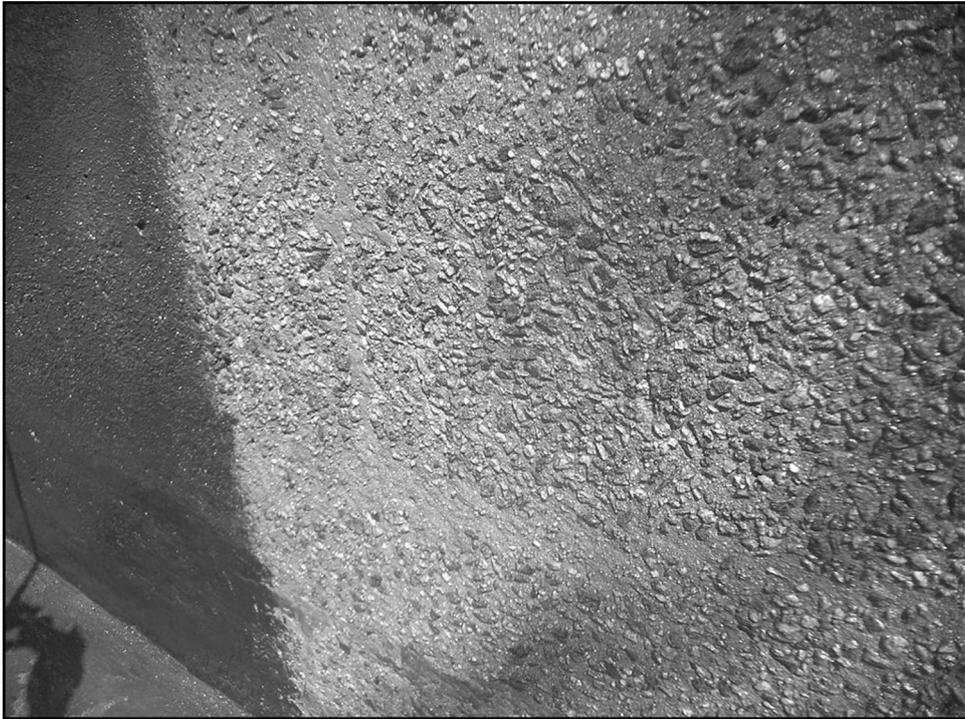
## Ataque ácido

- Remoção da pasta e exposição dos agregados;
- Aumento da porosidade do concreto;
- Diminuição da resistência;
- Despassivação e posterior corrosão das armaduras.

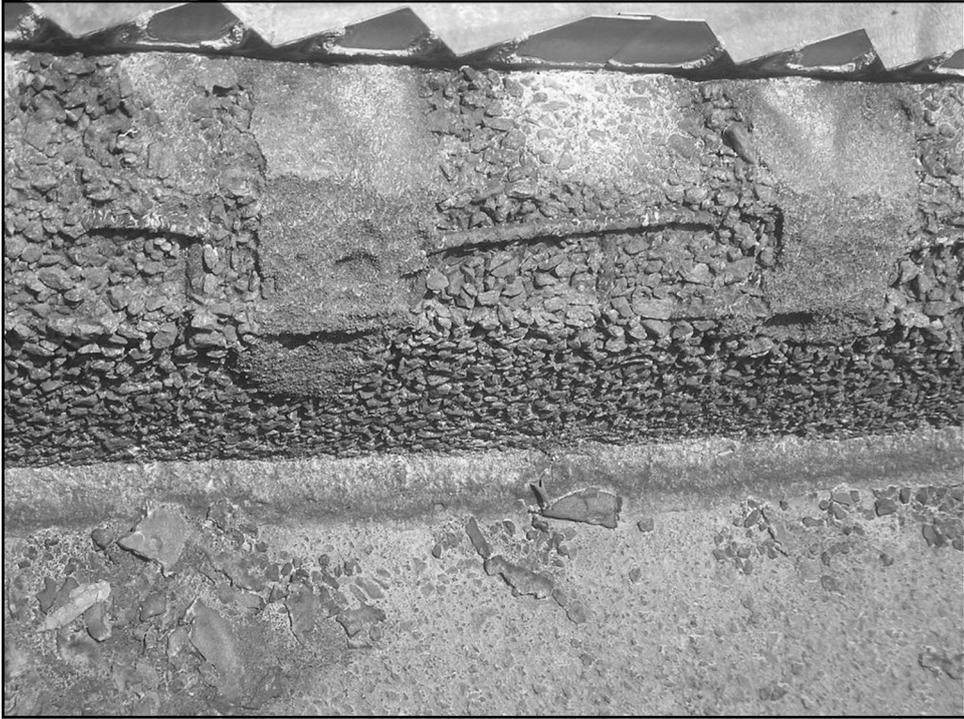




17



18



19



20



21



22



23

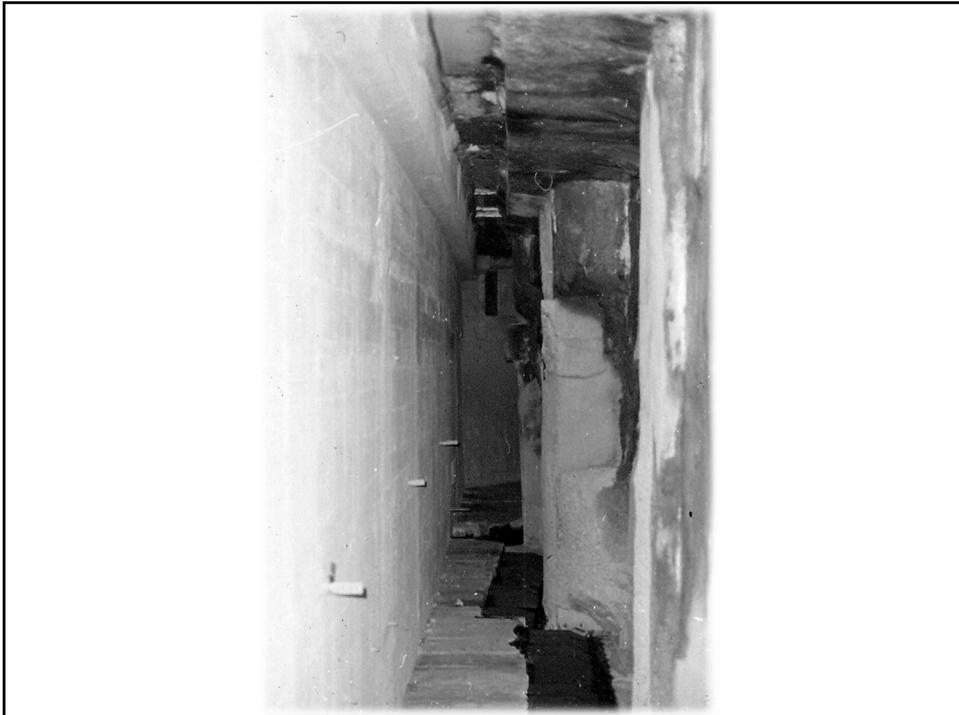


24

**Cortina a 35 m de profundidade**



25



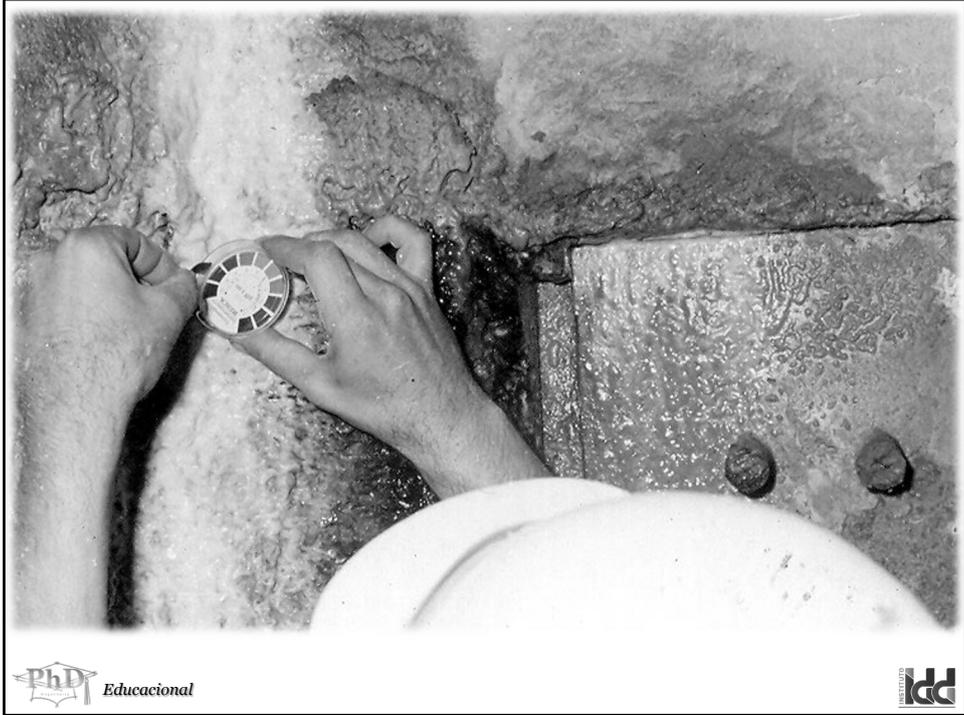
26



27



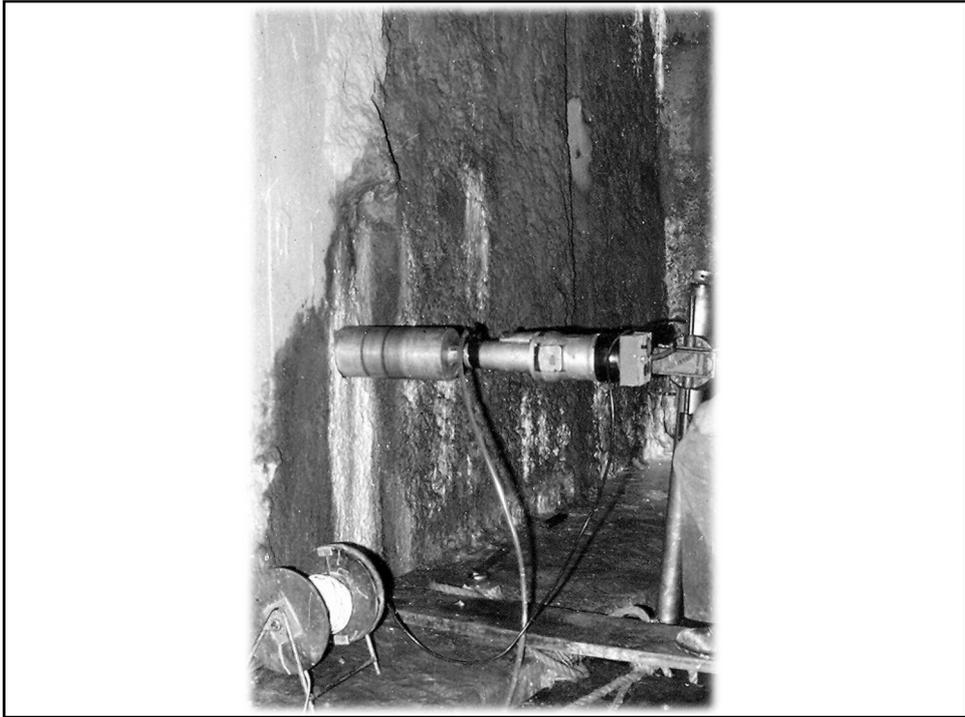
28



29



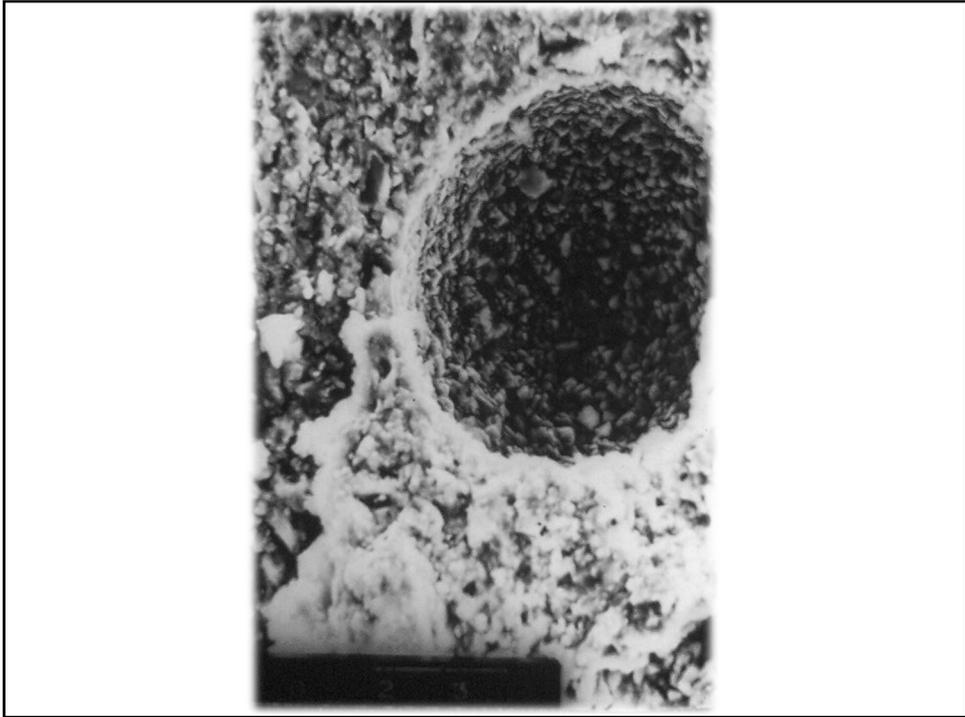
30



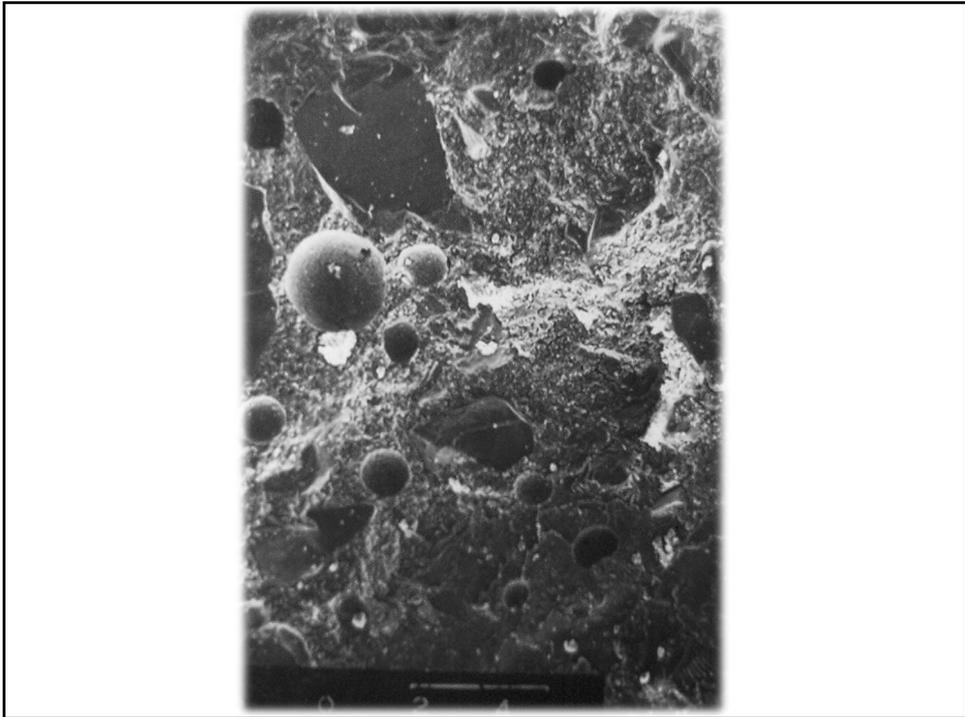
31



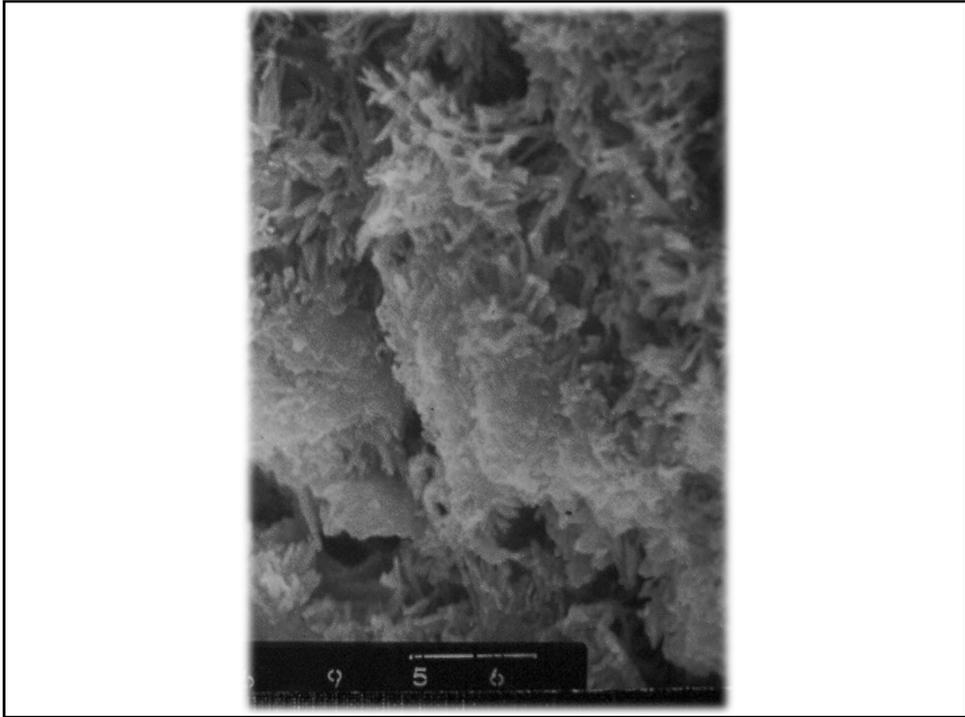
32



33



34



35



36



37



38

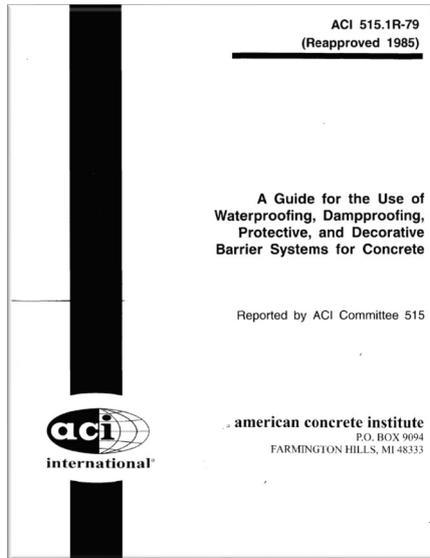


39



40

# Bibliografias de referência



41

QUADRO 6 - Substâncias Diversas

NOME	EFEITO SOBRE O CONCRETO	TRATAMENTO										OBSERVAÇÕES			
		A-1	A-2	B	C-1	C-2	C-3	D	E	F	G		H		
1. Açúcar	NENHUM														Quando em solução (xarope) produz desagregação lenta (DL). Tratamento A-1, A-2, B e C-1.
2. Água: Ácidas Salgada (Mar) Gasosas (Mineral) Amoniacal	D	X	X	X	X	X									pH 6,5 — desagregam apenas a argamassa superficial; pode ocorrer, ataque pela presença de sulfatos e ataque pela presença de ácido carbônico ou sais de amônia.
	DL	X	X	X	X	X									
	NENHUM	X	X	X	X	X									
3. Álcool	NENHUM														Perdas por penetração no concreto. CH <sub>3</sub> OH, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH e semelhantes.
4. Amoníaco	NENHUM														
5. Azeite (Olive)	DL		X		X										
6. Carvão (Mineral)	NENHUM														Altos teores de pirita e umidade podem conduzir a DL. Tratamento A-1, A-2, B e C-1.
7. Cinzas (Fulgem)	NENHUM														A elevadas temperaturas (200°C a 600°C), podem causar expansões térmicas.
8. Cervejas (Choop)	NENHUM														Tanques de concreto necessitam de tratamentos especiais para prevenir possível contaminação.
9. Chucrutes	NENHUM OU MÍNIMO														Proteção do sabor com tratamento A-1, A-2 e C-1.
10. Eletrólitos	-														Dependendo do líquido NENHUM ou pelo menos DL (tratamento C-1).

42

QUADRO 6 - Substâncias Diversas

NOME	EFEITO SOBRE O CONCRETO	TRATAMENTO										OBSERVAÇÕES				
		A-1	A-2	B	C-1	C-2	C-3	D	E	F	G		H			
11. Estercó (Fezes)	DL	X	X		X											
12. Fertilizantes	-															Dependendo do produto químico pode desagregar o concreto.
13. Formol (Formalim)	D				X				X	X	X	X				Pela solução de aldeído fórmico.
14. Glicerina	DL	X	X	X	X				X							
15. Glicose	DL	X	X	X	X											
16. Gorduras: Banha de porco Carneiro Vaca Cavalo	DL DL DL DL	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X				X X X X							Gorduras derretidas a ação de desagregação é mais rápida.
17. Leite	NENHUM															Quando azedo ocorrerá ataque pelo ácido láctico.
18. Líquidos: Matadouro animais Curtimentos Sulfídrico Alvejante branqueador Fermentação de frutas, grãos e vegetais Extrato destilado	D - DL NENHUM DL DL	X X X X X X	X X X X X X	X X X X X X	X X X X X X											Dependendo do líquido, a maioria não produz efeito.

PhD Educacional INSTITUTO ICD

43

QUADRO 6 - Substâncias Diversas

NOME	EFEITO SOBRE O CONCRETO	TRATAMENTO										OBSERVAÇÕES				
		A-1	A-2	B	C-1	C-2	C-3	D	E	F	G		H			
19. Lixívia	NENHUM															
20. Manteiga (Margarina)	NENHUM															
21. Mel	NENHUM															
22. Melaço (Garapa)	DL	X	X	X	X				X							Quando estiver em temperatura superior a 50°C.
23. Óleos de: Peixe Mocotó Resina Sebo Lubrificante máquina	DL DL NENHUM DL DL	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X				X X X X X							
24. Polpa de madeira	NENHUM															DL se em presença de ácido carbônico.
25. Resinas de árvore	NENHUM															
26. Sal	NENHUM															
27. Sal Amônico	DL	X		X	X	X										

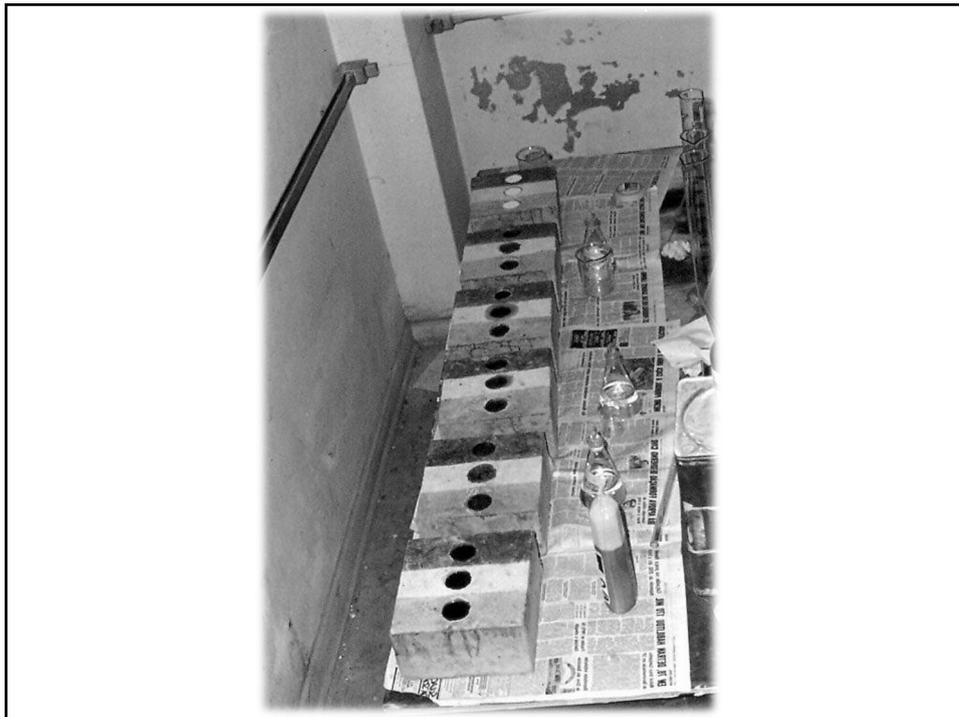
PhD Educacional INSTITUTO ICD

44

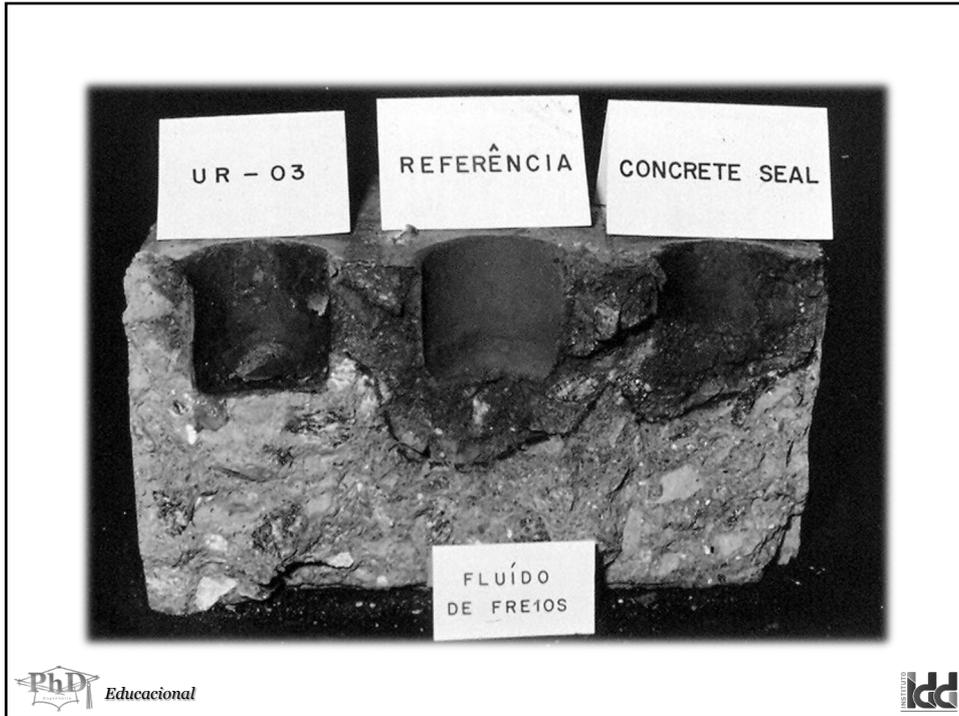
## ***Alternativas de Proteção***

- **Fluoretação (Zn ou Mg)**
- **Silicatação (Na)**
- **Betume (asfalto)**
- **Tijolos, cerâmica, vidro, chumbo, mantas butílicas, borrachas....**

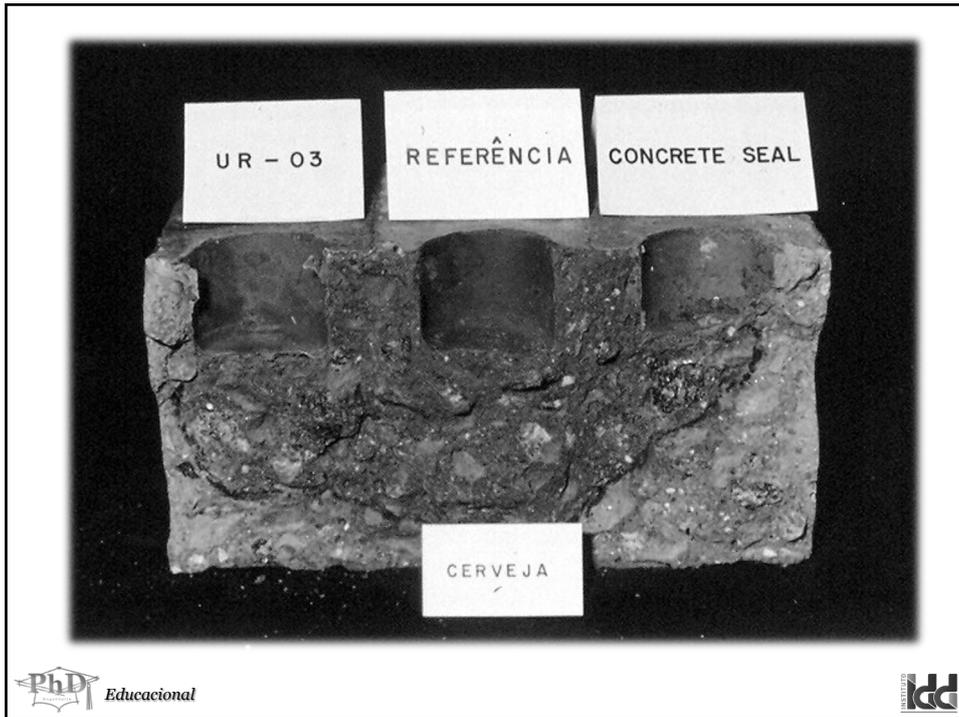
45



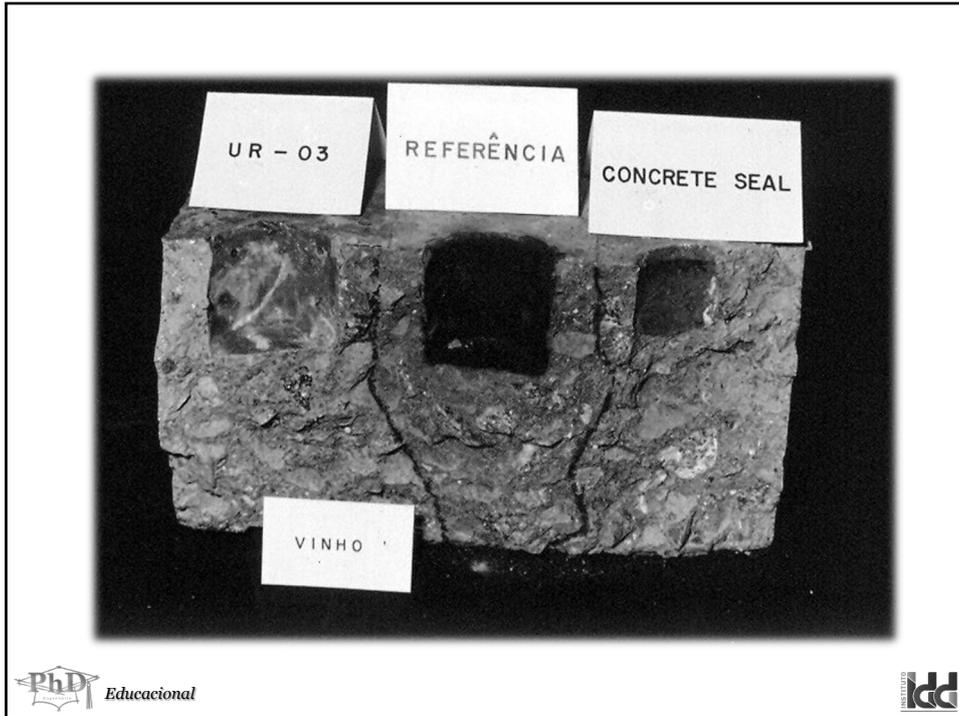
46



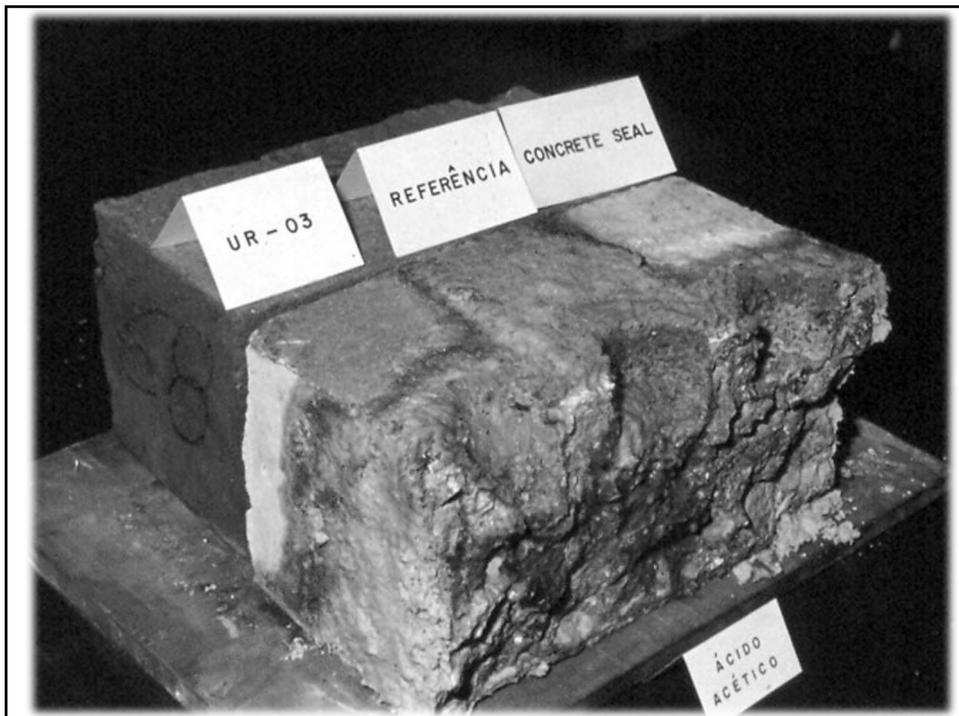
47



48



49



50



# Fungos e bolors

PhD Educacional

INSTITUTO ICD

51

## Fatores decisivos que influenciam o surgimento e a proliferação dos fungos

Fator de influência	Parâmetros	Unid.	Intervalo para o crescimento		Comentários
			Mínimo	Máximo	
Temperatura	Temperatura superficial da parede	°C	-8	60	Depende da espécie de fungo e da fase de desenvolvimento
Umidade	Umidade relativa próximo à superfície	%	70*	100	(germinação de esporos ou crescimento de micélios)
Substrato	Nutrientes e teor de sal	-	-	-	Os nutrientes podem ser encontrados em acúmulos de sujeira
Ambiente	pH na superfície	-	2	11	O pH também depende da umidade relativa e da temperatura do ar e é influenciado pelos fungos.
Tempo	Quantidade de horas por dia	h/d	1	-	Depende da temperatura e umidade
Atmosfera	Quantidade de oxigênio	%	0,25	-	Sempre presente

Fonte: modificado de Sedlbauer (2001).

Nota: \*Há um tipo de fungo conhecido (*Xeromyces*) cujo crescimento pode ocorrer a partir de uma umidade relativa de 45%.

<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n4/02.pdf>

52

# Fungos e bolores

Crescimento é favorecido em meio ácido (pH ácido)





55



56



57



58



59



60



61



62



63



64



65



66



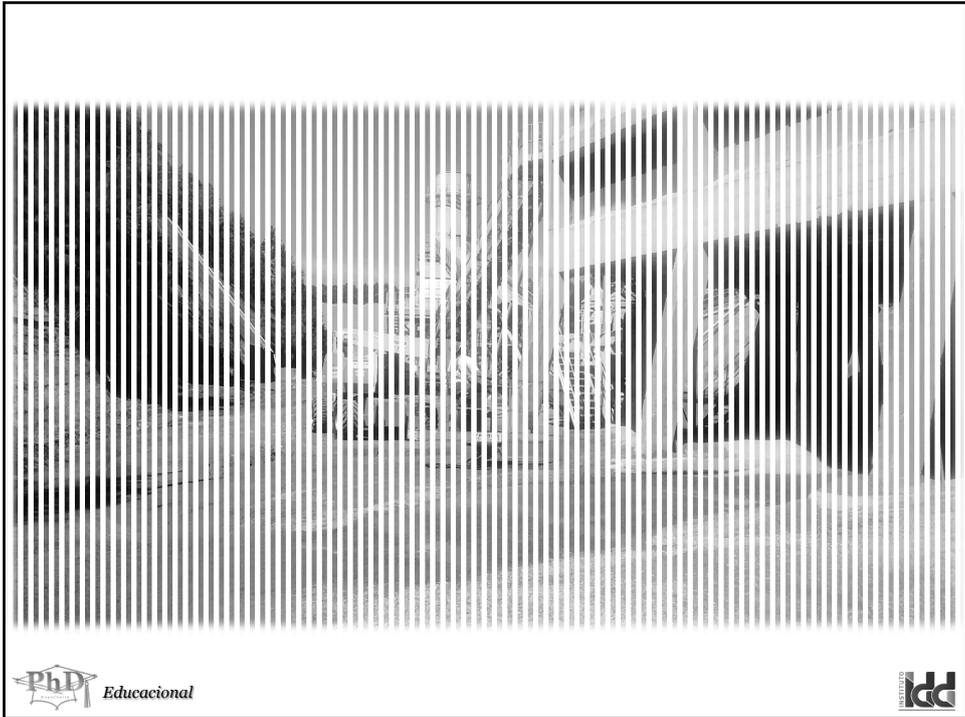
67



68



69



70



71



72



# **Concreto aparente & Detalhes arquitetônicos**

73

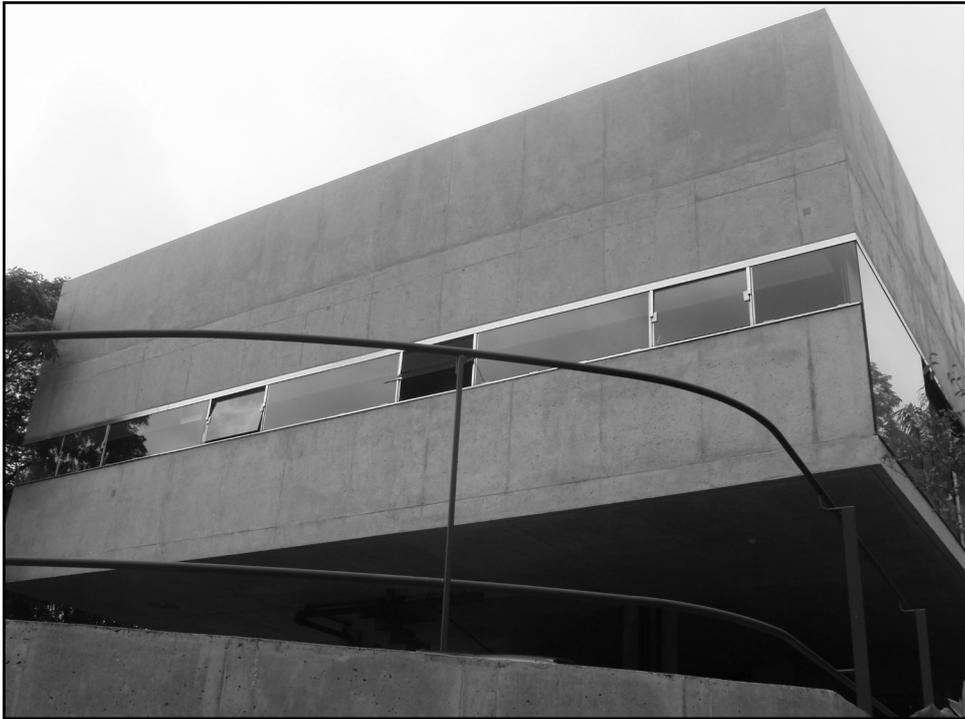
# **Concreto aparente (coloração natural)**

74



75



76



77



78



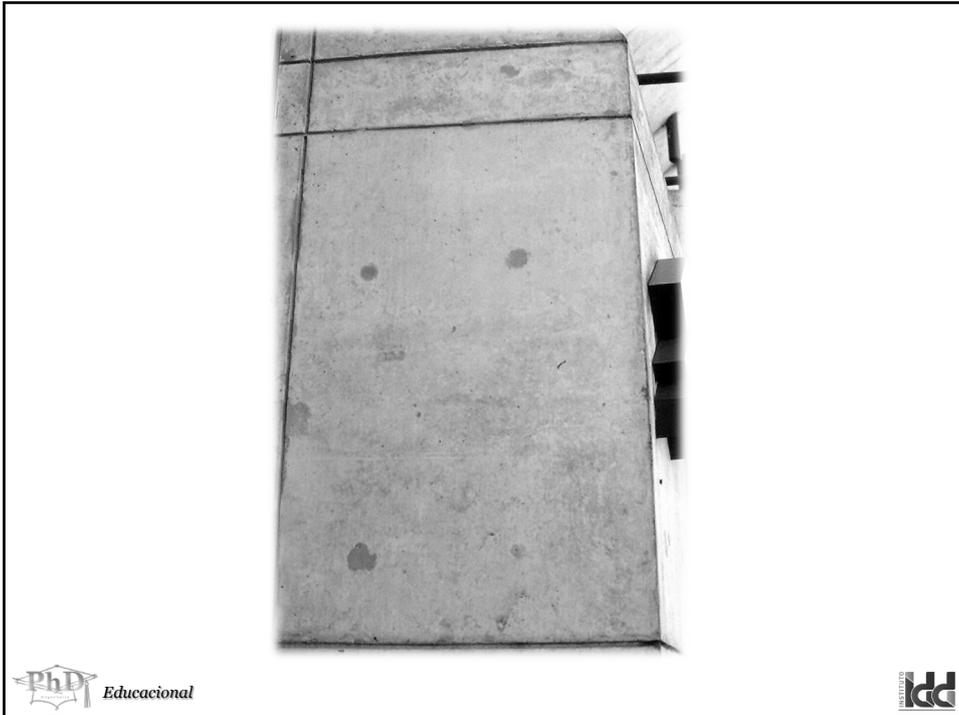
79



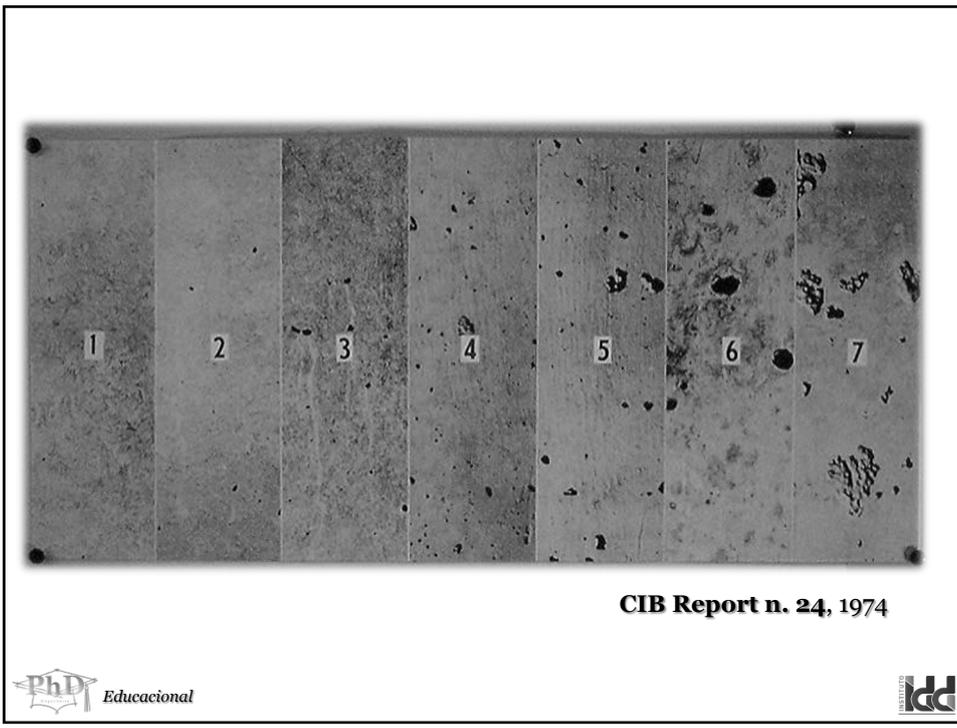
80



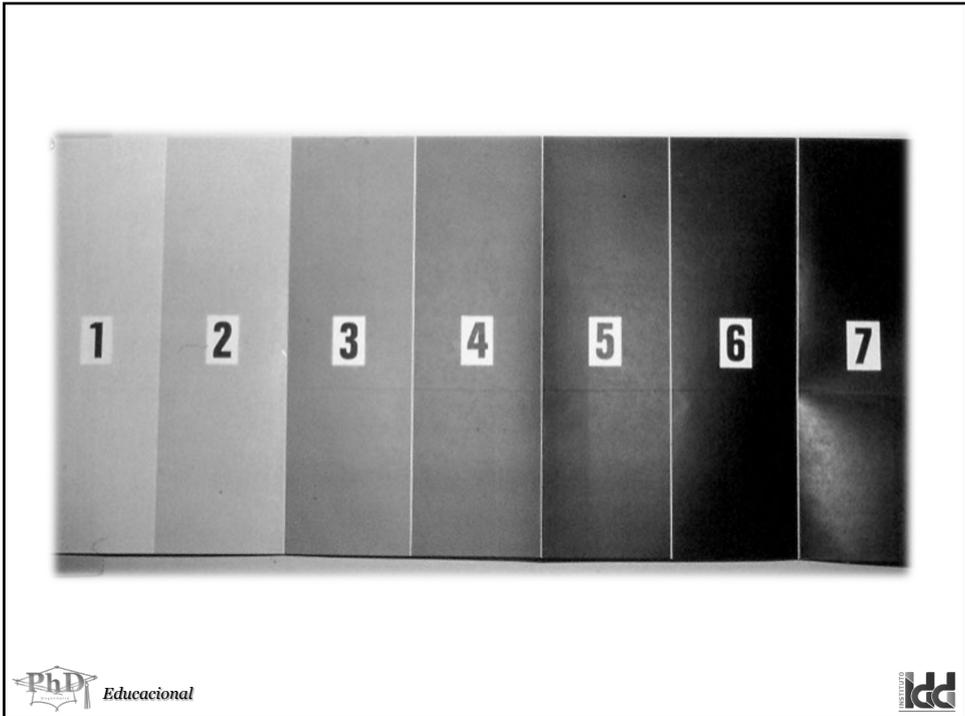
81



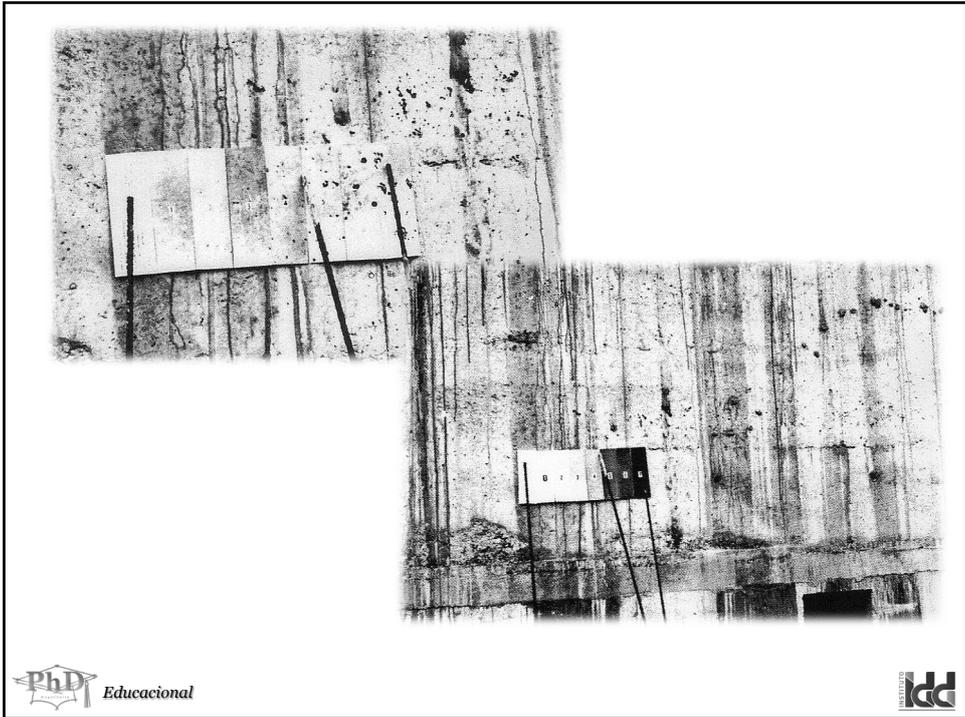
82



CIB Report n. 24, 1974



85



86

Acabamento	Especial		Elaborado		Comum		Grosseiro
	Próximo	Distante	Próximo	Distante	Próximo	Distante	
<b>Bolhas</b>	2	4	4	6	6	-	-
Variação de cor	2	2	2	3	3	4	-



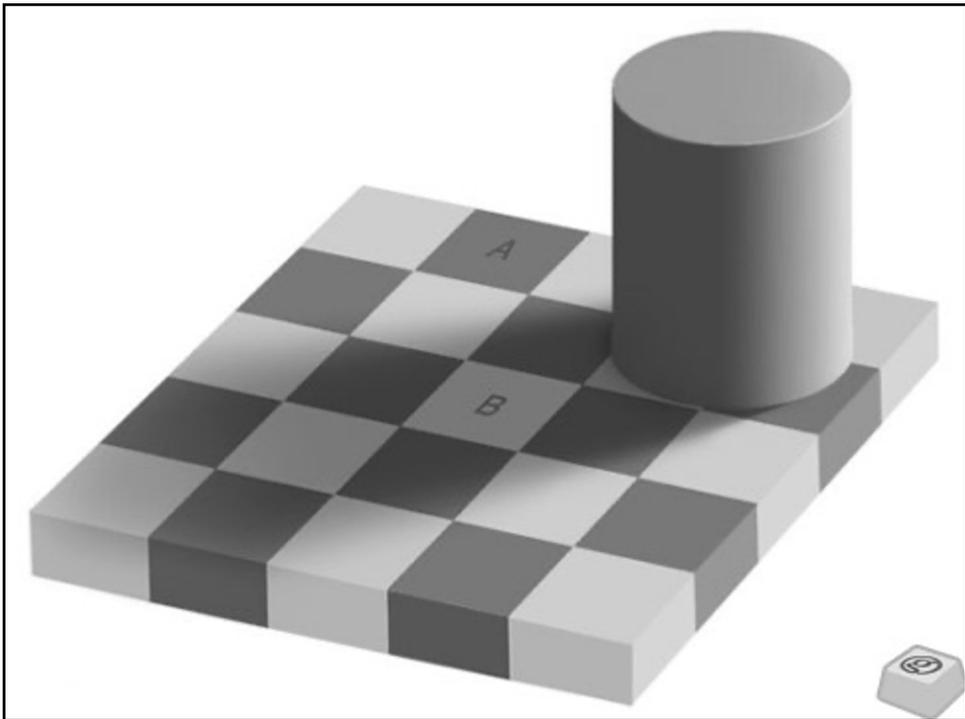

87



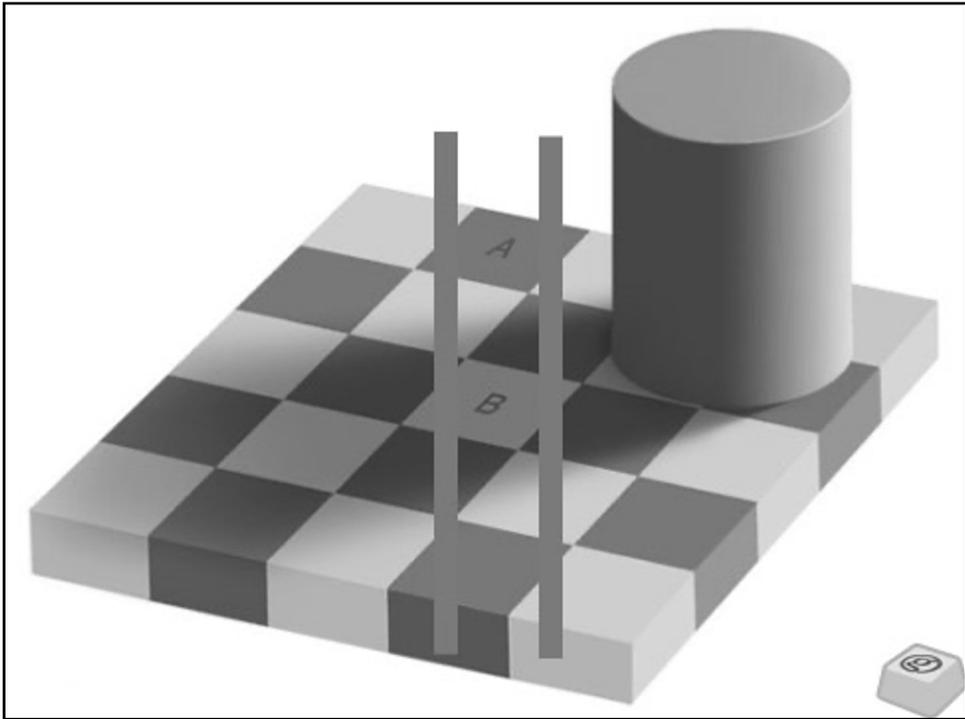
88



89



90



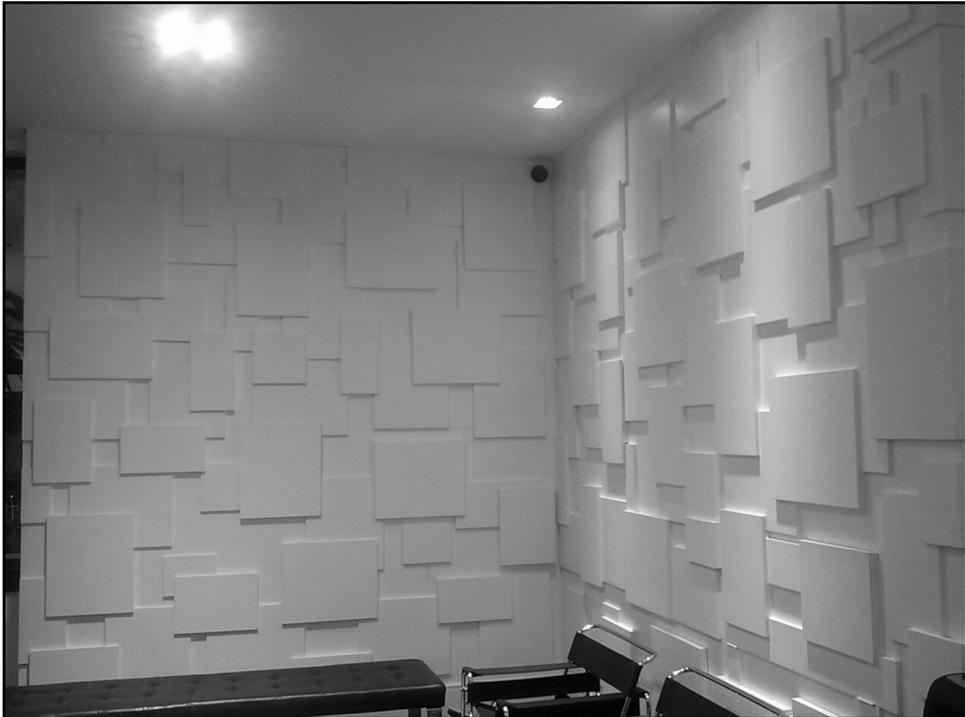
91



92



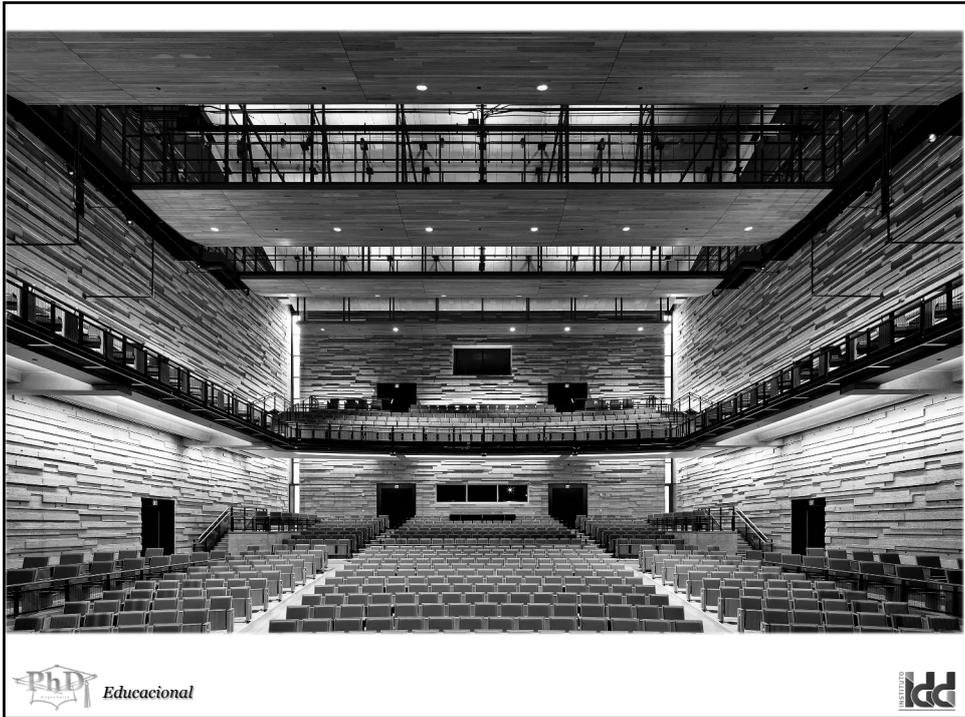
93



94



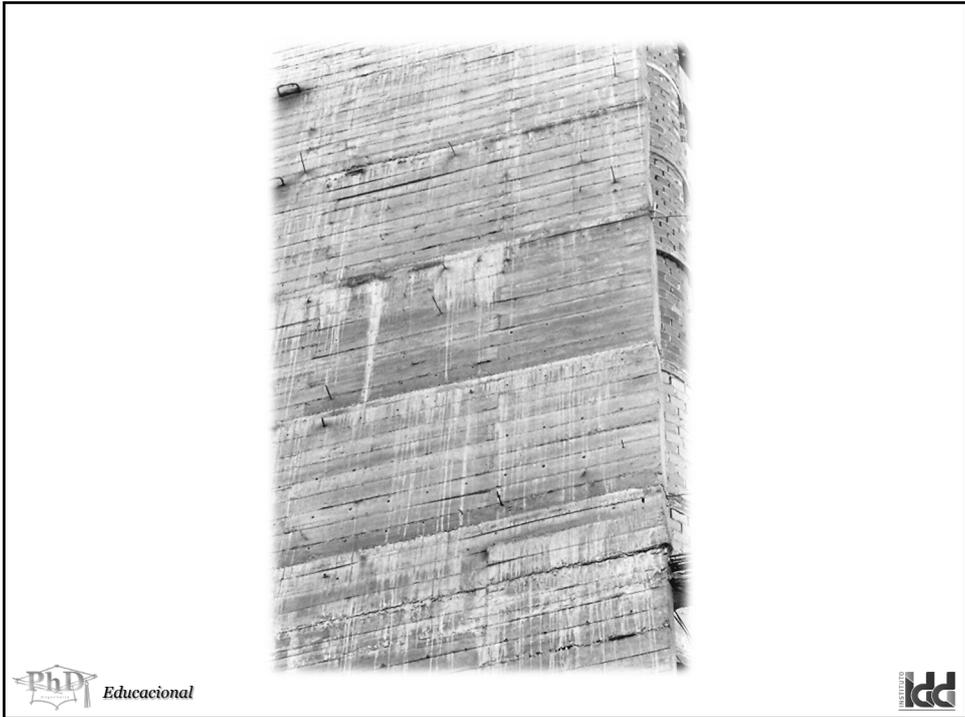
95



96



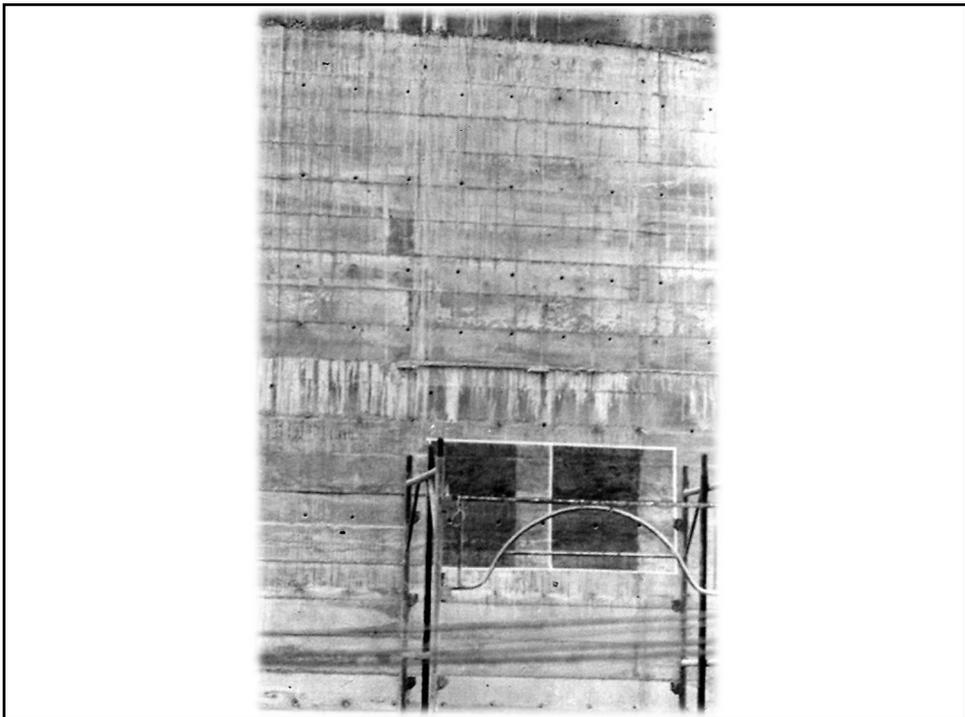
97



98



99



100



101



102

## Case FAU-USP



 Educacional

 Instituto ICD

103



João Batista Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi, 1969

*direitos reservados PhD 2013*

104



105

## Limpeza empena (vídeo)



106



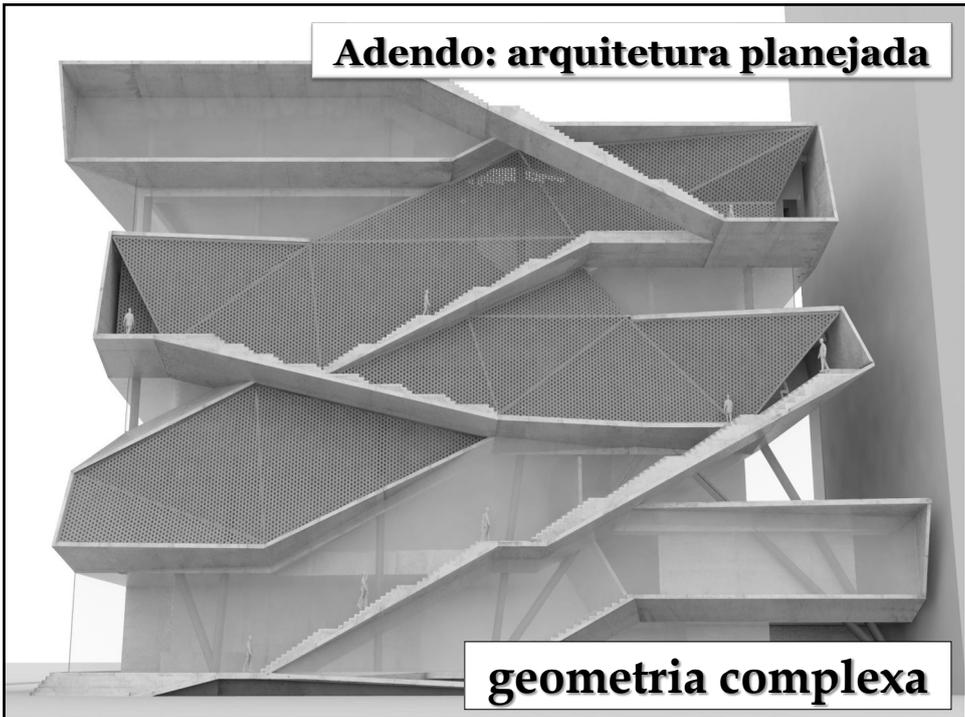
107



108



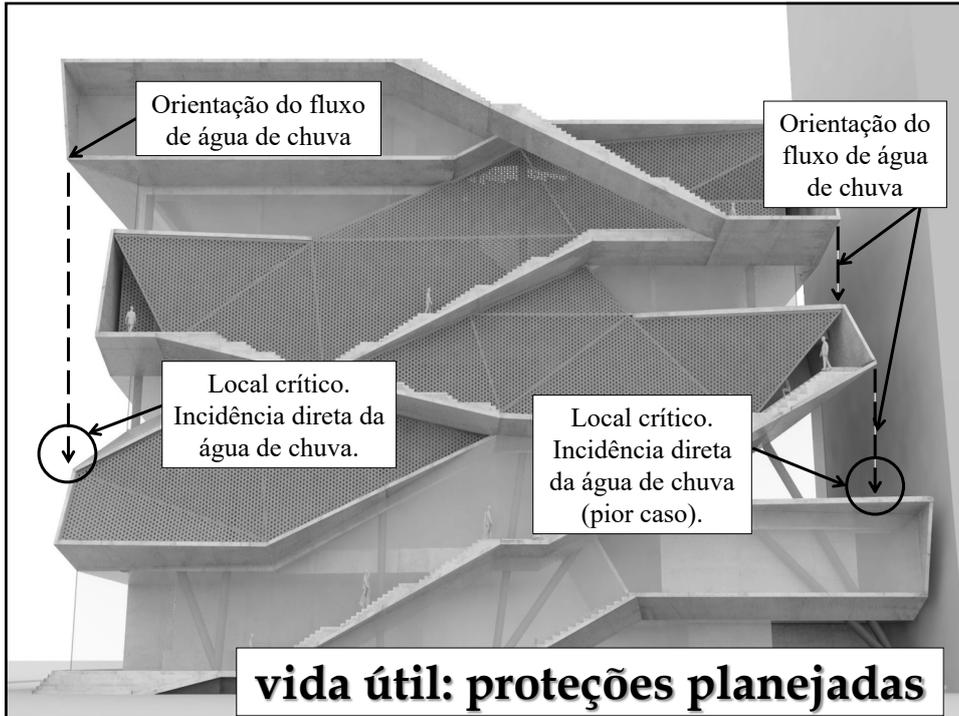
109



**Adendo: arquitetura planejada**

**geometria complexa**

110



111



112

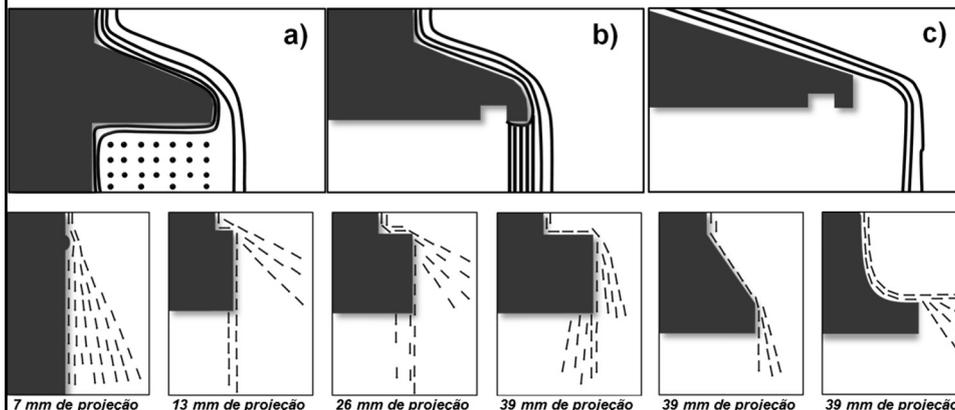


113



114

## Arquitetura planejada



BRITEZ, Carlos; PACHECO, Jéssika; CARVALHO, Mariana; HELENE, Paulo. **Arquitetura Planejada Visando a Longevidade de Estruturas de Concreto**. 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017, Bento Gonçalves/RS (no prelo)

**cornijas, beirais,  
pingadeiras ...**

115

## Edifício Martinelli



**88 anos de idade,  
(1929), vida útil ?**



116



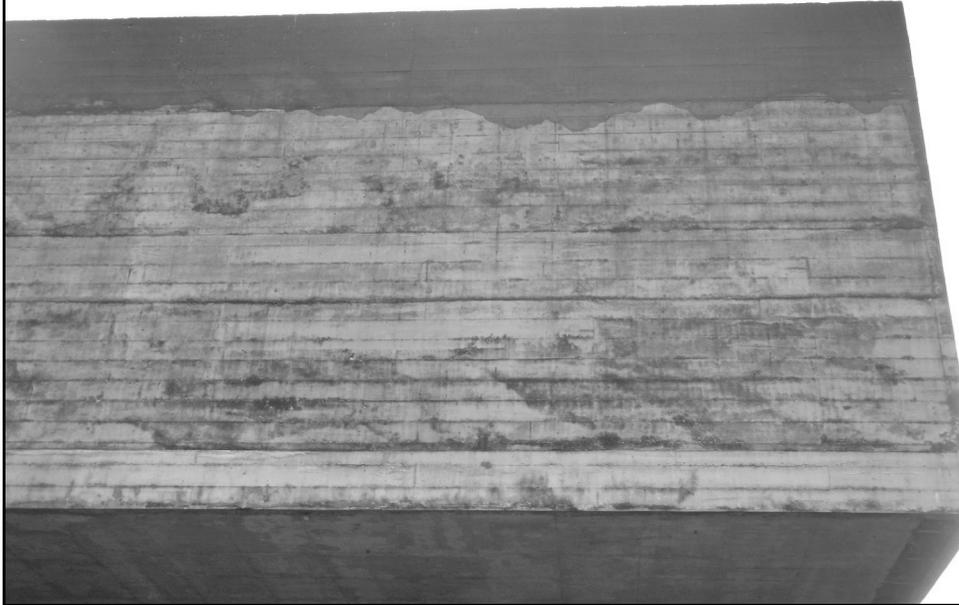
117



**40 anos de idade...**

118

**ABNT NBR 6118:2014, item 7.2.4 ?**



119

## **Arquitetura planejada (norma)**

**ABNT NBR 6118:2014, item 7.2.4:**

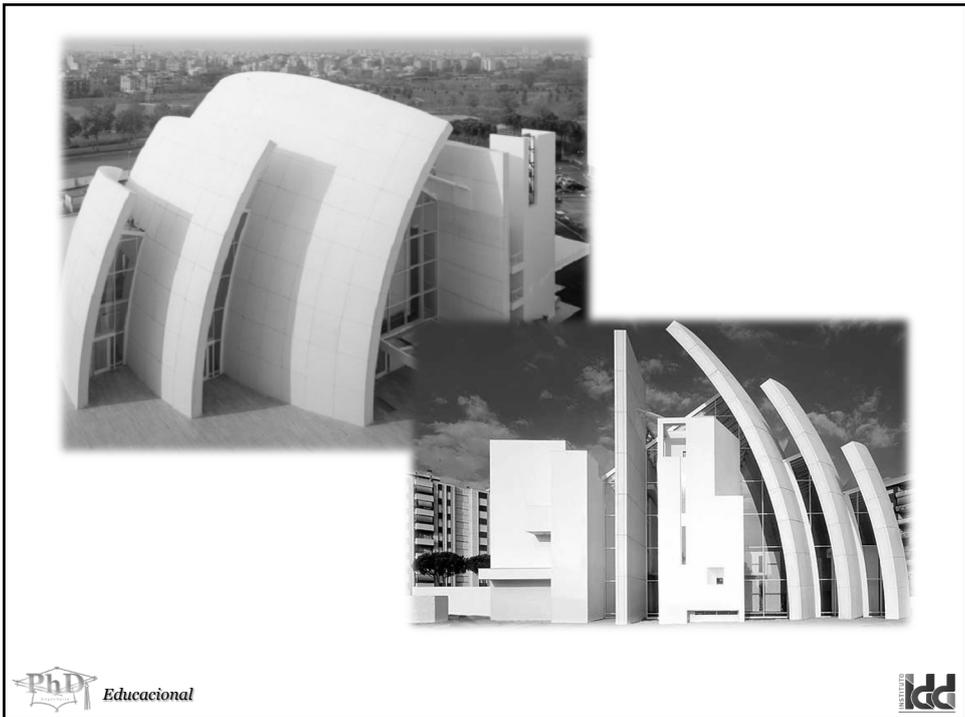
*“Todos os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos. Todos os beirais devem ter pingadeiras e os encontros em diferentes níveis devem ser protegidos por rufos”*

**de quem é a responsabilidade?**

120



121



122

## O problema não é somente estético...



**40 anos de idade...**

123

## O problema não é somente estético...



**risco de vida (não é a útil)**

124

**Outros exemplos**



125

**Outros exemplos**



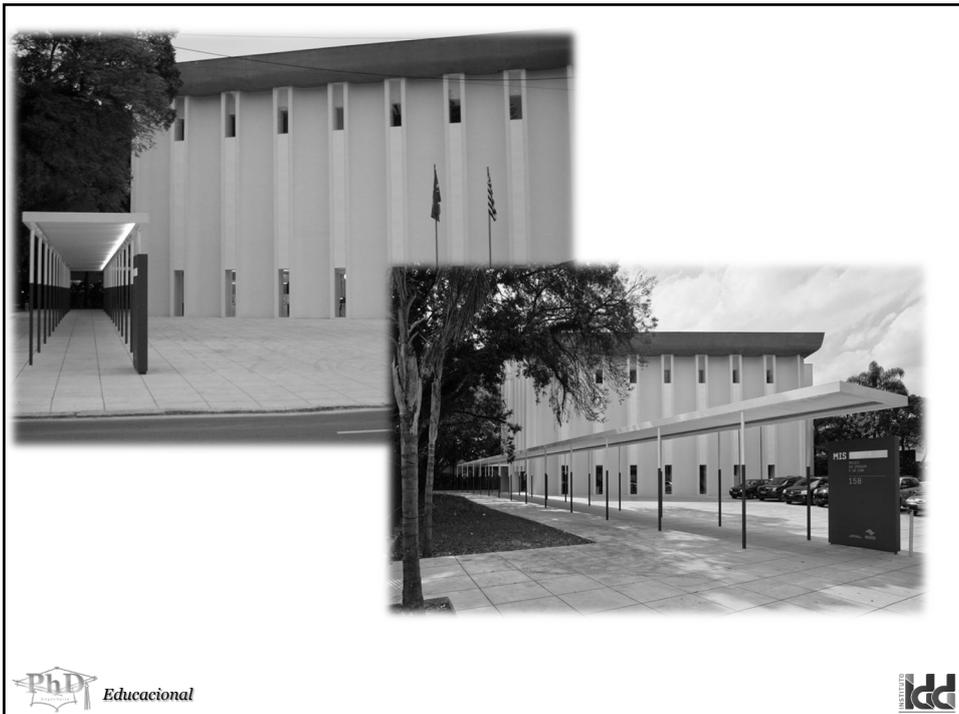
126



 *Educacional*



127



 *Educacional*



128

## ***Aliado aos detalhes arquitetônicos***

### ■ **formadores de filme**

- vernizes e tintas

### ■ **hidrofugantes**

- base silicone

### ■ **combinados**

129



130



131

## Ficha Técnica

**Nome da Obra: Museu da Imagem e do Som (MIS)**

**Endereço: Av. Atlântica, 3432 (Antiga Boate HELP)**

**Realização: Fundação Roberto Marinho**

**Arquitetura: Diller Scofidio + Renfro / Índio da Costa (AUDT)**

**Estrutura: JKMF**

**Construtora: Rio Verde**

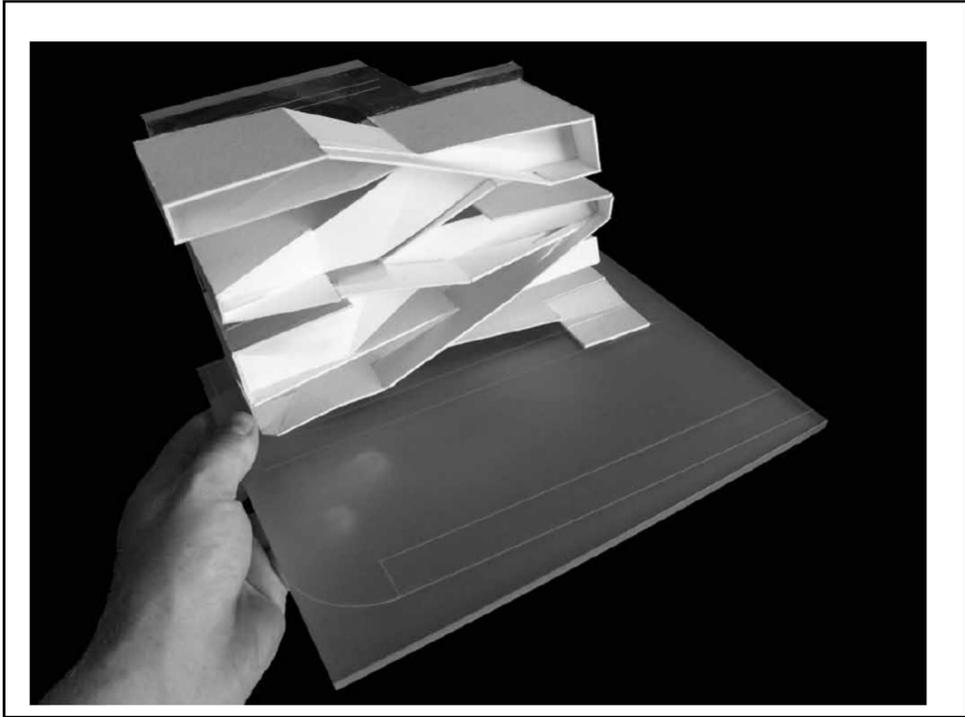
**Consultoria (concreto): PhD Engenharia**

**Pavimentos: 7 (2 subsolos e 1 mezanino técnico)**

**Volume (superestrutura)  $\approx 7.000\text{m}^3$**

Créditos: AUDT/Diller  
Scofidio + Renfro

132



133



134



135



136



137



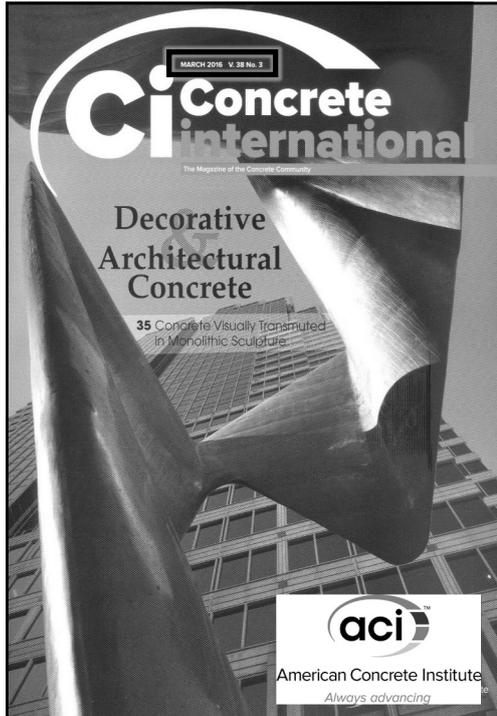
138



139



140



## Recommendations for Casting Inclined Columns

A case study on the architectural concrete columns for the Rio de Janeiro Museu da Imagem e do Som

by Carlos Britz, Jéssica Pacheco, Suelly Bueno, and Paulo Helene

The State Secretary of Culture for the city of Rio de Janeiro, Brazil, along with the Roberto Marinho Foundation (FRM), recently promoted an important international competition for the design of the new headquarters of the city's Museu da Imagem e do Som (Museum of Image and Sound [MIS-RJ]). The ultimate goal was to make the MIS headquarters a globally renowned architectural icon for Rio de Janeiro. The U.S.-based architectural firm Diller Scofidio + Renfro won the contest and the design was developed in Brazil by the renowned firm Iúlio da Costa Arquitetura, Urbanismo, Design e Transporte (Indio da Costa A.U.D.T.).

In this bold design, the design architects proposed the museum as a vertical boulevard, with seven floors, a continuous external promenade, and a display of sequential ramps and floors. The new MIS-RJ headquarters, shown in Fig. 1, is being built by the construction company Rio Verde. Also, the construction works are being managed by Engineering S.A., a subsidiary of Hill International.

With architectural concrete finishes specified for its unique forms and oblique lines, this building's superstructure presented some special challenges—especially for the construction of inclined columns with high-performance concrete (the subject of this article). In some cases, the columns had 6 m (20 ft) heights per segment. Further, the columns' unusual geometries required the use of metal formwork. In addition to meeting aesthetic demands and compressive strength requirements (specified as a characteristic compressive strength,  $f_c$ , of 50 MPa [7250 psi] at 28 days), the concrete placements were influenced by other factors, such as vendor and logistics. The local climate is very hot, requiring concreting operations during temperatures of about 33°C (91°F), and the concrete supplier's plant is 50 km (31 miles) away from the work site. Trucks had to pass through heavy traffic during business hours, so transit times of at least 1 hour were required.

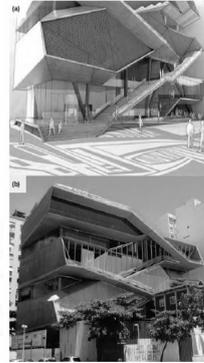


Fig. 1 The future MIS-RJ headquarters. (a) an architectural rendering; and (b) a work in progress, in December 2015. (photo courtesy of Diller Scofidio + Renfro)

www.concretemagazine.com | CI | MARCH 2016 43

141

# OBRIGADA!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br

www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23

11-9-4728-8870

142