



**CREA-RS**  
Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura  
e Agronomia do Rio Grande do Sul

# Aprendendo com os Acidentes e Falhas Ocorridas com Estruturas de Concreto



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

**Paulo Helene**

*Diretor PhD Engenharia*

*Prof. Titular Universidade de São Paulo USP*

*Conselheiro Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON*

*Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

*Presidente ALCONPAT*

Hotel Viveroni

02 de Julho de 2013

Bento Gonçalves

## Estruturas de Concreto Armado e Protendido

### Conceitos

- ✓ Envelhecimento natural *previsto; não incomoda*
- ✓ Envelhecimento precoce *não previsto; caro*
- ✓ Vida útil *60anos → normal*
- ✓ Estrutura avisa *saber "ouvir"*

PhD Engenharia

## **NBR 6118:2003**

*"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

*PhD Engenharia*

3

## **6.3.2 Concreto → *Lixiviação***



Cobertura do  
Prédio da FAU-USP



Edifício da  
Engenharia Civil  
POLI.USP

4

### 6.3.2 Concreto → ***Lixiviação***

#### ***Mecanismo***

- carreamento de sais 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

*PhD Engenharia*

### 6.3.2 Concreto → ***Lixiviação***

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

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

*PhD Engenharia*

## 6.3.2 Concreto → **Lixiviação**

### **Como corrigir:**

- de onde vem a água?
- porque o concreto está poroso e permeável?
- porque fissurou?
- é fissura “viva” ou “morta”?
- é aparente, respeitar estética?
- é estrutural, precisa monolitismo?

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

### **Procedimento de Manutenção**

*PhD Engenharia*

7

## **NBR 6118:2003**

*“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

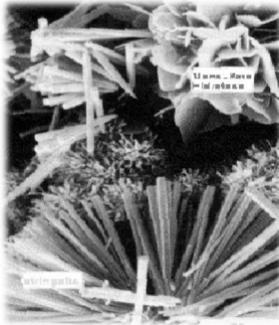
*PhD Engenharia*

8

### 6.3.2 Concreto → ***Expansão***

Reações expansivas

Sulfatos,  $\text{SO}_4^{-2}$

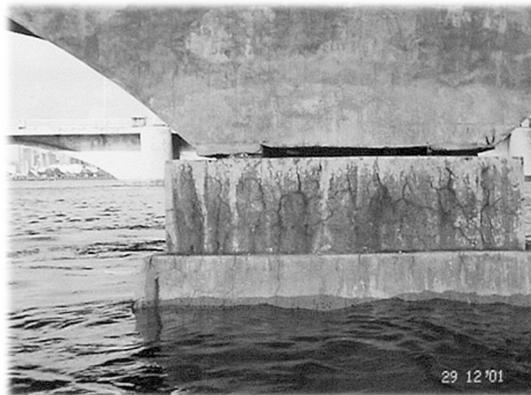


- água de mar
- galerias esgoto
- ETE

9

### 6.3.2 Concreto → ***Expansão***

**Reação Álcali-Agregado AAR**



10



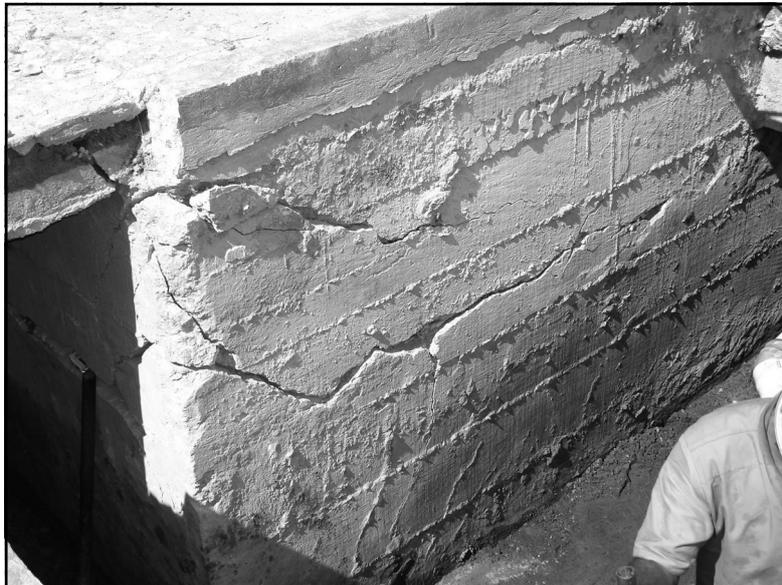
11



12



13



14

### 6.3.3 Aço → **Corrosão de Armaduras**

#### Despassivação por carbonatação

■  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{pH} \geq 12$   
(aço passivado)

■  $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



15



16

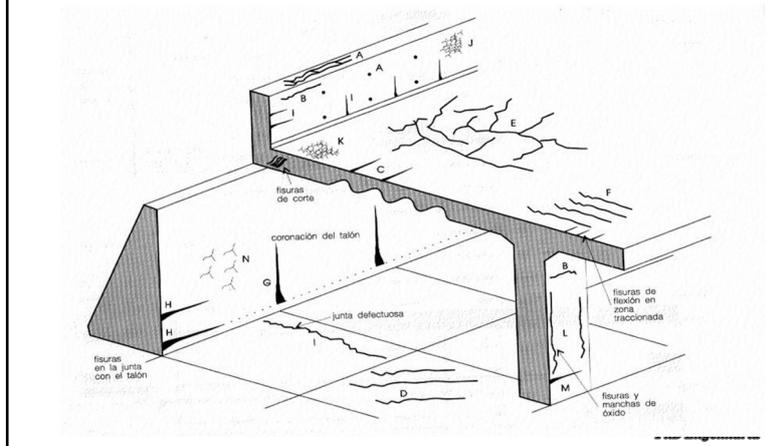
6.3.3 Aço →  
**Corrosão de  
Armaduras**

Despassivação  
por cloretos



### 6.3.4 Estructura

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



## **Programa de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil das Estruturas**

*ALCONPAT    IBRACON    ABECE*

### **6.3.2 Concreto**

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

### **6.3.3 Aço**

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

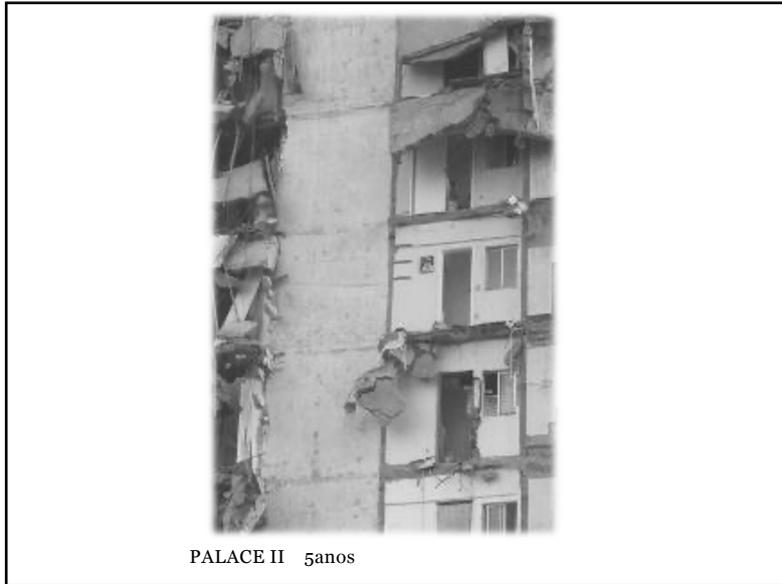
### **6.3.4 Estrutura**

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

21



22



PALACE II 5anos

23



24



25

Na madrugada de domingo, à 1h para ser mais exato, ouviu-se um estrondo muito forte no prédio, que fez com que muitas pessoas descessem. Alguns apartamentos já começavam a apresentar fissuras nas paredes internas.

Soubemos, depois por um bombeiro, que havia um tapume no segundo subsolo, na altura do meio do prédio. Esse tapume isolava uma área na garagem do Palace II, que servia como escritório da construtora, onde eram guardados arquivos, plantas, equipamentos de escritórios, etc. O acesso era restrito à construtora e raríssimas eram as visitas de engenheiros no local, com certeza. Por isso, as possíveis inspeções ou o levantamento de irregularidades no segundo subsolo, nessa metade do prédio, eram praticamente nulos.

Então, houve a ruptura do pilar, talvez não em uma extensão significativa, mas o suficiente para acarretar a redistribuição da carga e fazer um recalque, que calculo em torno de 4 centímetros. Esses fatos, a rachadura das paredes e o barulho, evidentemente faziam parte do funcionamento espacial da estrutura, que tentava recompor suas cargas para os pilares vizinhos. Nessa ocasião demoliu-se o tapume e verificou-se que o pilar estava em

condições superprecárias. Quando o engenheiro da Defesa Civil chegou, só teve tempo de testemunhar o que havia acontecido e fazer com que todas as pessoas evacuassem o prédio, o que infelizmente não ocorreu com todos.

É bom frisar que essa caixa de elevador tinha uma coisa assimétrica. As caixas de elevadores, próximas ao trecho que caiu, não estavam em funcionamento. Não existiam elevadores nesse trecho, o que acabou salvando muitas vidas. Por quê? Porque todo mundo que se precipitava em descer utilizava a caixa do elevador do lado oposto. Portanto, depois do desabamento, ainda existiam cerca de 20 a 25 pessoas no interior do prédio, que desceram as escadas.

**Depoimento do Eng.  
Waldir José de Mello,  
no CREA.RJ  
Consultor da PMRJ**

26

uma impressão dramática e penosa.

Pensamos em inúmeras possibilidades, inclusive a de dar aproximadamente de 10 a 15 minutos, por andar, para que um bombeiro levasse os moradores daquele piso para, com uma caixa pequena, resgatar pertences indispensáveis, como documentos, por exemplo.

No entanto, as portas já estavam empenadas e teriam de ser arrombadas. Esse era um sinal nítido de que a estrutura já apresentava deformação, em função dos esforços de tração em cada nível. As portas funcionavam como elementos resistentes. Primeiro, não havia tempo para arrombar todas as portas e, segundo, não seria seguro tirar um elemento de resistência da estrutura.

Percebemos que realmente não seria possível salvar o prédio, quando vimos que

Depoimento do Eng. Waldir José de Mello, no  
CREA.RJ  
Consultor da PMRJ



28

FOLHA DE S. PAULO quarta-feira, 4 de março de 1998 **são paulo** 3 5

**DESABAMENTO 4** Sersan é intimada a consertar prédio em 2 meses; para técnicos, problemas não foram provocados pela imploração

# Laudo aponta problemas também no Palace 1

Foto de R. M. P. / Agência

**Os problemas encontrados no Palace 1**

- 1) Falhas em elementos estruturais nos pilares, vigas e paredes
- 2) Infiltrações em algumas unidades de circulação
- 3) Infiltrações ocasionais nas áreas de piso do pavimento térreo
- 4) Infiltrações generalizadas, documentadas, de infiltrações
- 5) Infiltrações generalizadas ocasionais em algumas unidades de circulação
- 6) Dependência de levantamento externo em algumas das fachadas
- 7) Dependência do piso do pavimento térreo

**4) Sersan é intimada a fazer**

- manutenção de equipamentos
- apresentação técnica de análise de materiais, especialmente a capacidade de concreto e sua composição química
- elaboração de projeto de reforço estrutural com metodologia e seu aprovação pela Secretaria Municipal de Obras (sem de 18 dias)
- envio do relatório estrutural final e elaboração de parecer técnico conclusivo sob as condições de segurança (30 dias)
- retirada e reconposição do revestimento e do pavimento cerâmico e mozaico sobre a execução com agulheta para proteção aos habitantes (30 dias)
- recuperação das instalações elétrica e hidráulica (30 dias)

**FERNANDA DA ECOSMA**  
da sacos de areia

Um laudo técnico divulgado ontem pela Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio aponta problemas na estrutura do Palace 1 — como trincas nos pilares — e intimou a construtora Sersan a recuperar o prédio num prazo de dois meses.

Segundo o laudo, o Palace 1 — vizinho ao Palace 2, que desabou no Catavani e foi implodido no último sábado — está com trincas na base de alguns pilares, em áreas metálicas em adiantado estado de corrosão, deformações na laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e desprendimento dos revestimentos da fachada de fora para dentro.

Para os engenheiros que vistoriaram o prédio, os problemas não estruturais não foram provocados pela imploração do Palace 2.

O laudo afirma que o projeto de construção do Palace 1 é igual ao do prédio implodido, o que caracterizava uma situação de risco para a segurança de moradores.

"Chegamos à conclusão de que tem que ser feita uma obra a fim de garantir que não ocorra o colapso que aconteceu com o Palace 2", disse Manoel Igárcio, diretor de departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo ele, o Palace 1 apresenta besteira situação estrutural, Igárcio do erro no seu dimensionamento sobre as possibilidades de um desabamento de prédio.

"A partir do momento em que mantemos a estrutura e descobrimos um laudo, é porque a gente tem certeza de que tem condições de recuperá-lo. Não cogitamos poder mais um prédio, mas não temos bola de cristal para saber".

A estrutura do Palace 1 está sendo monitorada por técnicos com equipamentos especializados. O prédio, interditado desde o desabamento do Palace 2, permanecerá fechado por medida de segurança, até que as obras de reforço estrutural sejam feitas.

A construtora Sersan, deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e reforço as infiltrações hidráulicas e elétricas. A interdição foi efetuada em 24 horas a determinação da prefeitura. A Sersan poderá ser multada em até R\$ 100.000. A multa é dobrada cada dia de atraso.

A assessoria do prefeito Luiz Paulo Goulart (PT) informou que, caso a Sersan não obedeça às determinações, a prefeitura pagará as despesas da obra e cobrará indenização dos proprietários.

O laudo divulgado contém e aponta problemas e não se refere a problemas referentes ao solo firme e materiais utilizados na construção. Uma empresa, especializada em contaminação pela prefeitura para análise a composição do concreto e de outros materiais. Não há previsão para a divulgação dos laudos dos materiais e das causas do desabamento do Palace 2.

29

**PALACE I**      10anos

30

Debates no  
CREA.RJ  
Consultor da  
PMRJ

**Waldir de Mello** – Acho a pergunta muito boa porque não há nada de sensacional ou de novidade em relação à causa do desabamento. **Eu afirmo, para sintetizar, que se fossem cumpridas as normas técnicas de projeto e de construção nada disso teria acontecido.** que se viu no Palace II foi um infeliz erro de detalhamento de pilar, mas que não deu início ao processo. Na verdade, ele não começou no pilar do canto e, sim, no pilar do lado, devido a uma incorreção na taxa de armação. Foi esse pilar vizinho – com deficiências graves de concretagem e de detalhamento, além da ausência de ferros que constavam do detalhamento – que provocou tudo isso.

Em suma é, como quase sempre, uma soma das deficiências de projetos de armação com as condições de relaxamento e de desleixo com que foi feito o prédio, mas nada que não pudesse ser evitado, se as normas vigentes tivessem sido respeitadas.

Em abril de 1997 fui chamado para elaborar um Parecer Técnico de um edifício residencial na Barra da Tijuca, aqui no Rio de Janeiro....

Era uma edificação com 15 anos de idade e tinha problemas de corrosão... Mas o que mais me surpreendeu foi encontrar pilares só com armaduras longitudinais sem estribos....

Recomendei um reforço estrutural das partes afetadas ... em fevereiro de 1998 caiu o Palace II e me lembrei que a construtora daquele edifício era a Sersan de Sérgio Naia e isso foi decisivo para que o síndico do edifício seguisse à risca o que havíamos recomendado.

Bem foi a primeira e única vez que vi vários pilares armados sem estribos...

Escrevo isso porque acho que ninguém em sã consciência poderia afirmar que havia segurança naquela edificação...

Abelardo de Oliveira Júnior  
CREA-RJ 33264-D  
Rio de Janeiro-RJ



33



34

3-4 Sexta-Feira, 26 de fevereiro de 1993 coti

## Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante Nivaldo de Fátima Moura.

O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

O síndico afirmou que a obra foi feita em uma área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que oferecem risco de desabamento.

Na área térrea interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interditada, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.

Oberlaender afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlaender disse que um dos problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.



**Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio**

28 anos!

# Edifício Liberdade

Rio de Janeiro/RJ.

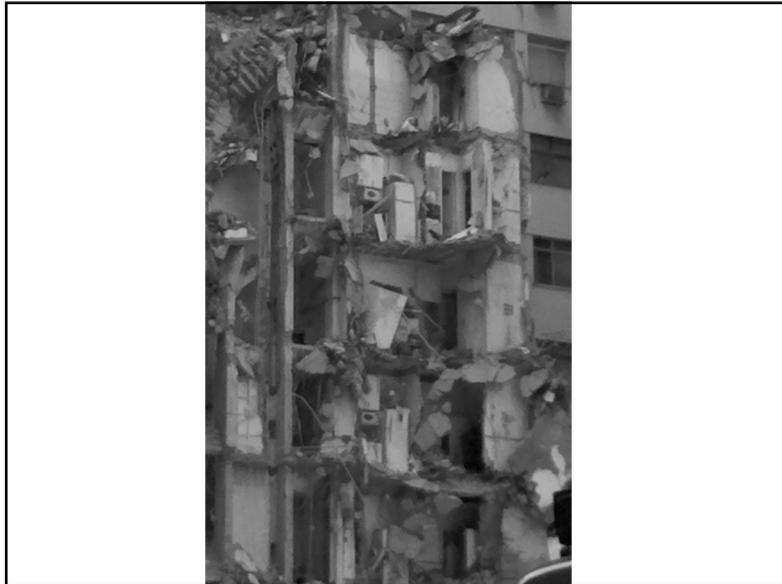
Acidente: 25/01/2012,  
quarta-feira às 20:30h.

Construção: 1938 → 1940

Idade: 72 anos

18 andares + loja + sobreloja





39



40

2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais



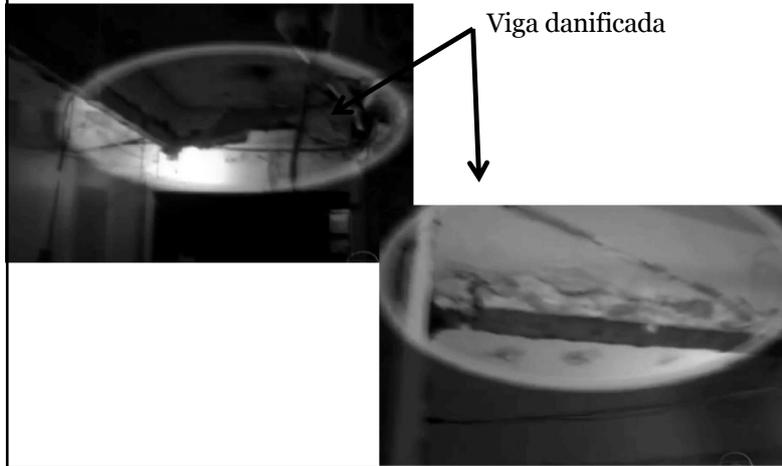
41

2) Alteração do projeto original



42

### 3) Reforma no 3º e 9º andar: danificação de elementos estruturais



### 3) Reforma no 3º e 9º andar: sobrecarga nas lajes



## **Avisos da Estrutura**

- 1) A filha do zelador disse que não gostava de dormir ali pois o prédio estalava muito à noite;
- 2) Comerciante local viu reboco da fachada deslocar: "...o revestimento da fachada caía frequentemente... pedaços na calçada...";
- 3) Pedreiro que trabalhava na obra do 9º andar constatou que frequentemente caía argamassa através do poço de elevador.

*PHD Engenharia*

45

## **Avisos da Estrutura**

- 4) Usuário do edifício contou que encontrou restos de argamassa na entrada do elevador e que isso era recente
- 5) Zelador e Síndico estavam desconformes com a extensão das reformas...
- 6) *Engenheiro disse que eram reformas sem importância e nem precisava de engenheiro no local...*

*PHD Engenharia*

46

ULTIMAS NOTÍCIAS [Dólar opera em queda e salta R\\$ 1,81 na sexta](#)

**MAIS EM RIO** [Guardas municipais vão virar zeladores do Rio](#) [CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde](#) [Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar](#) [Trem e Metrô apresentam problemas](#)

**Operários revelaram à polícia que serraram colunas do Edifício Liberdade**

Recomendar 272 recomendações. Cadastre-se para ver o que seus amigos recomendam.

Prédio foi um dos três que desabaram no dia 25 de janeiro na Cinelândia, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidos.

**STYLA VO**  
**ESKAZART**  
**RODRIGO**  
**SAECONY**  
**RENATA**  
**BARROTO**

Perfil de: **STYLA VO**  
 ID: 22942  
 Assinatura: 30472 - 004  
 Like (272)  
 Tweet (39)  
 12  
 22



Avenida Trizes de Melo, no local onde desabaram prédios no dia 25 de janeiro (BOMMEIO PIZZATO / AGENCIA O GLOBO)

**RIO** - Depoimentos dados à polícia por operários que trabalharam na reforma do nono andar do Edifício Liberdade, na Cinelândia, mostram que foram derrubados pelo menos um pilar e paredes de concreto armado. O Liberdade foi um dos três prédios que desabaram no dia 25 de janeiro, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidos.

Segundo o depoimento do operário Wanderley Muniz da Silva — a que O GLOBO teve acesso —, “todas as paredes foram derrubadas, à exceção das da sala dos arquivos da T.O. e de parte da parede que dividia as salas do lado esquerdo do banheiro”. Wanderley diz que o andar “virou

**PUBLICIDADE**

para diferentes perfis, um tipo de assinatura.

**ULTIMAS NOTÍCIAS DE RIO**

[Trem e Metrô apresentam problemas nesta manhã](#)

[Guardas municipais vão virar zeladores do Rio](#)

[CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde](#)

[Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar](#)

[Polícia apura vazamento de relatório sobre Rocinha](#)

Siga @Globo\_Rio

O Globo on Facebook  
 Like 293.415

47

## Reflexão

A legislação brasileira permite que se façam reformas internas sem a contratação de um Engenheiro, desde que não afete estruturas.

Um leigo não consegue identificar as diferenças entre alvenaria estrutural e estrutura reticulada, por exemplo e os edifícios estão envelhecendo...

Não há Justiça sem um Advogado e ...  
**Não há segurança sem um Engenheiro!**

PHD Engenharia

48

**Isso vai dar certo???**



49

**Edifício Comercial**

**2009**  
**fissuras em lajes**  
*obra nova*

50



51



**Diagnóstico:**  
Mal posicionamento de armadura  
negativa das lajes adjacentes, sobre as  
vigas, devido a pisoteio durante a  
concretagem

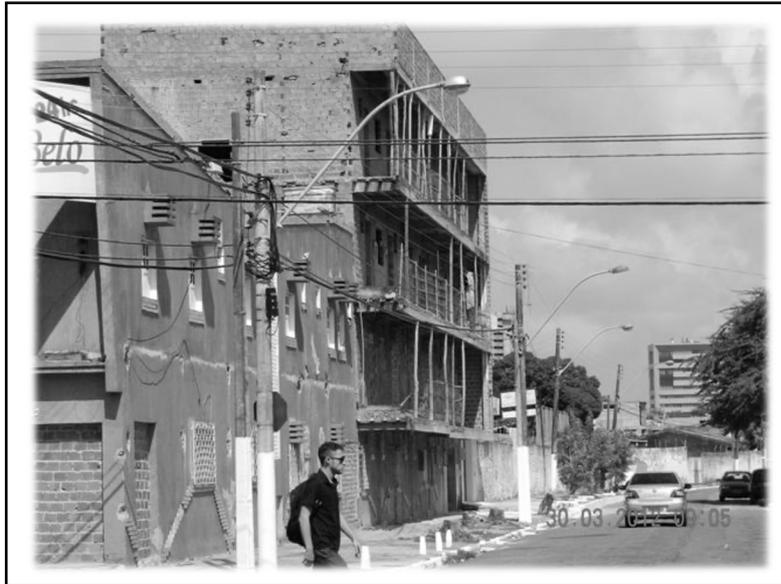
52



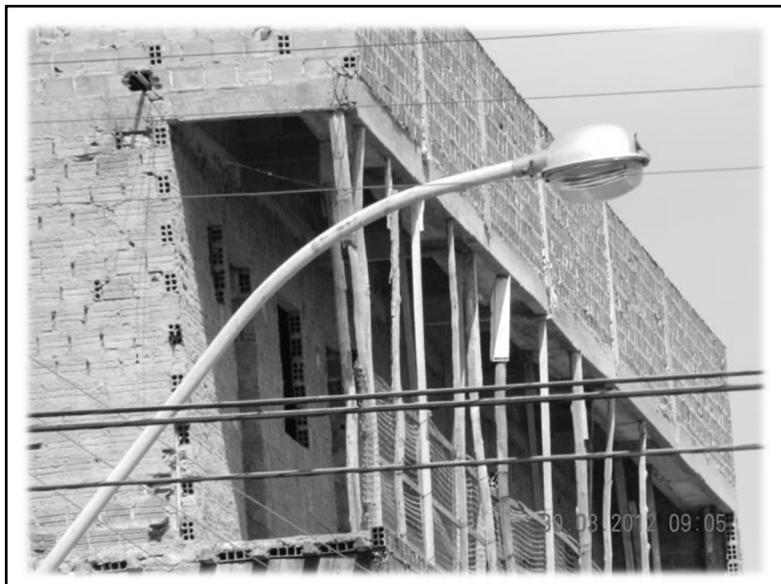
53



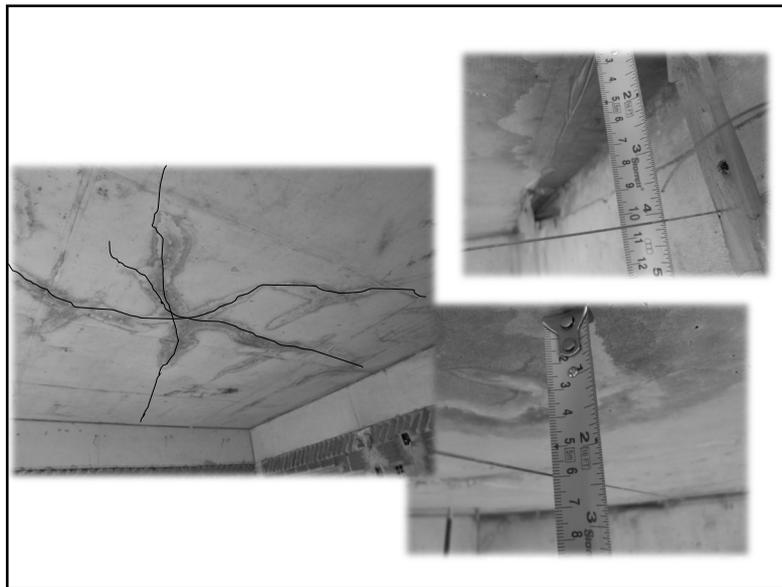
54



55



56

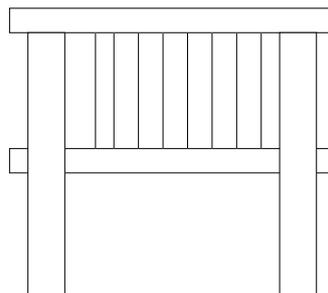


57

laje+vigas com espessura média de  
22cm → 550kg/m<sup>2</sup>

dimensionada para 150kg/m<sup>2</sup>

1 ano de idade



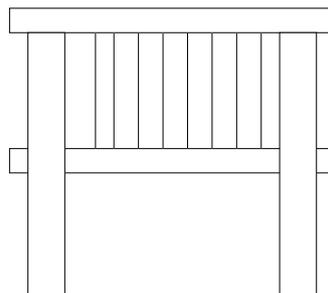
58



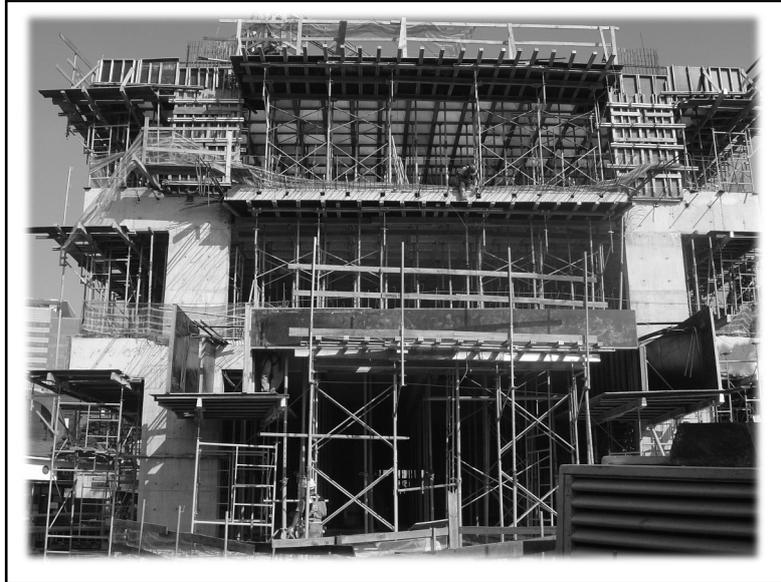
59

tem o módulo; tem o ***fck***  
mas não foi dimensionada  
para essa carga

1 ano de idade



60



61

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 1:  
bloco de fundação  
350m<sup>3</sup>  
 $f_{ck} = 35\text{MPa}$   
39 caminhões OK**

**6 caminhões  
com  $f_{ck}$  de 8MPa a 12MPa**

62



63



64



- o Motorista não percebeu?
- quem realizou o controle de aceitação do concreto deixou passar?
  - o bombista não reclamou?
- o Mestre de obras não percebeu?
  - o Engenheiro viu?

**OMISSÃO**  
**IGNORÂNCIA**  
**FALTA de COMPROMETIMENTO**



67



68

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 2:**

**edifício da Diretoria da Construtora**

**8º andar**

**$f_{ck} = 40\text{MPa}$**

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**





71



72



73



74



75



76



77



78

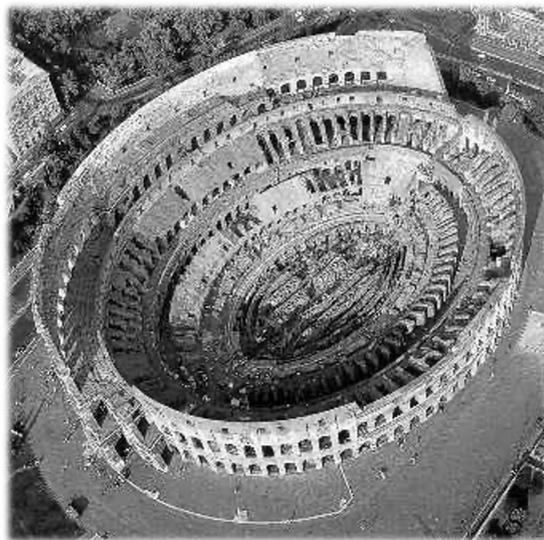
*A profissão do Engenheiro Civil  
é uma profissão de*

**“confiança pública”**

*...e confiança não se impõem,  
deve ser conquistada...*

79

A origem da  
palavra  
ENGENHARIA  
foi devida ao  
Engenheiro  
Civil.  
Vem da Roma  
antiga da  
expressão  
“*Ingenium  
Civitas*”, ou  
seja,  
engenharia das  
cidades ou  
engenharia da  
civilização.



80

## Juramento do Engenheiro

*“ Prometo sob juramento observar os postulados da ética profissional, concorrer para o desenvolvimento da técnica, da ciência e da arte e bem servir aos interesses da sociedade e da nação ”.*

*“este é o juramento dos engenheiros utilizado na colação de grau da POLI.USP”*

81

## **Engenheiro Civil**

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
- e, Complementares *(NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMs)*

que têm força de lei por conta do CDC

**F&D Engenharia**

82

A Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

*“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).”*

**PhD Engenharia**

83

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor CDC, estabelece no Capítulo IV, artigo 12:

*“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”*

no artigo 23:

*“A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.”*

**PhD Engenharia**

84

seria um caso  
de sabotagem  
??? !!!

***Dados do Edifício***

***Localização:***

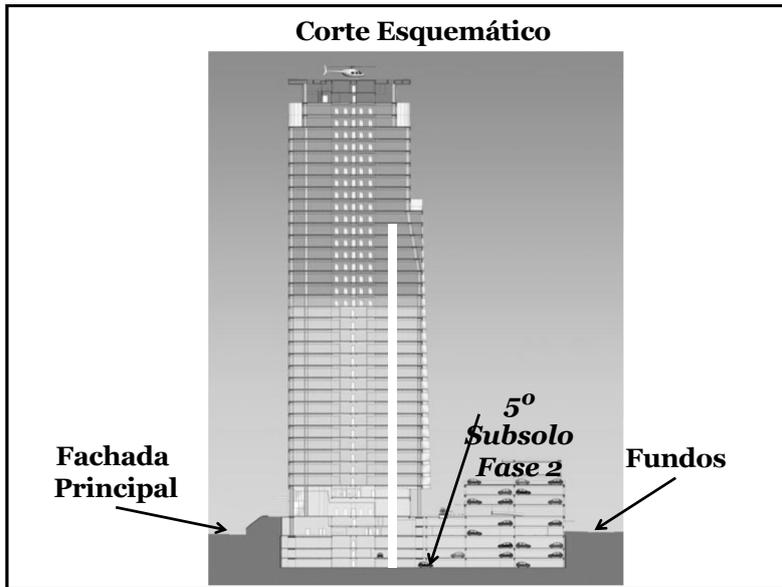
***36 pavimentos + 5 subsolos***

***Pilar P1 Esforços de projeto:***

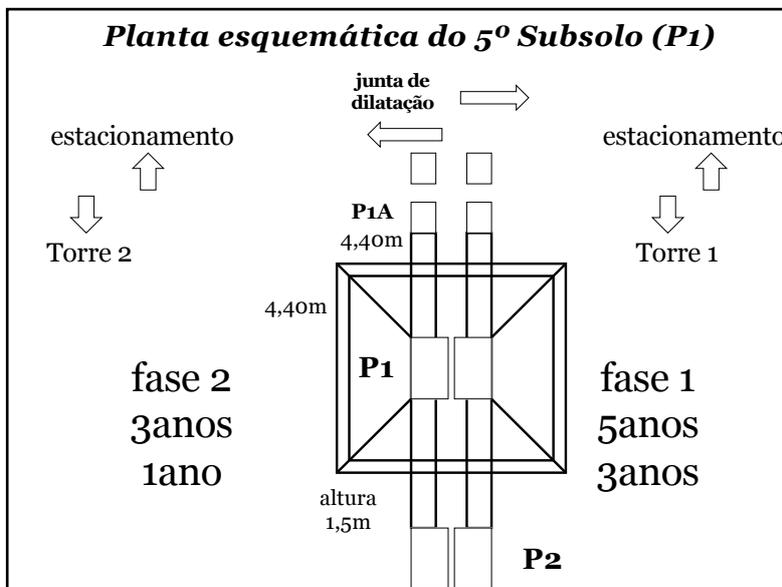
***Normal: 1.253tf***

***Mx: 55tf.m***

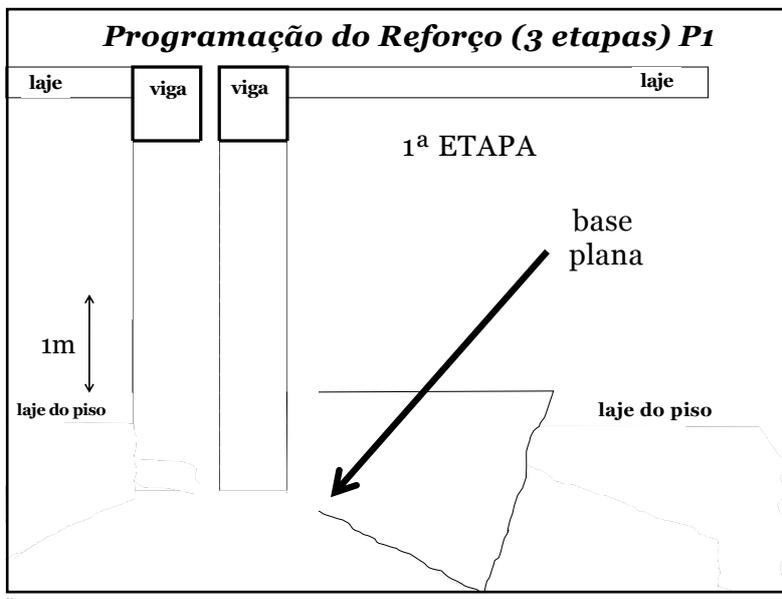
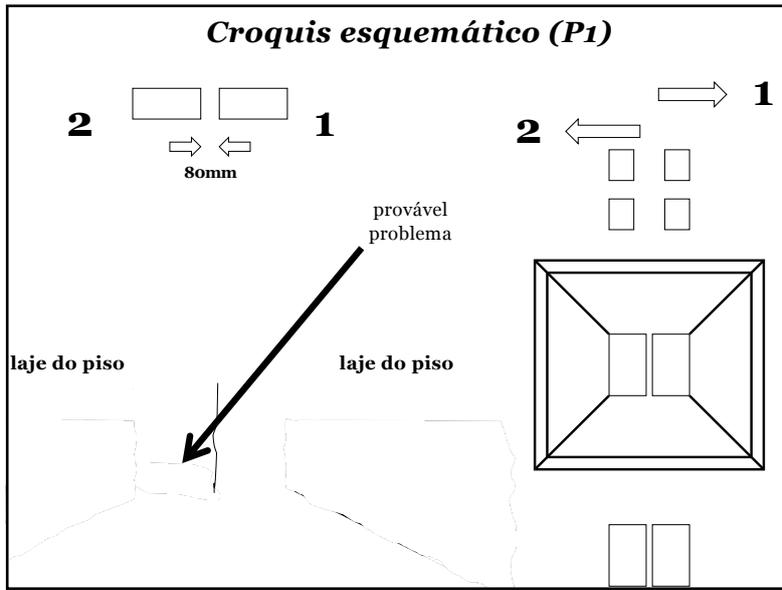
***My: 8tf.m***

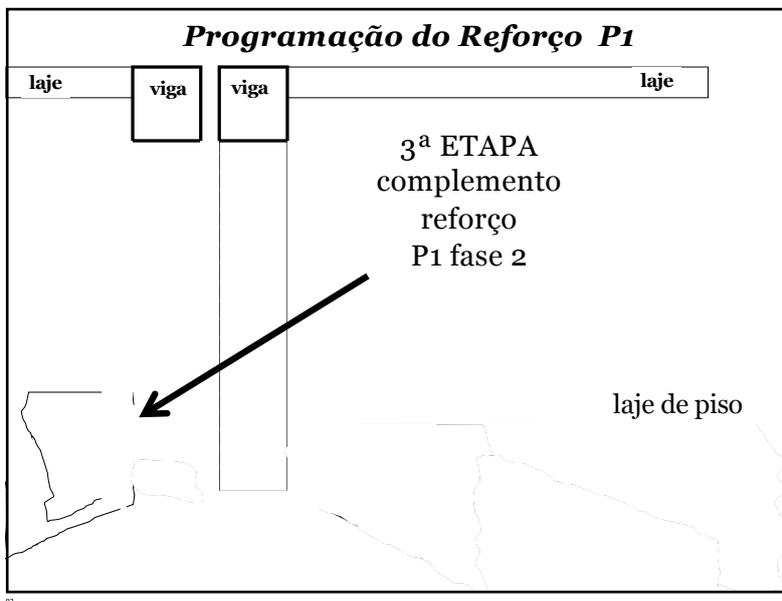
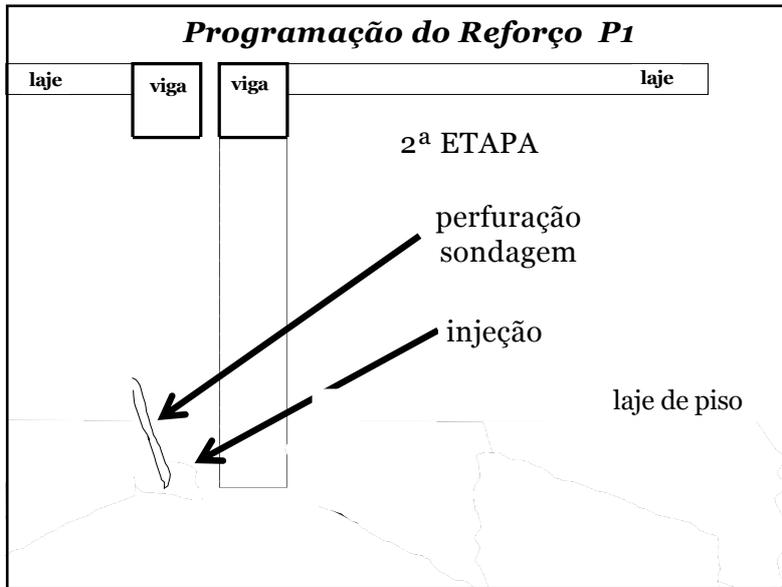


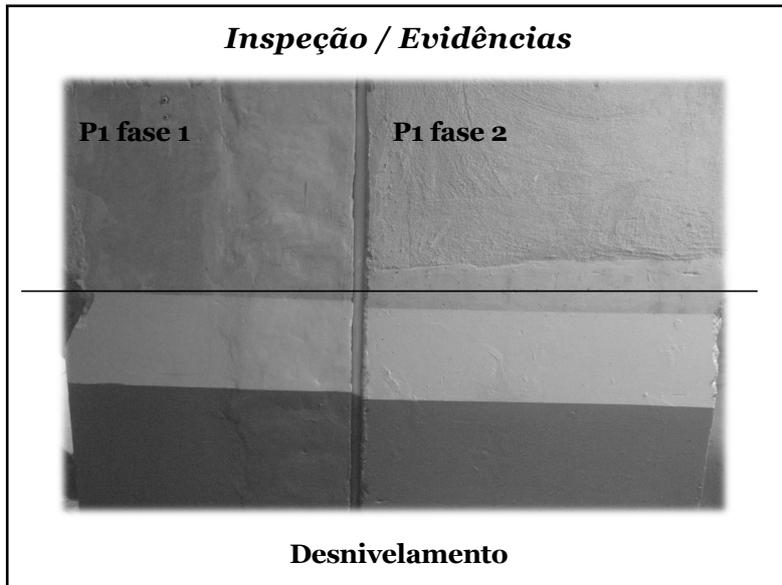
27



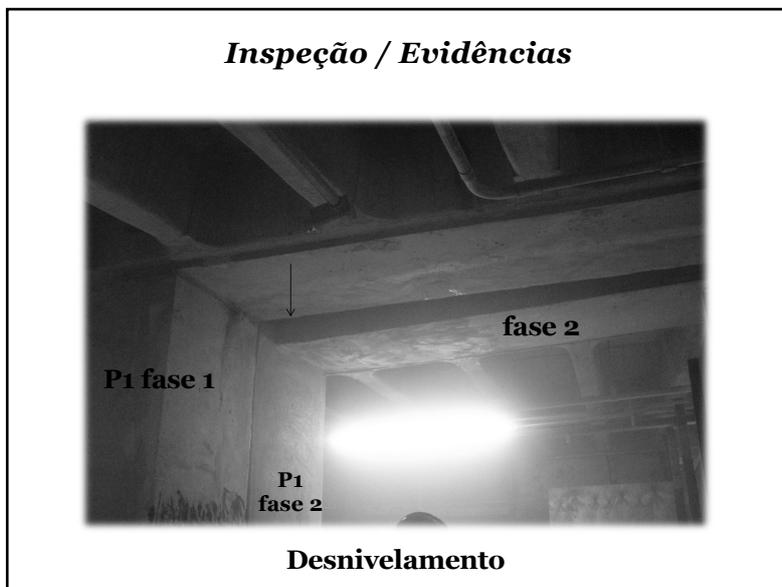
28







93



94

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

95

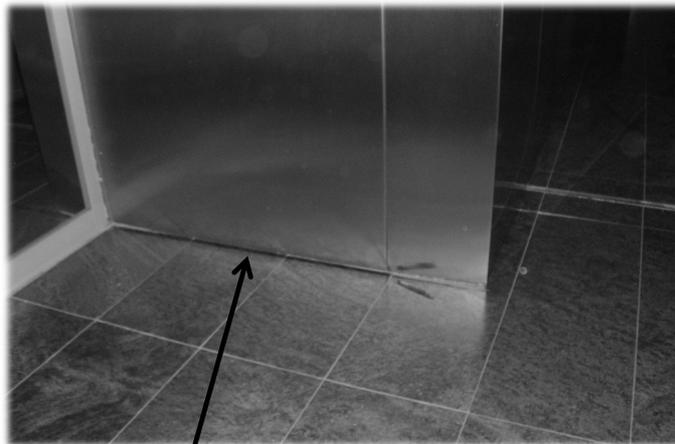
***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

96

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S2**

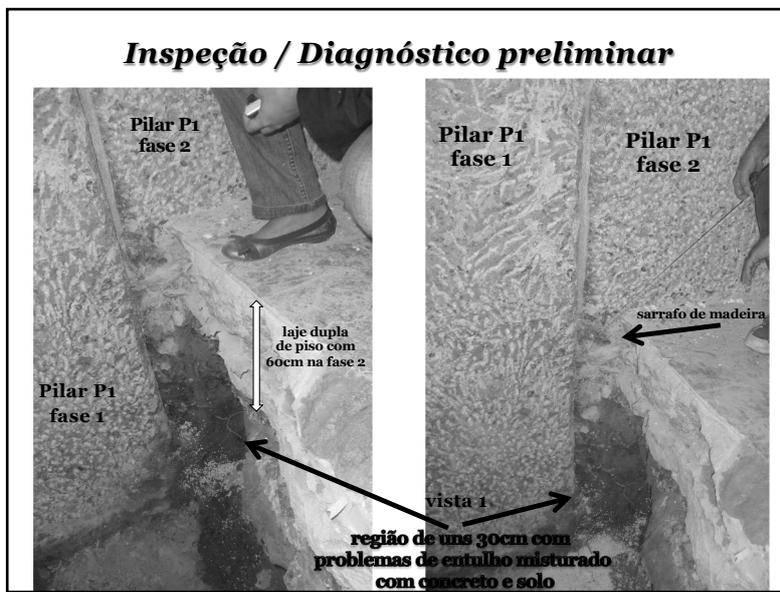
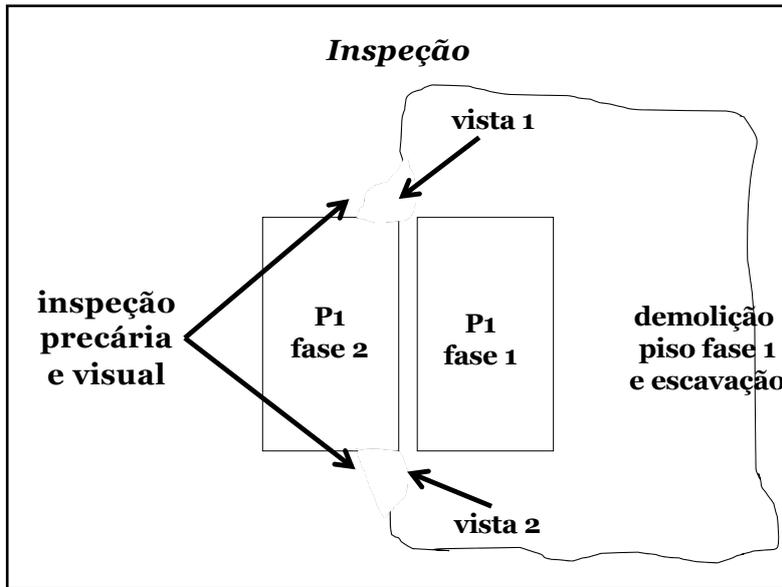
97

***Inspeção / Evidências***

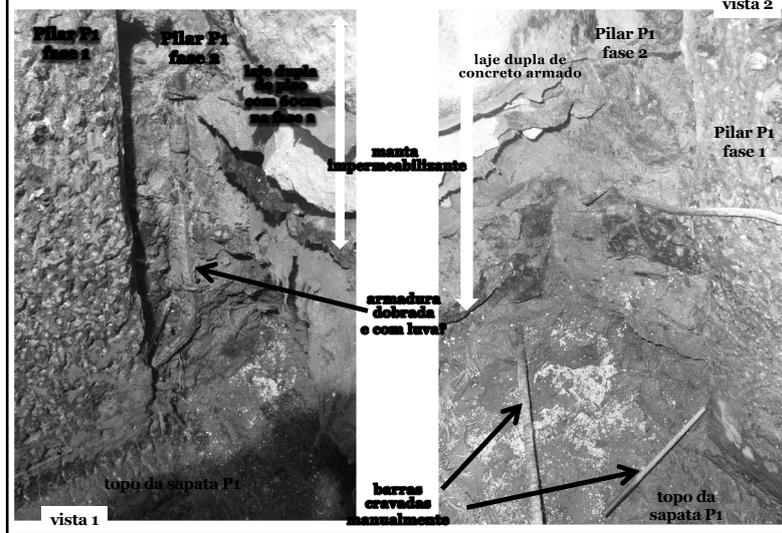


**Desnivelamento nível S3**

98



## Diagnóstico preliminar



101

## Preparação da fôrma



102



103



104



105



15/7/2011	16/7/2011	17/7/2011	18/7/2011
-----------	-----------	-----------	-----------

106

## ***Pilar P1 acabado***



107

## ***Resistência a Compressão Axial***

<b><i>Pilar</i></b>	<b><i>Resistência a compressão axial - MPa</i></b>				
	<b><i>24h.</i></b>	<b><i>2dias</i></b>	<b><i>3dias</i></b>	<b><i>7dias</i></b>	<b><i>28dias</i></b>
<b><i>P4</i></b>	<b><i>57,3</i></b>	<b><i>59,9</i></b>	<b><i>61,2</i></b>	<b><i>68,2</i></b>	<b><i>73,6</i></b>
	<b><i>59,5</i></b>	<b><i>62,4</i></b>	<b><i>63,7</i></b>	<b><i>68,8</i></b>	<b><i>73,6</i></b>
	<b><i>-</i></b>	<b><i>51,3</i></b>	<b><i>51,5</i></b>	<b><i>54,9</i></b>	<b><i>77,1</i></b>
	<b><i>-</i></b>	<b><i>52,2</i></b>	<b><i>55,5</i></b>	<b><i>57,6</i></b>	<b><i>73,8</i></b>
<b><i>Piso</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>54,1</i></b>	<b><i>46,4</i></b>	<b><i>57,4</i></b>	<b><i>75,9</i></b>
	<b><i>-</i></b>	<b><i>55,2</i></b>	<b><i>48,3</i></b>	<b><i>56,4</i></b>	<b><i>74,3</i></b>

108

# *Hipóteses prováveis...*

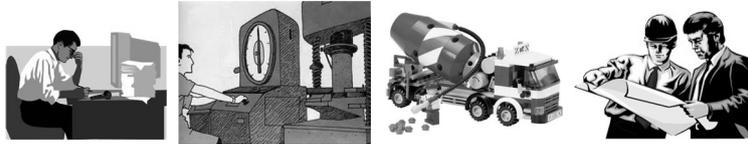
109

## *Hipóteses prováveis...*



110

## ***A origem e os intervenientes***



**projetista  
estrutural  
“executivo”**

**tecnologista  
de concreto**

**fornecedor do  
material**

**construtor  
(execução)**

***atribuição de responsabilidades  
NBR 12655:2006***

111

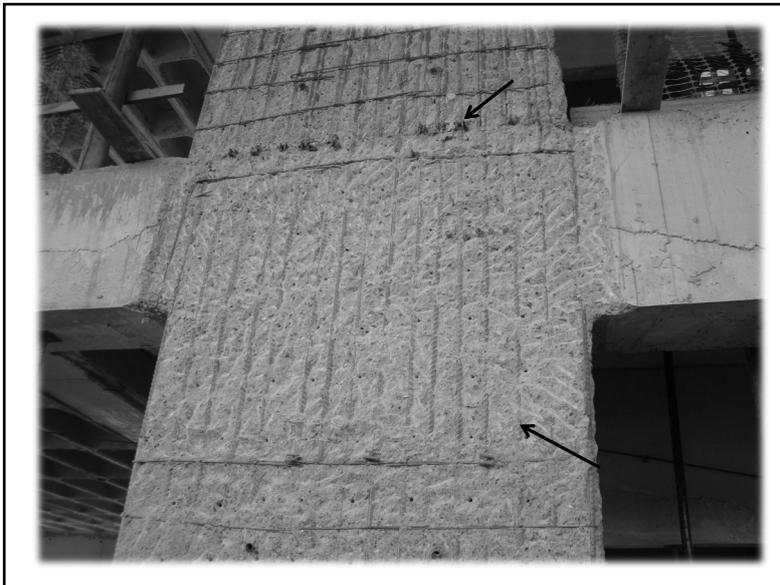
**Edifício Habitacional**

**armadura de  
pilares  
*obra nova***

112



113



114



115



116

# Qual o papel do Construtor?

117

- ✓ Tornar realidade um Projeto
- ✓ Compatibilizar sonhos (projetos)
- ✓ Realizar expectativas
- ✓ Liderar operários (dar o exemplo, saber fazer, dar importância ao que eles fazem)
- ✓ Não é só gerenciar, nem projetar!

118

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade

119

**outro caso  
desastroso!**

*F&D Engenharia*

120

LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES				
PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	- 16 %
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	- 4 %
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	- 33 %
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	- 19 %
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+ 56 %
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	- 10 %

122

Registrado em 06 de abril de 2011. Livro: 010/ENG.				
				diferença
10	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	- 39 %
11	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+5 %
12	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
13	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	+8 %
14	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
15	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
16	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
17	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
18	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
19	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	+2 %
20	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+56 %
21	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	- 37 %
22	("25" x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	- 10 %
23	("25" x "208")	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	- 30 %
24	("25" x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	- 21 %
25	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	- 22 %

Obs: Foi constatado que todos os estribos possuíam bitolas de 4,2mm com espaçamento entre eles de 15cm exceto o pilar P15 que possui estribos de 6.3mm e espaçamento igual aos demais.

122



122

## **Edifício Real Class**

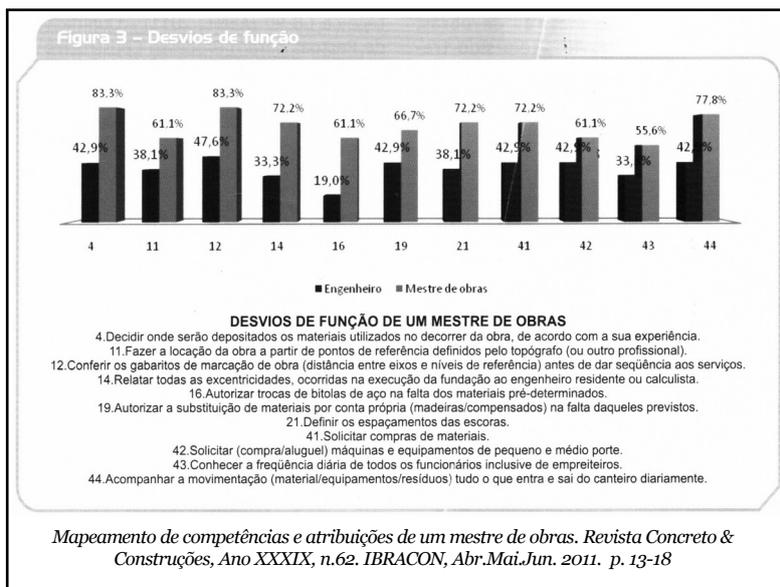


***Belém do Pará***

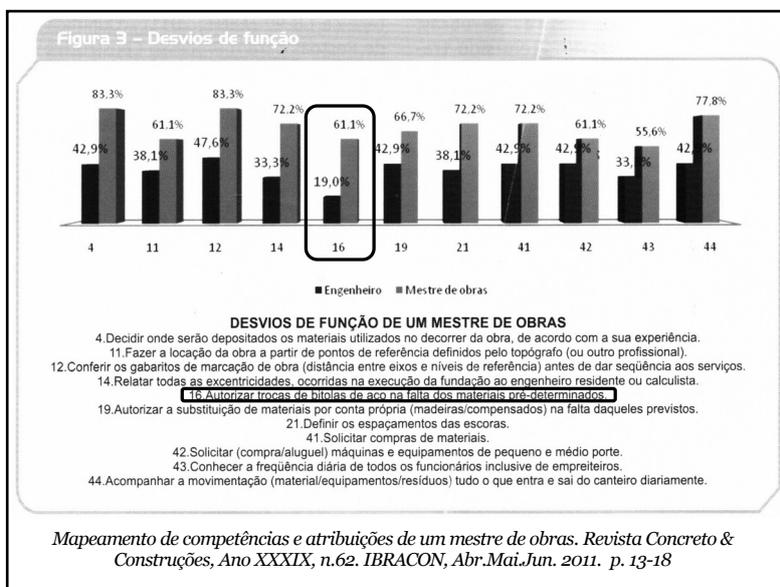
***34 pavimentos***

***105m 20.01.2011 35MPa***

124



125



126

**Edifício Habitacional**

**concretagem  
de pilares**  
*obra nova*

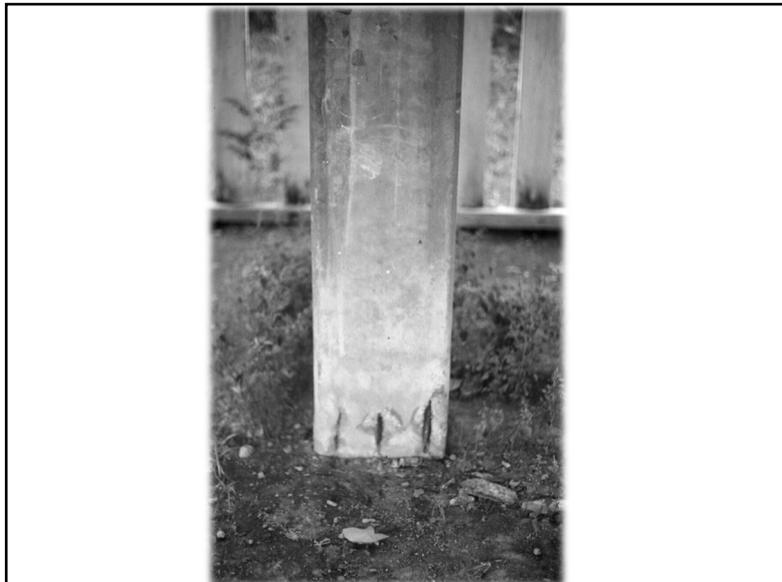
127



128



129



130



131



132

## **CONSTRUTOR**

precisa ter consciência  
de que a consequência  
de seus atos pode levar  
anos para aparecer!

133

## **Edifício Areia Branca**

Recife, Pernambuco  
14 de outubro de 2004  
quinta-feira às 20:30h  
1977 → 1979  
25 anos  
12 andares + térreo + 1 garagem

134



135



136

## Cronologia

- 10 → domingo → estrondo;
- 12 → terça → síndico ao estacionar observa alagamento e fissuras na parede da cisterna
- 13 → quarta → calculista inspeciona: fissuras vigas, esmagamento alvenaria. Recomenda reforçar
- 13/14 → quarta/quinta → muitos ruídos de rupturas metálicas secas não deixam moradores dormir
- 14 → quinta 1:30h da madrugada → Síndico registra ocorrência e chama defesa civil
- 14 → quinta 2:40h → Defesa civil inspeciona e não encontra evidências.

137



Vista geral do subsolo

138



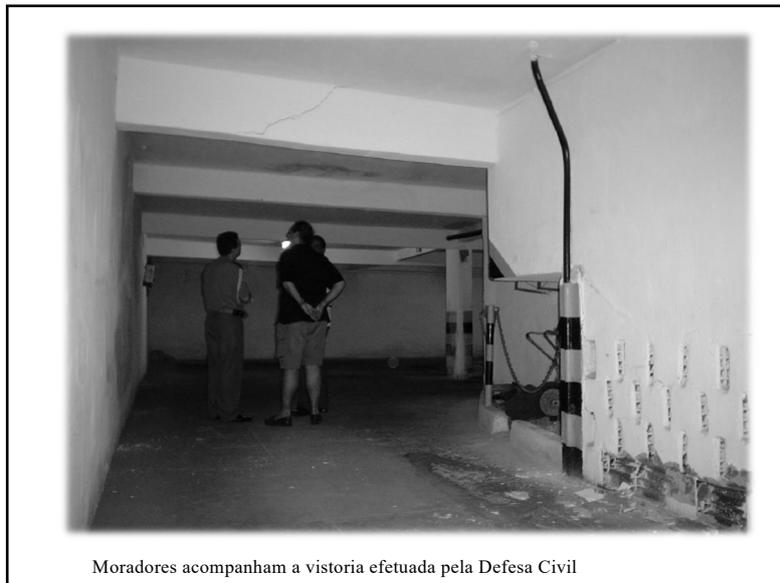
Trinca na viga do teto do subsolo junto a cisterna

139



Vista geral do reservatório inferior (cisterna) e alagamento

140



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

141

## Cronologia

- 14 → quinta 8h → Síndico e moradores decidem deixar o prédio
- 14 → quinta de manhã → Síndico desliga elevadores e esvazia os reservatórios de água
- 14 → quinta 10:20h → Defesa civil inspeciona o prédio junto com moradores. Calculista e empresa de reforço aguardam no local autorização para iniciar trabalhos
- 14 → quinta 15h → início dos trabalhos com escavação dos pilares centrais junto à cisterna
- 14 → quinta 17h → fissura aparece na viga de contorno, escavação de 1,40m mostra armaduras flambadas no pilar
- 14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e

142

## Cronologia

- 14 → quinta 8h → Síndico e moradores decidem deixar o prédio
- 14 → quinta de manhã → Síndico desliga elevadores e esvazia os reservatórios de água
- 14 → quinta 10:20h → Defesa civil inspeciona o prédio junto com moradores. Calculista e empresa de reforço aguardam no local autorização para iniciar trabalhos
- 14 → quinta 15h → início dos trabalhos com escavação dos pilares centrais junto à cisterna
- 14 → quinta 17h → fissura aparece na viga de contorno, escavação de 1,40m mostra armaduras flambadas no pilar
- 14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e

142



144

## Cronologia

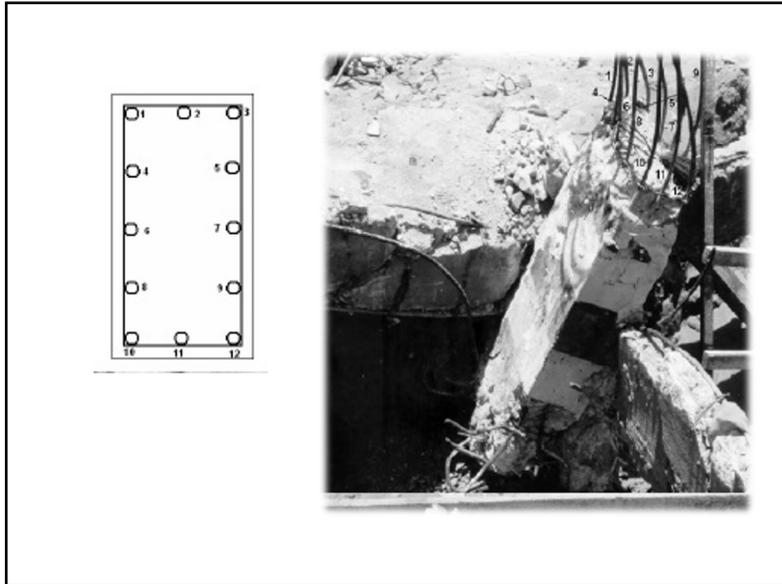
- 14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e graute. Escavação do segundo pilar que estava íntegro
- 14 → quinta 20:20h → segundo pilar apresenta estrondo e o concreto começa a destacar e fissurar. Operários e uma moradora que acompanhava os trabalhos correm para a rua;
- 14 → quinta 20:25h → uma série de estrondos precede o desabamento do edifício que dá uma “paradinha” no 6 andar, gira uns poucos graus e segue desmoronando-se;
- 14 → quinta 20:30h → edifício totalmente desabado, 4 vítimas e inúmeros sonhos destruídos

140

## Diagnóstico

- ✓ Projeto de acordo com NB 1 / 1960
- ✓ 30 pilares (6 x 5)
- ✓ Sapatas diretas a -1,8m
- ✓ Pescoços de pilares contraventados por cinta 10cm x 40cm
- ✓  $\sigma_R = 135 \text{ kgf/cm}^2 = 13,5 \text{ MPa}$  média = 15MPa
- ✓ Cobrimentos de 1,5cm em pilares
- ✓ Pilares 20cm x 50cm
- ✓ 12 barras de 16mm com estribos de 4,2mm cada 15cm
- ✓ Corrosão dos estribos e flambagem da armadura

140



147



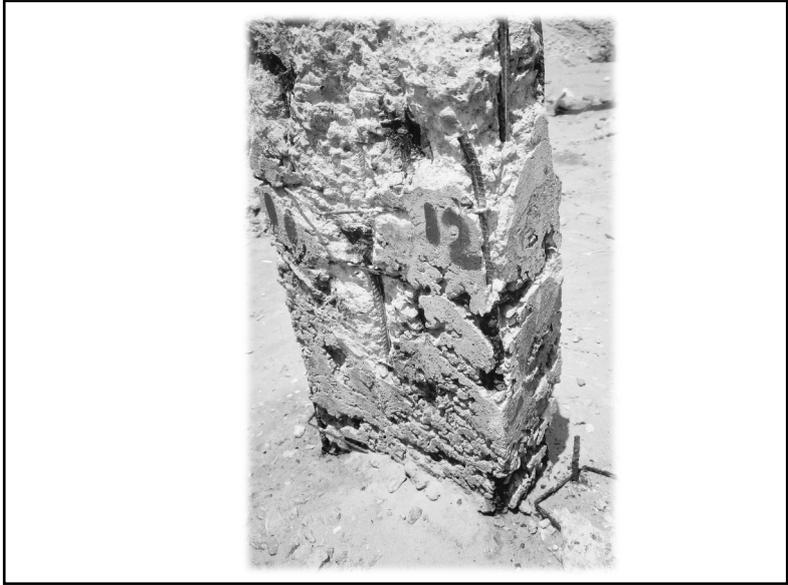
148



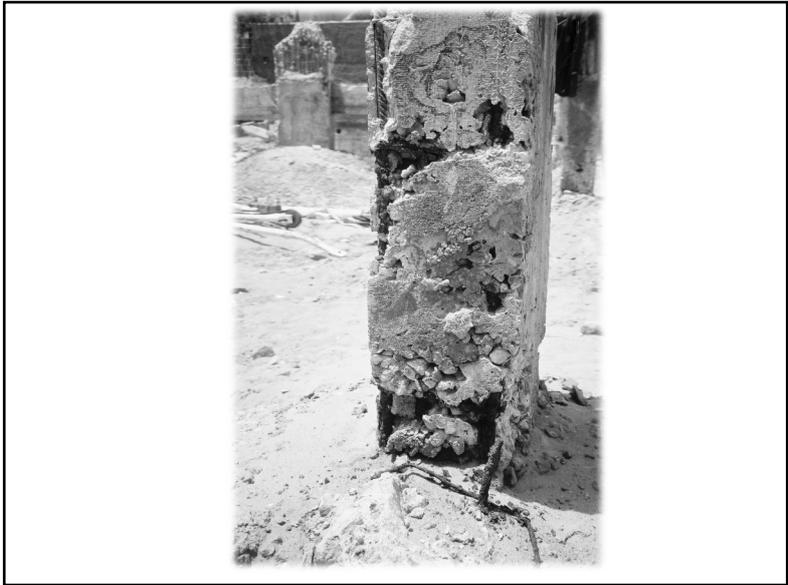
146



150



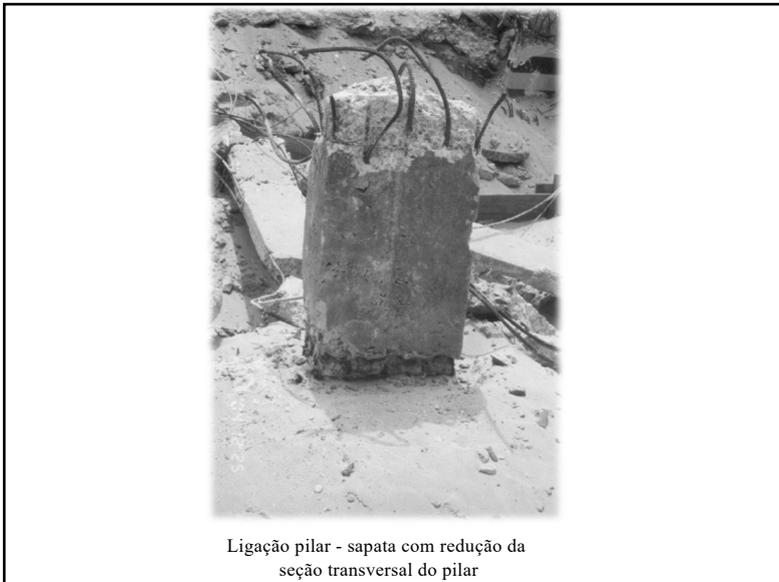
151



152



153



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

154



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

155



> 20cm!!!



156

## **CONSTRUTOR**

precisa ter consciência  
de que a consequência  
de seus atos pode levar  
anos para aparecer!

157

## **CONSTRUTOR**

precisa ter consciência  
de que as consequências  
de seus atos podem ser  
desastrosas e onerosas!

158

# Qual a MISSÃO do Engenheiro?

PhD Engenharia

159

## CASO FÁBRICA BANGLADESH

### Fábricas de Bangladesh ignoraram alerta de risco um dia antes de desabamento

Manufaturas desrespeitaram ordem da polícia para esvaziar prédio que apresentava rachaduras visíveis; mais de 220 foram mortos em desabamento

IG São Paulo 25/04/2013 09:34:17 - Atualizada às 25/04/2013 12:42:33

+1 0 Tweet 26 Recomendar 6

Um dia antes do **desmoronamento de um prédio em Bangladesh**, que deixou ao menos 228 mortos, a polícia havia ordenado que o edifício fosse esvaziado por causa de rachaduras profundas visíveis nas paredes. Entretanto, as fábricas de roupa que funcionavam dentro do local ignoraram a ordem e mantiveram mais de 2 mil funcionários trabalhando, informaram autoridades nesta quinta-feira (25), quando **40 sobreviventes** foram encontrados em cômodo no quarto andar.

**4º andar: Equipes de resgate encontram 40 sobreviventes em prédio de Bangladesh**

A tragédia no subúrbio de Savar, em Daca, aconteceu menos de cinco meses após um **incêndio** que deixou 112 mortos em uma fábrica de roupas e revelou as condições de segurança precárias nas quais trabalham os funcionários nessas oficinas de costura que produzem peças de roupa para o mundo inteiro. Algumas das empresas do edifício que caiu afirmam que entre seus clientes estão gigantes do varejo como o Wal-Mart.

<http://ultimossegundo.ig.com.br/mundo/2013-04-25/fabricas-de-bangladesh-ignoraram-alerta-de-risco-um-dia-antes-de-desabamento.html>

160

## Tragédia



<http://ultimosegundo.ig.com.br/mundo/2013-04-25/fabricas-de-bangladesh-ignoraram-alerta-de-risco-um-dia-antes-de-desabamento.html>

161

**Precisa saber  
“ouvir” o grito das  
estruturas !**

*PhD Engenharia*

162

**...só vai ouvir se  
estiver capacitado  
e se houver  
inspeção  
periódica...**

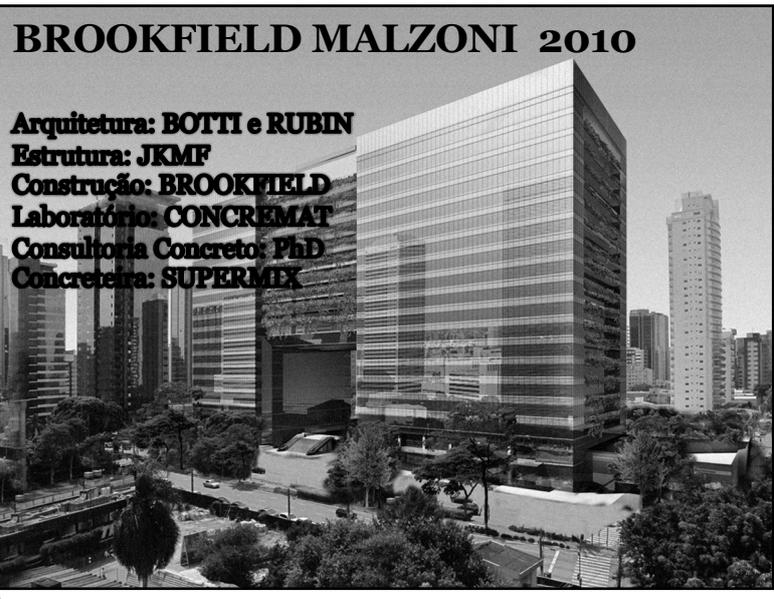
*PhD Engenharia*

163

**OBRAS NOVAS !  
PROFILAXIA !**

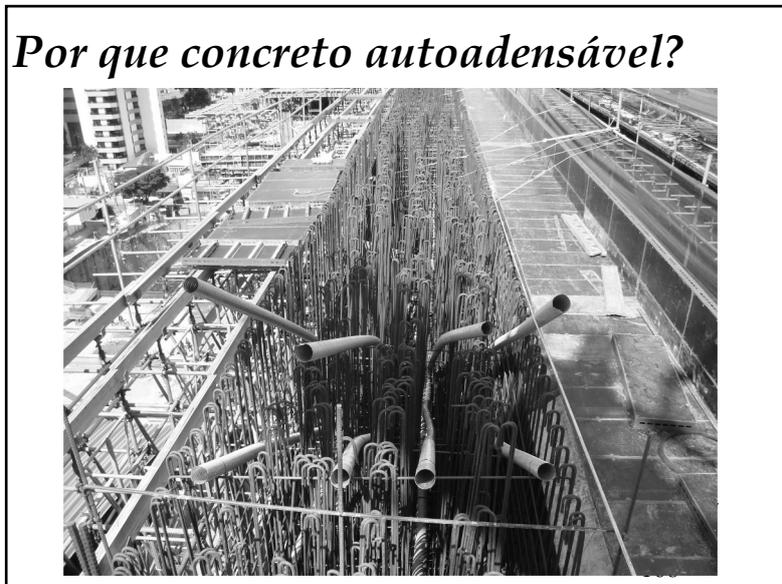
*PhD Engenharia*

164



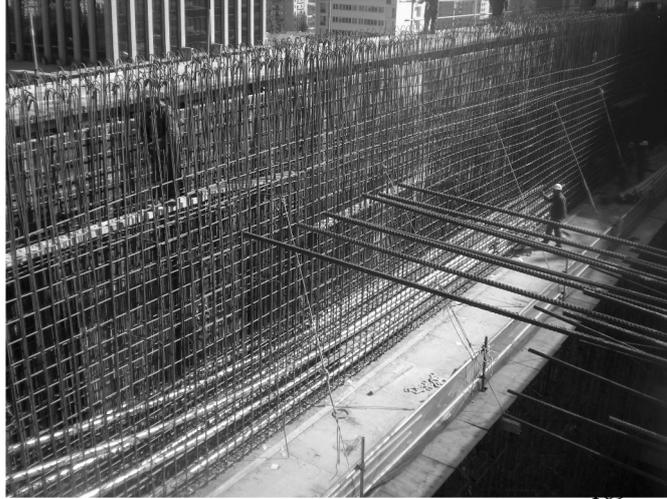


157



158

*Por que concreto autoadensável?*



169

*Acompanhamento técnico*



Bomba A

Bomba B

**lançamento**

170

170

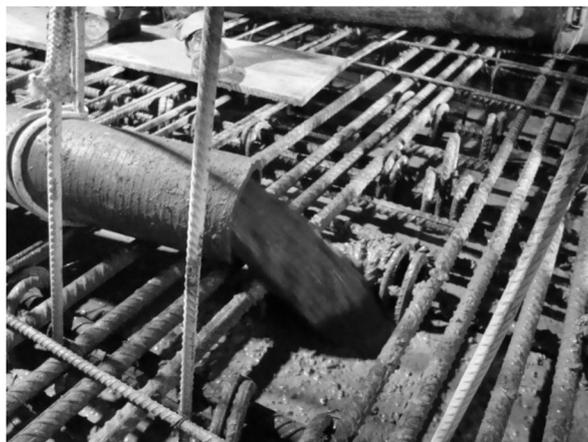
*Acompanhamento técnico*



**lançamento**

171

*Acompanhamento técnico*



**lançamento**

172

## *Estudo Térmico*

**temperatura do  
concreto na obra**



**temperatura do  
concreto dentro do  
caminhão betoneira**

173

## *Acabamento*

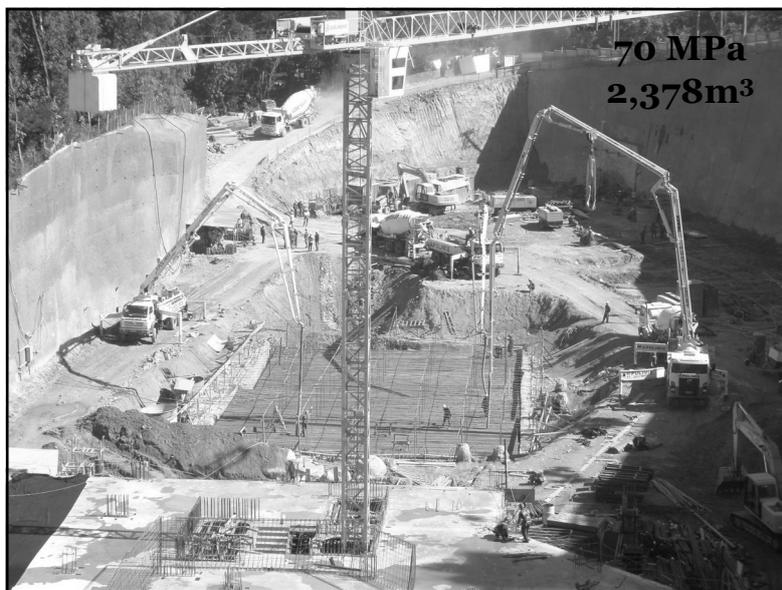


174

## Acabamento



175



176

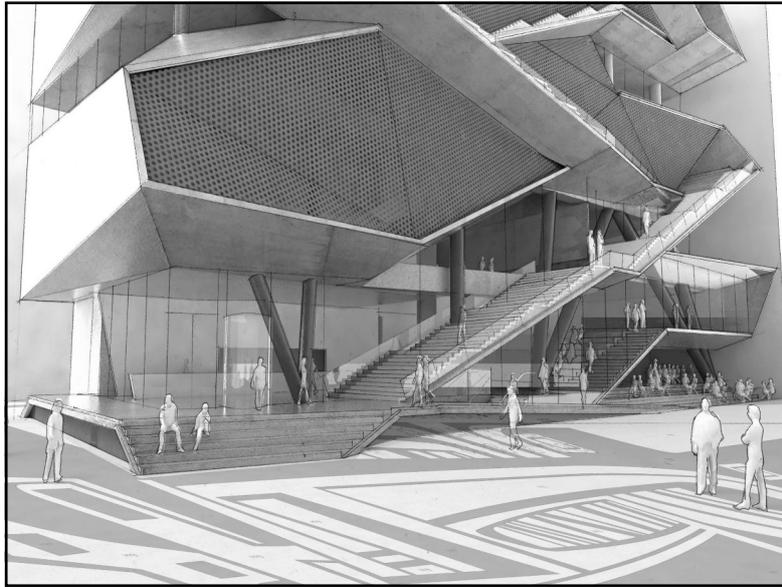




179



180

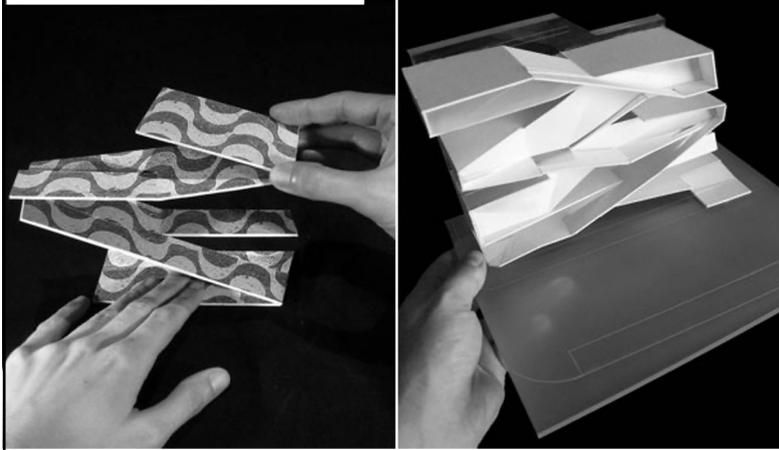


181



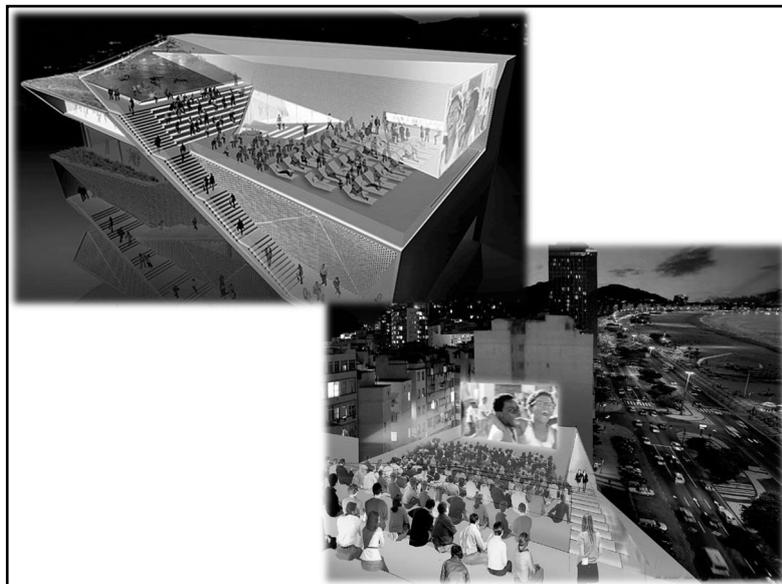
182

# Concepção



PhD Engenharia

182

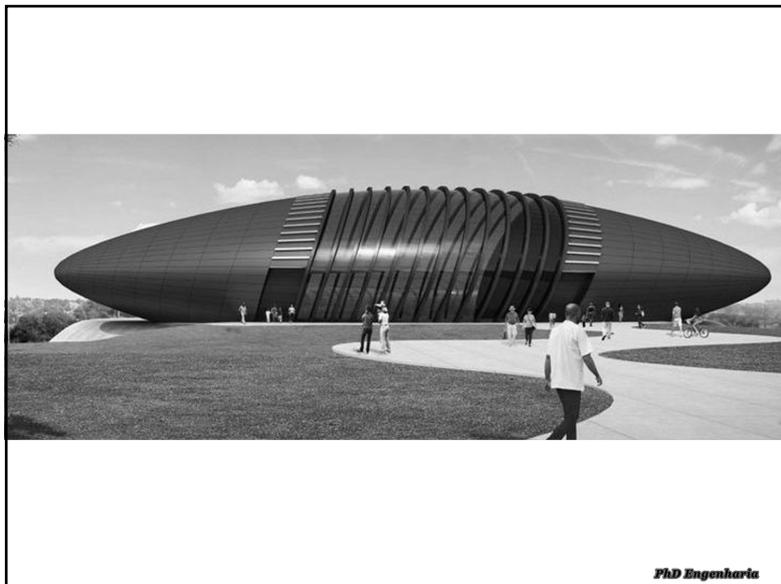


184

# Aquário do Pantanal - MS



185

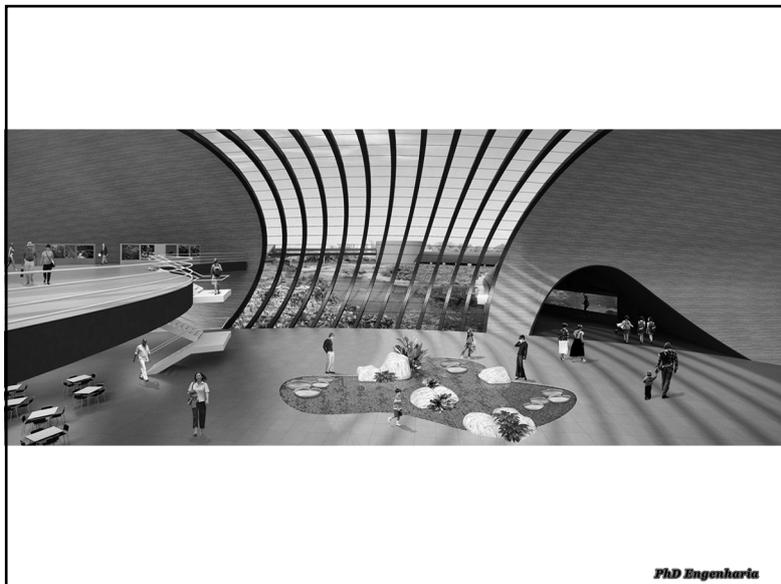


*PHD Engenharia*

186



127



128



149

### **Avanços em Concreto**

- **É possível não ter problemas**
  - **Necessita estudos prévios**
- **Necessita gerenciar a qualidade**
  - **Necessita ter visão sistêmica**
    - **É um trabalho de equipe**
- **Precisa conhecer e bem usar normas e documentos existentes**

150

**Comprometimento!**

**Do your best!**

*PhD Engenharia*

151

**Obrigado !**



152