



Estructuras de Concreto Lecciones Aprendidas de Accidentes y Fallas



Paulo Helene

*Conselheiro IBRACON
Diretor PhD Engenharia
Miembro Red PREVENIR CATED
fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
M.Sc. PhD Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
Presidente Asociación Latinoamericana de Control de Calidad y Patología
ALCONPAT Internacional*

2º Congreso ALCONPAT

18, 19 y 20 de setembro de 2012

Paraguay

**Errores, Fallas,
Omisiones, Colapsos,
Accidentes,
Frustraciones, Retrasos,
Constreñimientos,
Decepciones,
Vergüenza...**

PhD Engenharia

“Duro” Aprendizaje!

PhD Engenharia

“Duro” Aprendizaje!

vitórias/soluciones/desafios

PhD Engenharia

Robert Stephenson discurso de posse presidência Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha. 1856:

“...tenho esperança de que todos os acidentes e problemas que tem ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados.

Nada é tão instrutivo para jovens e experientes engenheiros como o estudo dos acidentes e da sua correção.

O diagnóstico desses acidentes, o entendimento dos mecanismos de ocorrência, é mais valioso que a descrição dos trabalhos bem sucedidos.

Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação , discussão e divulgação desses problemas através desta reconhecida Instituição...”

PhD Engenharia

5

✓ Postura dos Organizadores deste evento

✓ com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

6

✓ Postura dos Organizadores

✓ compareço aqui com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

7

✓ Postura dos Organizadores

✓ com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

8

✓ **Postura dos Organizadores**

✓ **com experiência de um
CONSTRUTOR**

✓ **conhecimento de quem atende
casos de colegas**

✓ **com a humildade de quem já
errou...**

PhD Engenharia

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

PhD Engenharia



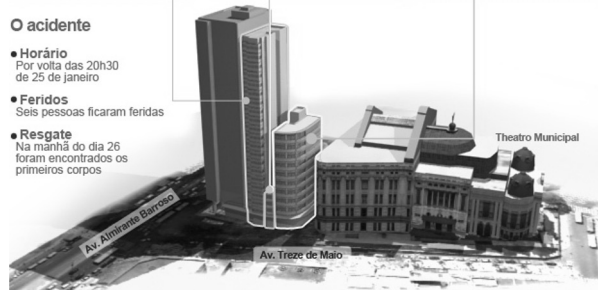
Reação em cadeia

A queda dos 3 prédios no Centro do Rio

| Edifício Liberdade* | Edifício 13 de maio, nº 40 | Edifício Colombo |
|---|--|---|
| Andares: 20 | Andares: 4 | Andares: 10 |
| Padrão: Comercial* | Padrão: Comercial | Padrão: Comercial |
| Construção: 1940 | Construção: 1936 | Construção: 1936 |
| Estrutura: 18 pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja | Estrutura: 4 pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja | Estrutura: 10 pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja |
| Empresas: Várias, como no ramo turismo, de traduções e de RH | Empresas: Tinha uma loja de produtos naturais | Empresas: Agência bancária do Itaú no subsolo |
| Endereço: Avenida 13 de Maio, 44 *Zelador morava no térreo | Endereço: Avenida 13 de Maio, 40 | Endereço: Avenida 13 de Maio, 38 |

O acidente

- **Horário**
Por volta das 20h30 de 25 de janeiro
- **Feridos**
Seis pessoas ficaram feridas
- **Resgate**
Na manhã do dia 26 foram encontrados os primeiros corpos



Fonte: Globo G1

PhD Engenharia

13



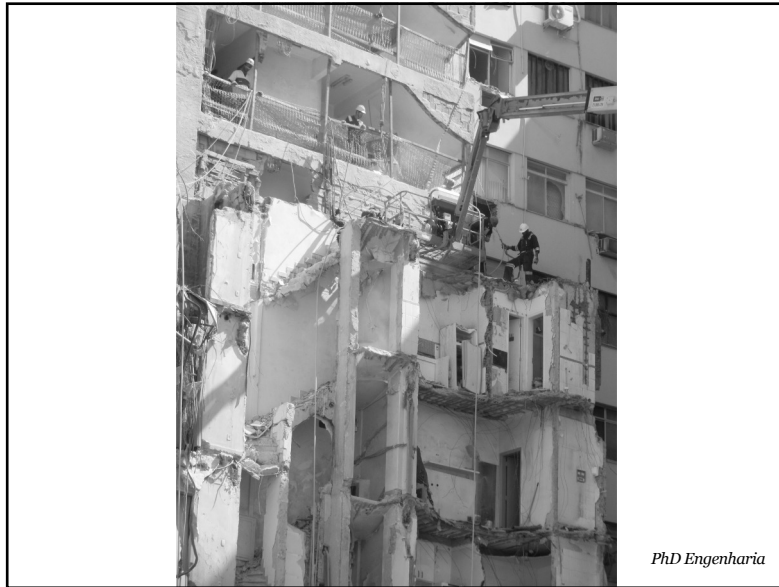
-17 mortos no acidente;



Ed. Liberdade – Rio de Janeiro/RJ

26/01/2012

14



PhD Engenharia

15



PhD Engenharia

16



PhD Engenharia

27



PhD Engenharia

28



PhD Engenharia

19

Hipóteses

- 1) Alteração de uso:
Carga atuante em edifícios residenciais: 150kg/m^2 (promedio mundial em 1938)

Carga atuante em edifícios de oficinas: 350kg/m^2 (promedio mundial em 2010)

Demolição de paredes portantes

PhD Engenharia

20

Colapso

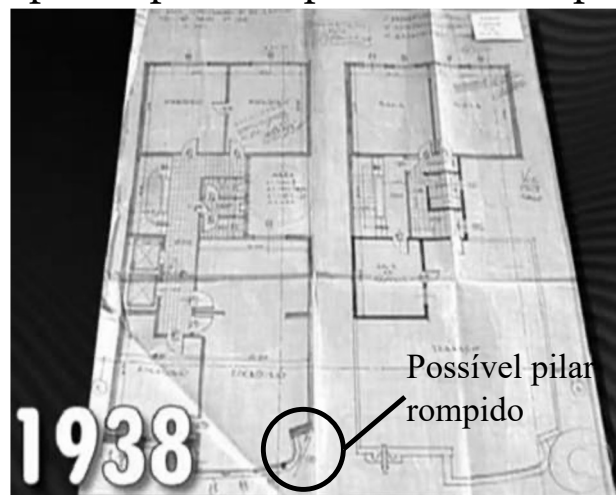
- 1) Parecer encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

Hipóteses

- 1) Alteração de uso: inicialmente projetado para ser residencial mas posteriormente usado como escritórios;
- 2) Alteração do projeto original, resultando sobrecargas não previstas;
- 2) Reforma no 3º e 9º andar: sobrecarga e danificação de elementos estruturais; *PhD Engenharia*

21

Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



PhD Engenharia

22

2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais



23

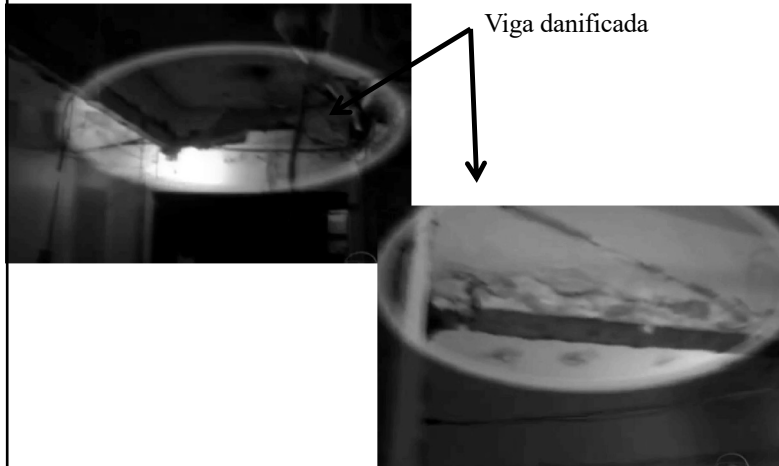
2) Alteração do projeto original



PhD Engenharia

24

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 caía argamassa através do poço de elevador.

PhD Engenharia

27

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

28

ULTIMAS NOTÍCIAS [Pólis - Uniter agora em assedia e não, R\\$ 1,83 na venda](#)

MAIS EM RIO [Guardas municipais vão virar zeladores do Rio](#) [CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde](#) [Após bate-boca, deputados 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 desaparecidas.

GUÍSTAVO SOUZA 207
RODRIGO GALVÃO
DEBORA BORGES 170

05/04/2016
 20/04/12 - 23h42
 #edifício
 20/04/12 - 0h04
 Like (272)
 Tweet (38)

13
14



Foto: Agência de Notícias do 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 desaparecidas.

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, deputados agora decidem se calar](#)

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

Siga @Globo_Rio

O Globo on Facebook
Like 293,415

PhD Engenharia

29

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.

Além disso os edifícios estão envelhecendo...

Não há Justiça sem um Advogado e ...

...Não há segurança sem um Engenheiro!

PhD Engenharia

30

Edifício Senador

São Bernardo do Campo/SP.

Acidente: 06/02/2012,
segunda-feira às 19:30h.

Construção: 1978

Idade: 34 anos

13 andares + térreo + subsolo

PhD Engenharia

31



Ed. Senador – São Bernardo do Campo/SP

Dia seguinte ao acidente

32



Ed. Senador – São Bernardo do Campo/SP

Dia seguinte ao acidente

33

Possíveis causas

- 1) Infiltrações na laje de cobertura ocasionaram a corrosão das armaduras;
- 2) Sobrecarga na laje.

PhD Engenharia

34

Edifício na Rússia

**Astrakhan /Rússia.
Acidente: 27/02/2012.
8 andares + térreo**

PhD Engenharia

35

Edifício na Rússia



PhD Engenharia

36

Explosão de gás teria destruído os 4 andares inferiores do edifício



Astrakhan / Rússia

Momento do acidente

37

Sem sustentação, andares superiores vem abaixo



38

Destruição e mortes



PhD Engenharia

39

Implosão sem dinamite



PhD Engenharia

40

Cabo de corte?



41

Estrutura preparada

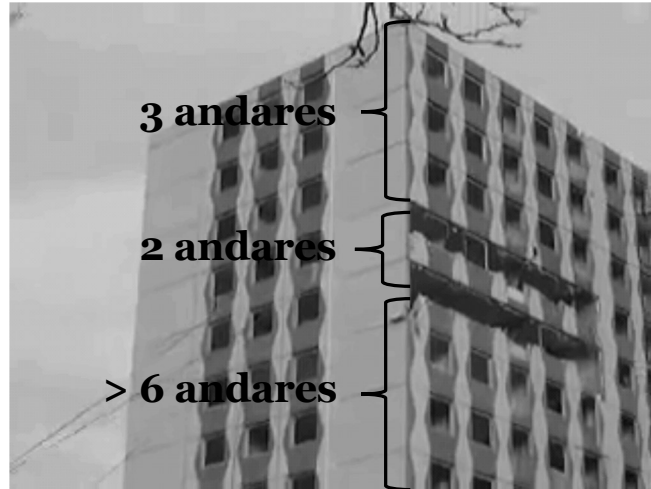
-Nota-se que toda a estrutura do prédio foi preparada para o evento:

1. Fica claro a remoção de alvenaria da fachada para induzir o colapso nesses andares;
2. Também nota-se uma linha como uma “junta de dilatação” no meio do prédio.

PhD Engenharia

42

Estrutura preparada

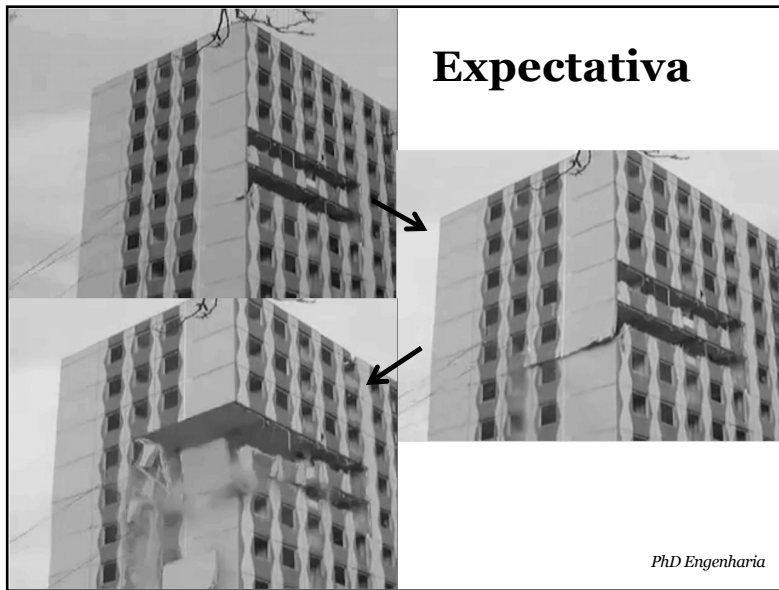


43

Estrutura preparada



44



Isso vai dar certo???



47

O que acontece quando um avião colide com uma parede de concreto??



48

Edifício Comercial

2009

fisuras em losas

obra nova

PhD Engenharia





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

PhD Engenharia

51



52



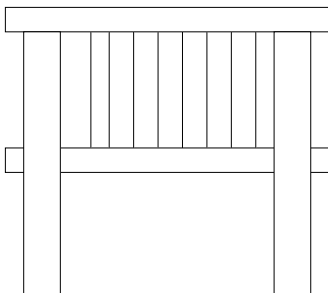
53



54

laje+vigas com espessura média de
22cm → 550kg/m²
dimensionada para 150kg/m²

1 ano de idade



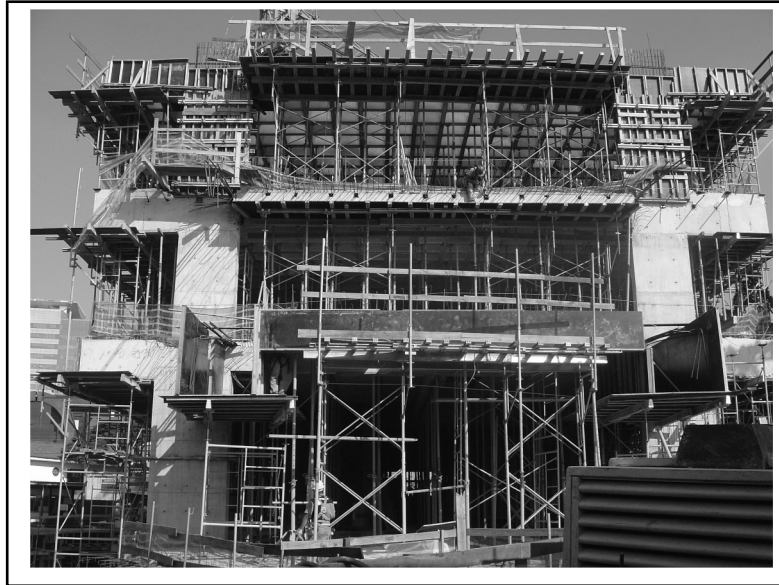
55

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

1 ano de idade



56



57

***Irresponsabilidade
ou
Incompetência?***

**Caso 1:
bloque de cimentación**

350m³

$f_{ck} = 35\text{MPa}$

39 caminhões OK

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

PhD Engenharia

58



59



60



61

- 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

PhD Engenharia

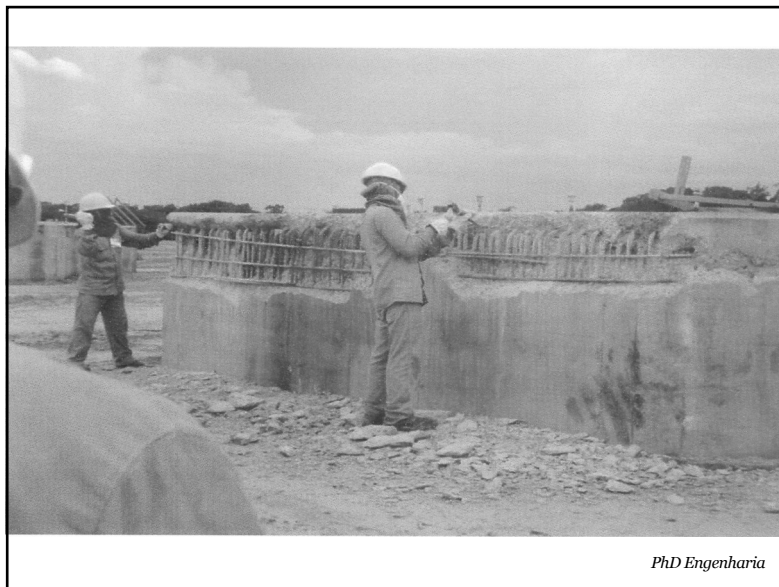
62

Resposta do Engenheiro Construtor:

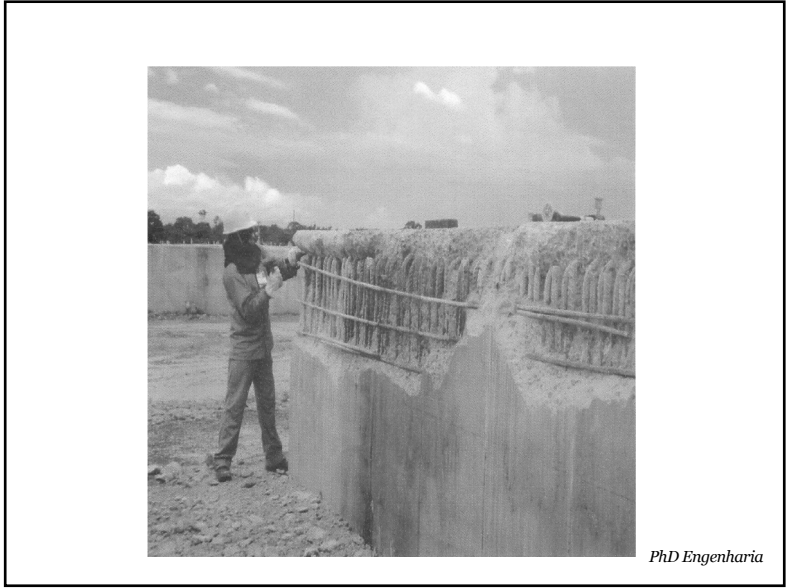
**Nós percebemos mas decidimos colocar
250kg de cimento (5sacos) dentro do
balão para compensar...**

**Depois de 28dias deu no que deu!
e ainda queria cobrar da Concreteira...**

PhD Engenharia



PhD Engenharia





PhD Engenharia

67

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

edifício da Diretoria da Construtora

8º andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

PhD Engenharia

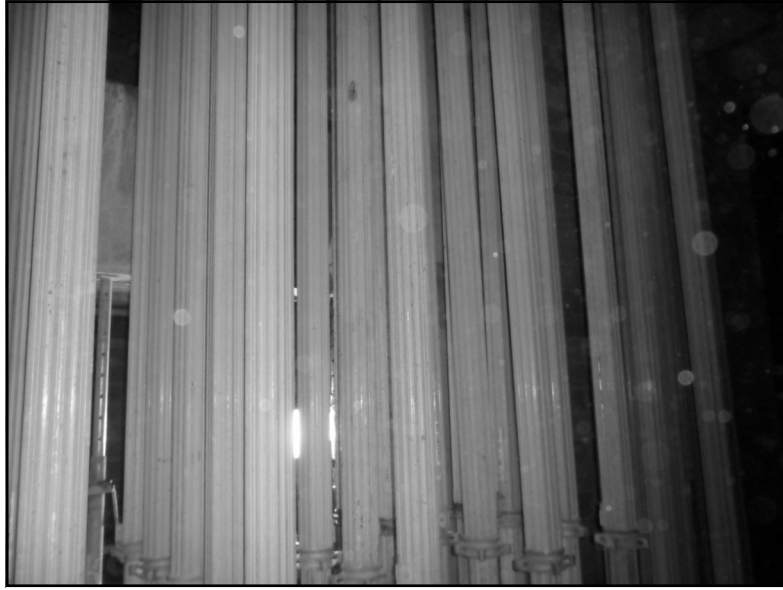
68



69



70



71



72



73



PhD Engenharia

74



75



76

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

**OMISSÃO
IGNORÂNCIA
FALTA de COMPROMETIMENTO**

PhD Engenharia

77



78



MARTES 13 de Marzo de 2001 ABC Madrid

En los últimos 26 años han fallecido 33 personas a consecuencia de derrumbes de inmuebles, cornisas, marquesinas y muros en Madrid.

El pasado 7 de marzo, un ingeniero moría al derrumbar-se un edificio de cuatro plantas en la confluencia de Gaztambide con Alberto Aquilera, en pleno centro de la capital y una docena de personas resultaron heridas.

PhD Engenharia

El 22 de enero de 1999 murió una joven de 18 años al caer sobre el coche en el que viajaba un trozo de la cornisa del teatro Calderón de Madrid.

El 27 de enero de 1993, murieron 6 personas al desplomarse la marquesina del cine Bilbao, situado en la calle Fuencarral, cuando hacían cola para comprar entradas.

PhD Engenharia

81

**seria um caso
de sabotagem
??? !!!**

PhD Engenharia

82

Dados do Edifício:

36 pavimentos + 5 subsolos

Edifício em uso há 1 ano

Fissurou 18 andares

Pilar P1 Esforços de projeto:

Normal: 1.253tf

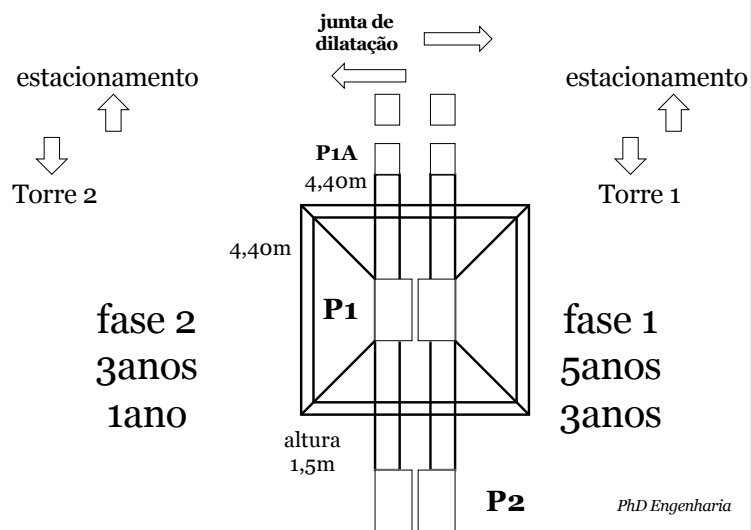
Mx: 55tf.m

My: 8tf.m

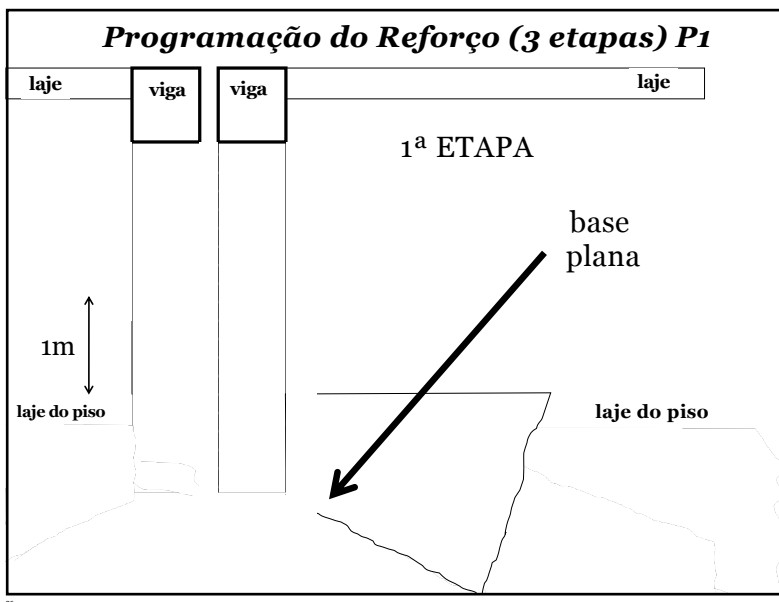
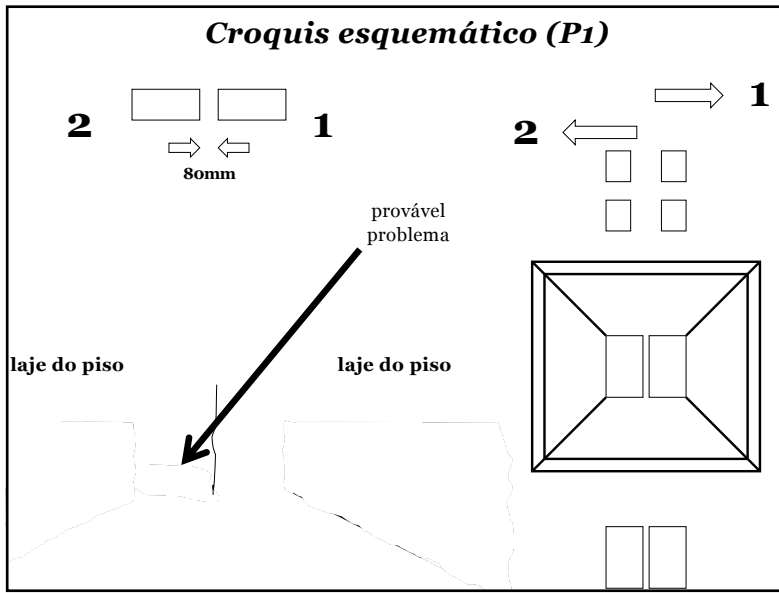
PhD Engenharia

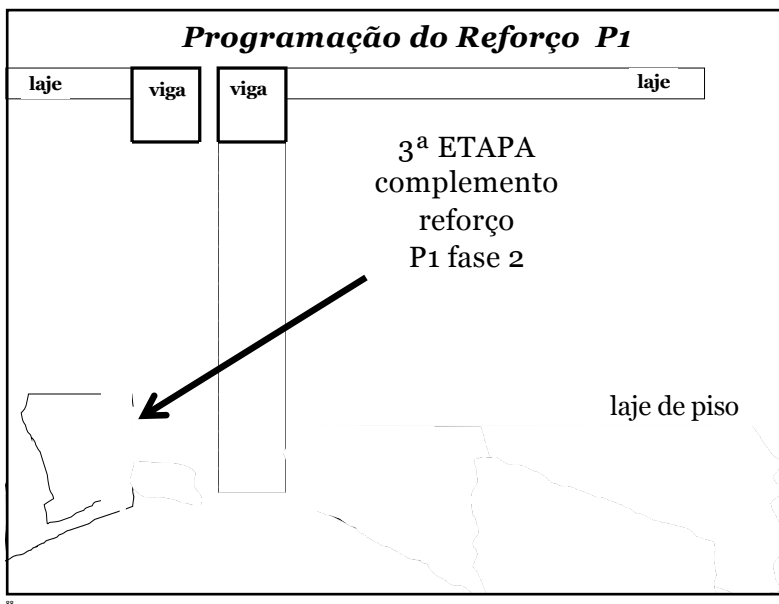
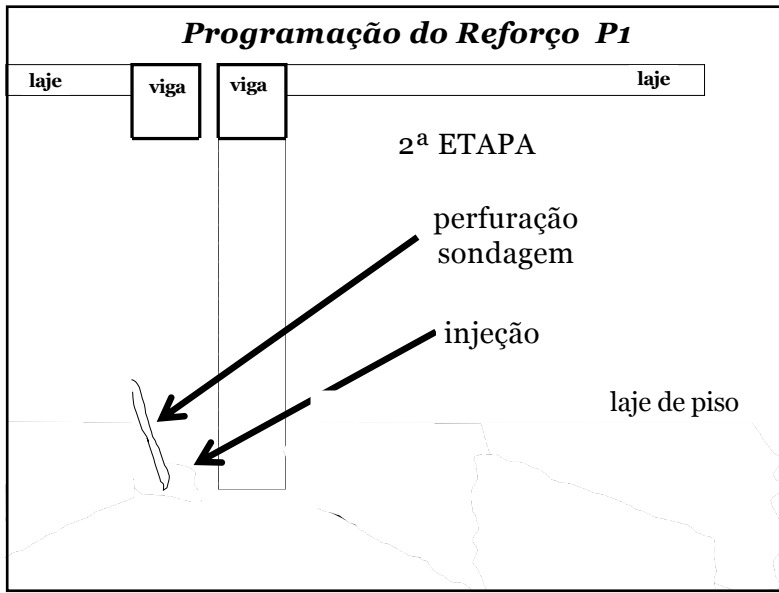
83

Planta esquemática do 5º Subsolo (P1)

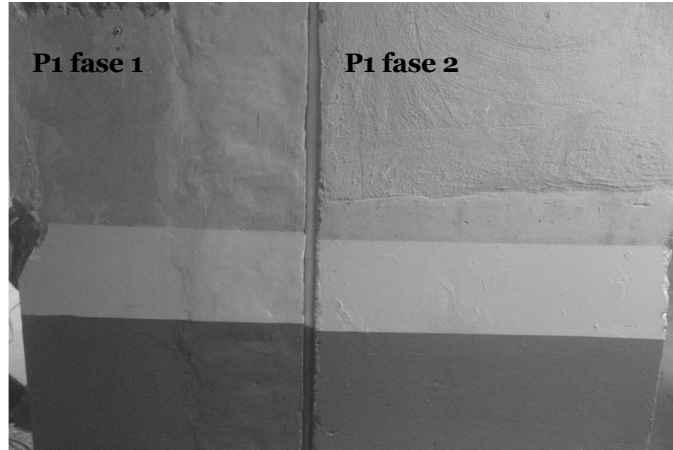


84





Inspeção / Evidências

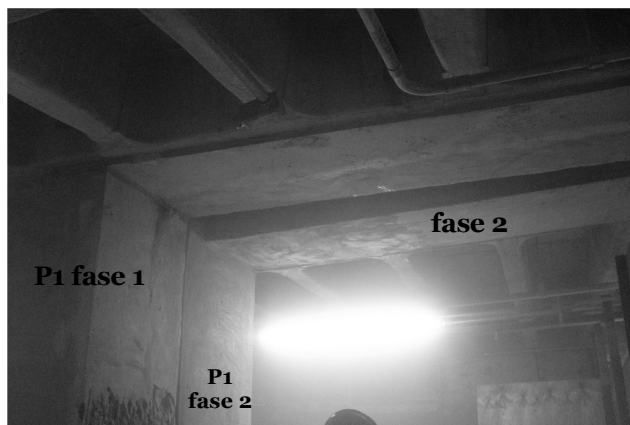


Desnivelamento

PhD Engenharia

89

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

PhD Engenharia

90

Inspeção / Evidências

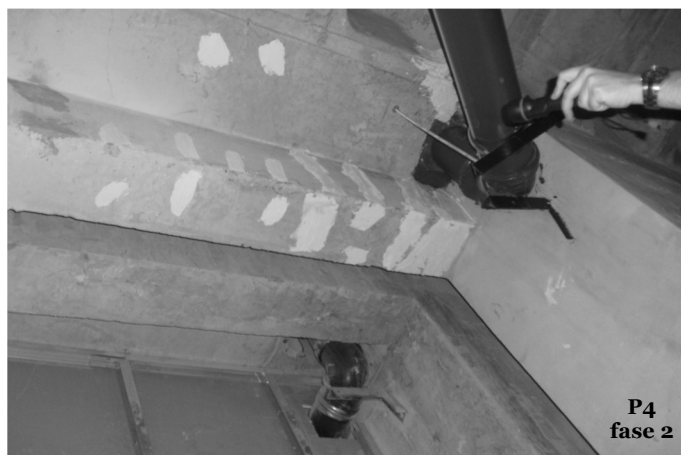


Fissuras em Vigas

PhD Engenharia

91

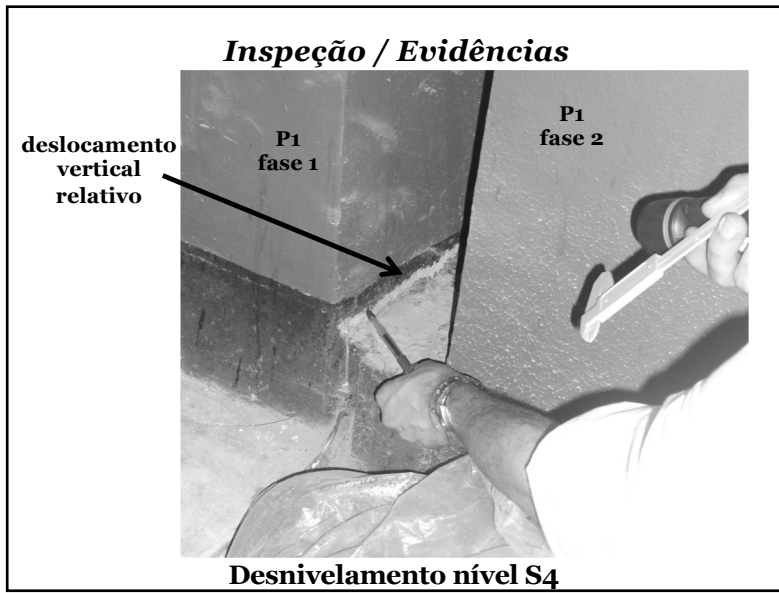
Inspeção / Evidências

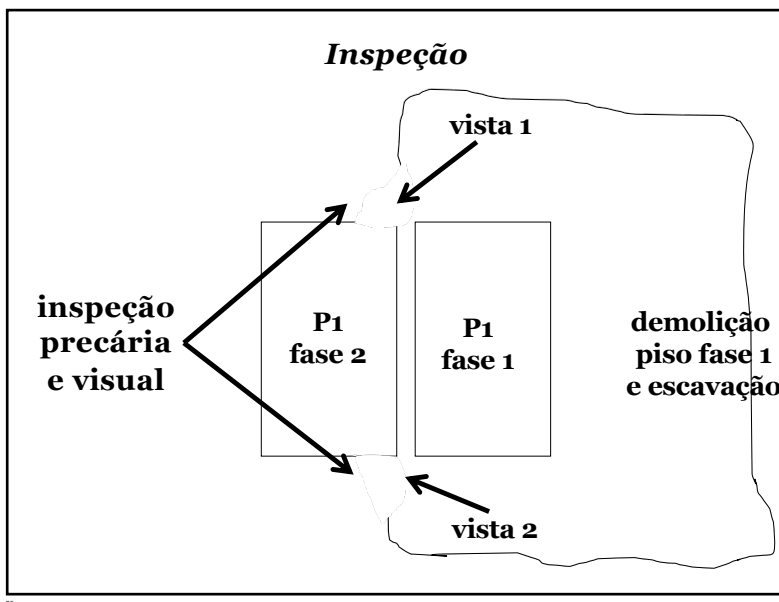
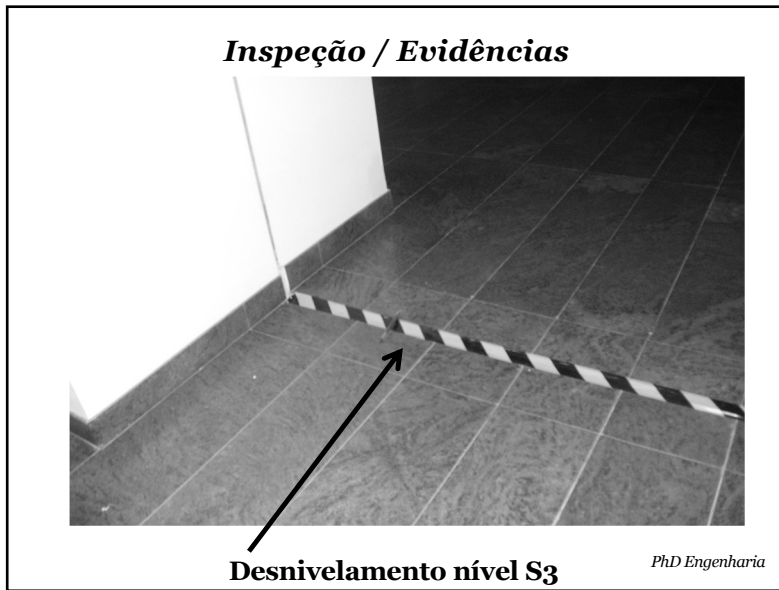


Fissuras em Vigas

PhD Engenharia

92





Inspeção

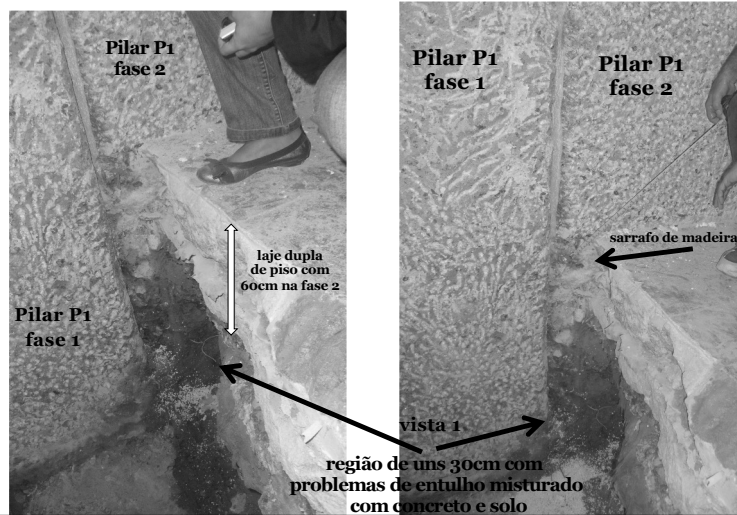


Escavação Piso fase 1

PhD Engenharia

97

Inspeção / Diagnóstico preliminar



98

Inspeção

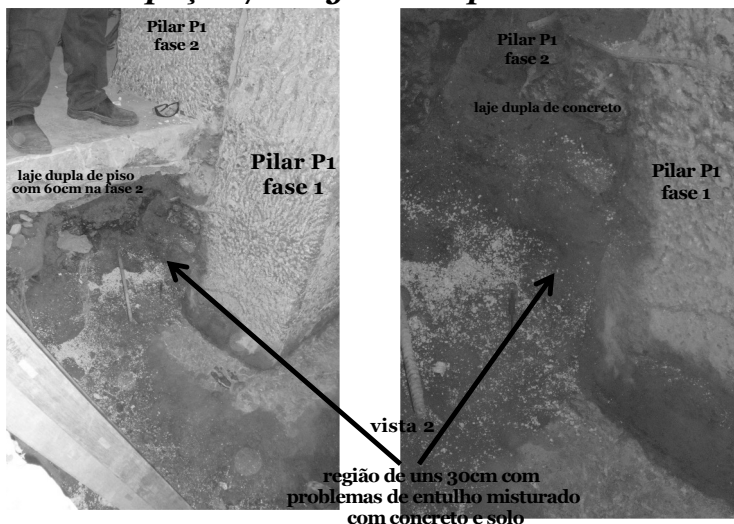


janela de prospecção vista 1

PhD Engenharia

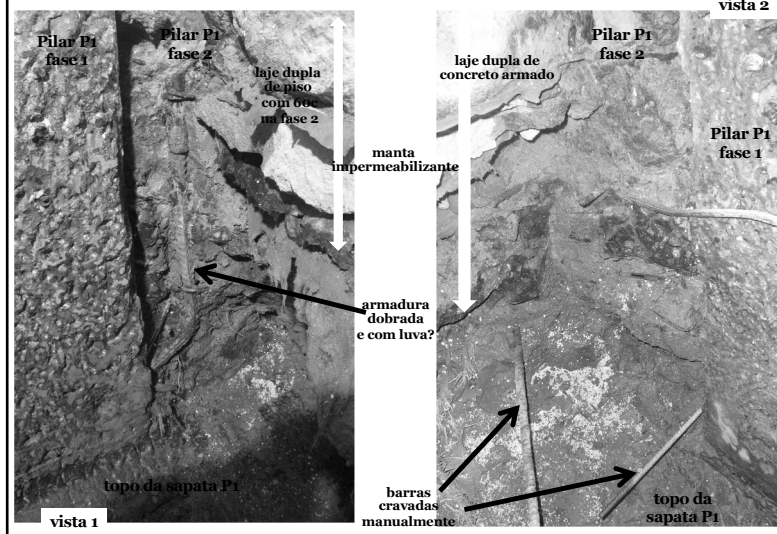
99

Inspeção / Diagnóstico preliminar



100

Diagnóstico preliminar



101

Inspeção



Controle contínuo de deslocamento vertical (recalque) dos pilares P1, P1A e P2

102

Inspeção

**nesse momento o grupo
encarregado da observação
por topografia da
movimentação da estrutura
informou que o pilar P1 fase
2 desceu 3mm!!**

PhD Engenharia

102

Inspeção



o encarregado
da observação
do selo
de
gesso
confirmou
rompimento
do gesso

PhD Engenharia

104

Inspeção

**imediatamente os
serviços de
escavação e
prospecção foram
interrompidos**

PhD Engenharia

105

Inspeção



**colagem de plaquetas de
vidro 2mm para controle
de eventual movimento
de fissuras**

106

Inspeção

o reforço foi iniciado logo após observação de que o processo de recalque havia estabilizado (1,5h)

PhD Engenharia

107

Procedimento Padrão para Reforço do Pilar P1 com Problema

1. Inspeção / diagnóstico;
2. Escavação;
3. Preparação do substrato;
4. Montagem da armadura;
5. Preparação da fôrma;
6. Preparação do graute;
7. Concretagem;
8. Desfôrma;
9. Cura.

PhD Engenharia

108

Preparação da fôrma



109

Preparação do Graute



PhD Engenharia

110

Preparação do Graute

| | | | |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 8/7/2011 | 9/7/2011 | 10/7/2011 | 11/7/2011 |
|----------|----------|-----------|-----------|

111



112



113



114



115



116



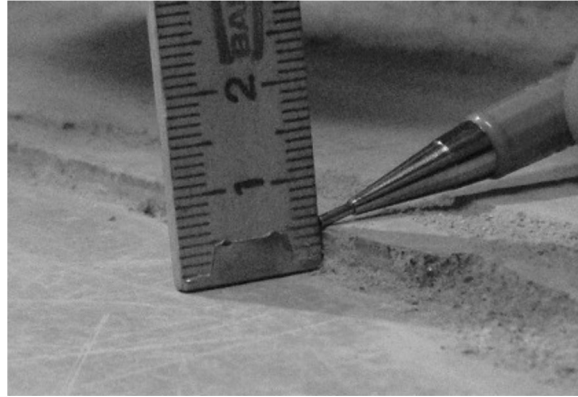
117

Após concretagem piso desceu 4mm

PhD Engenharia

118

Após concretagem piso desceu 4mm



PhD Engenharia

119

Desfôrma



120

Pilar P1 acabado



122

Controles

PhD Engenharia

122



123



124

Resistência a Compressão Axial

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

PhD Engenharia

125

Hipóteses prováveis...

PhD Engenharia

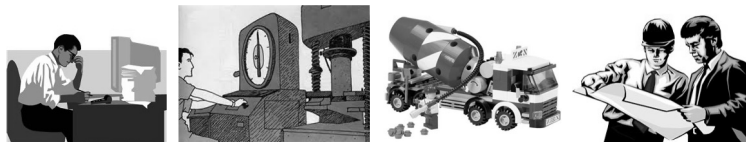
126

Hipóteses prováveis...



127

A origem e os intervenientes



**projetista
estrutural**

**tecnologista
de concreto**

**fornecedor do
material**

**construtor
(execução)**

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

PhD Engenharia

128

Edifício Habitacional

**armadura de
pilares
*obra nova***

PhD Engenharia

129



130



131



PhD Engenharia

132

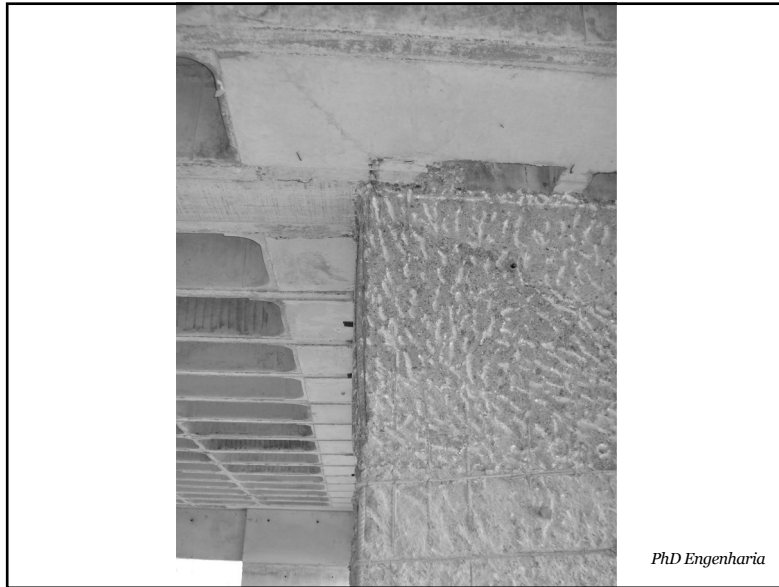
Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos



133



134



135



136

Qual o papel do Construtor?

PhD Engenharia

137

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

PhD Engenharia

138

terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade

PhD Engenharia

139

**outro caso
desastroso!**

PhD Engenharia

140

| 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 % |

PhD Engenharia

141

| 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.

142



142

Edifício Real Class



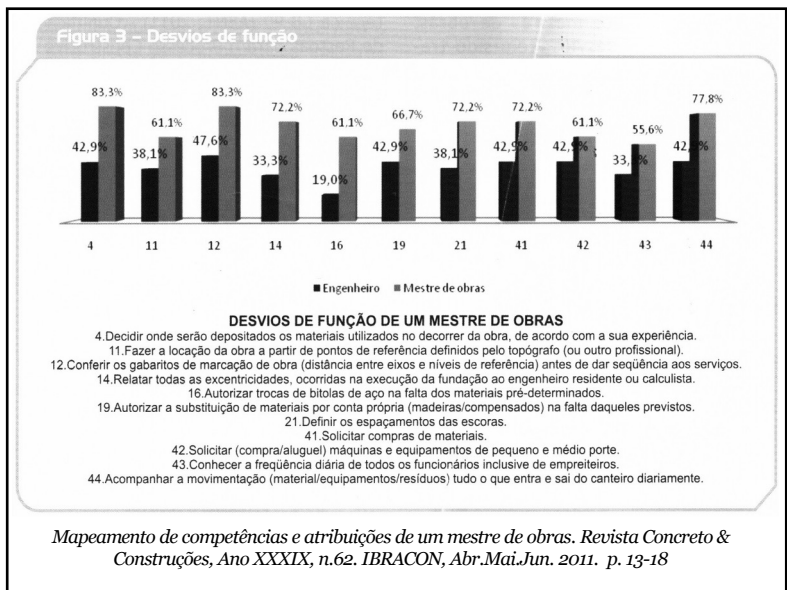
Belém do Pará

34 pavimentos

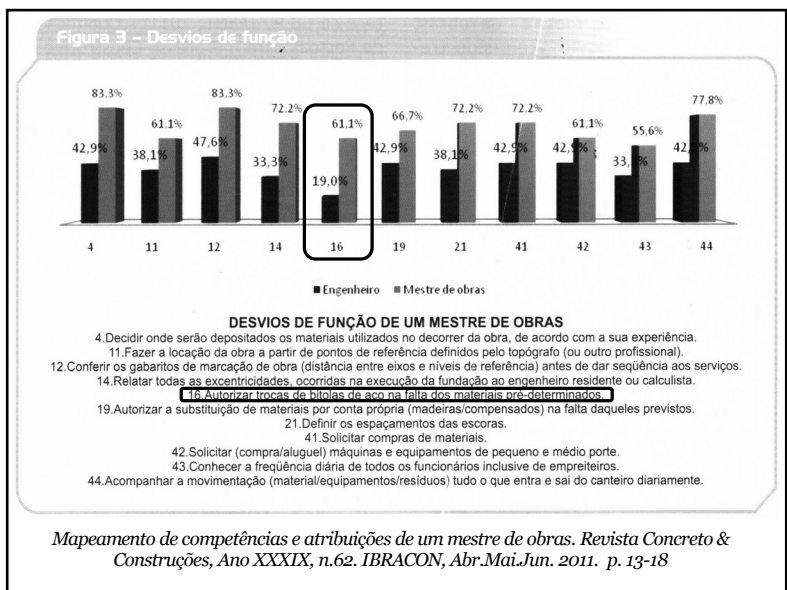
105m 20.01.2011 35MPa

PhD Engenharia

144



146



146

Edifício Habitacional

concretagem
de pilares
obra nova

PhD Engenharia

147



PhD Engenharia

148



149



PhD Engenharia

150



151



152

CONSTRUTOR

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

PhD Engenharia

153

Edifício Areia Branca

Recife, Pernambuco
14 de outubro de 2004
quinta-feira às 20:30h

1977 → 1979

25 anos

12 andares + térreo + 1 garagem

PhD Engenharia

154



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

155



156



Escombros - manhã seguinte do desabamento

PhD Engenharia

157



158



Edificações Vizinhas

PhD Engenharia

159

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.

PhD Engenharia

160



Vista geral do subsolo

PhD Engenharia

161



Trinca na viga do teto do subsolo junto a cisterna

PhD Engenharia

162



Vista geral do reservatório inferior (cisterna) e alagamento

PhD Engenharia

163



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

164

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 graute. Escavação do segundo pilar que estava íntegro

PhD Engenharia



166

Cronologia:

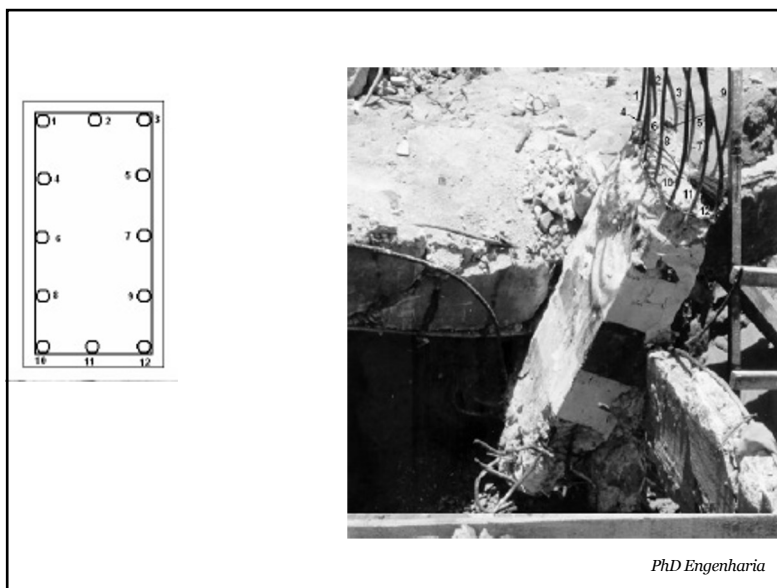
14 → quinta 20:20h → segundo pilar apresenta estrondo e o concreto começa a destacar fissurar. Operários e uma moradora que acompanhava os trabalhos correm para a rua;

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 colapsando;;

14 → quinta 20:30h → edifício totalmente desabado, 4 vítimas e inúmeros sonhos destruídos

PhD Engenharia

167

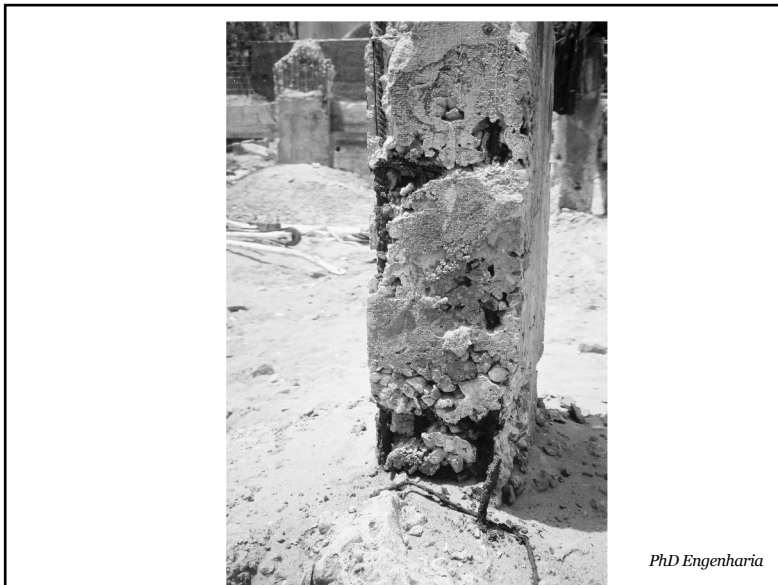


PhD Engenharia

168



169



PhD Engenharia

170



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

PhD Engenharia

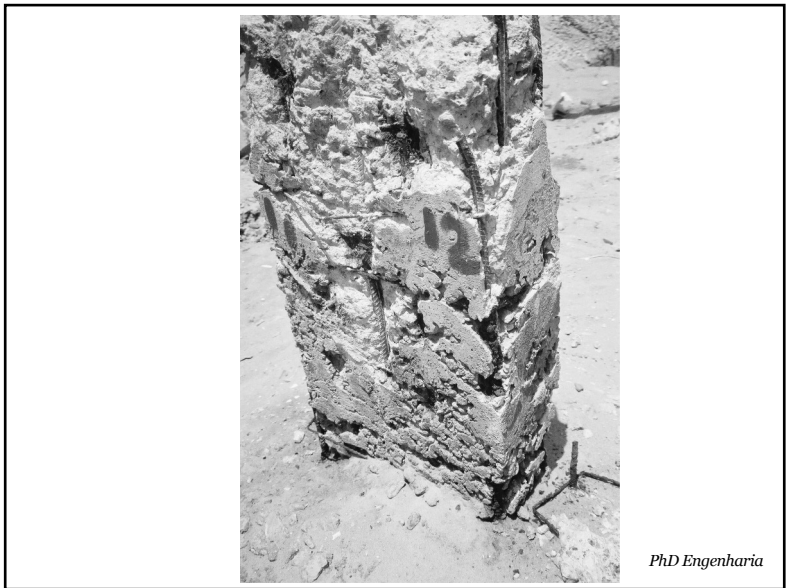
172



172



172



PhD Engenharia

174



175



176

CONSTRUTOR

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

PhD Engenharia

177

Edifício Emblemático

São Paulo
50MPa
35 andares
Comercial
ninho de concretagem

PhD Engenharia

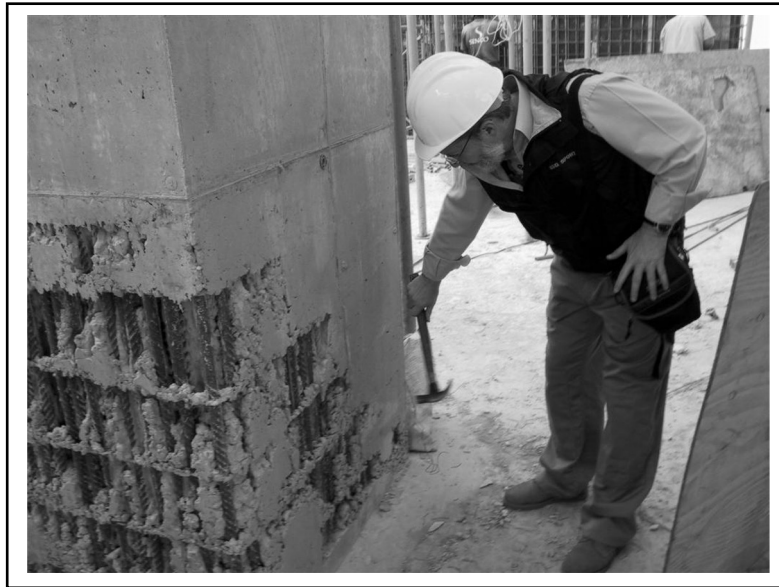
178



179



180



181



PhD Engenharia

182



183



184



125



126



127

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

PhD Engenharia

128

CONSTRUTOR

Tem a obrigação de fazer
a síntese do conhecimento
daquela obra !

PhD Engenharia

129

**Qual a
MISSÃO do
Construtor?**

PhD Engenharia

130

Qual a MISSÃO do Construtor?

- ✓ Sem dúvida a mais nobre
- ✓ Sem dúvida a mais importante
- ✓ Sem dúvida a mais difícil
- ✓ Sem dúvida a mais cara
- ✓ Sem dúvida a de maior responsabilidade

PhD Engenharia

151

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

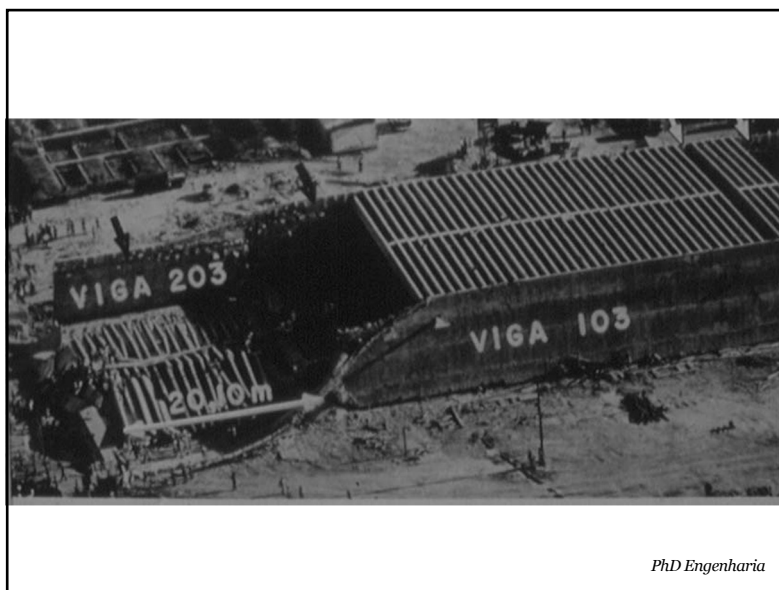
Superior Tribunal de Justiça

PhD Engenharia

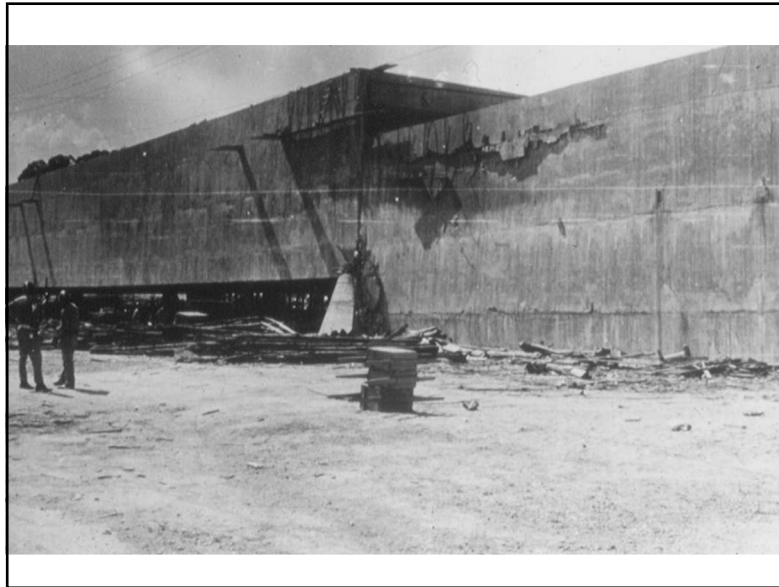
152



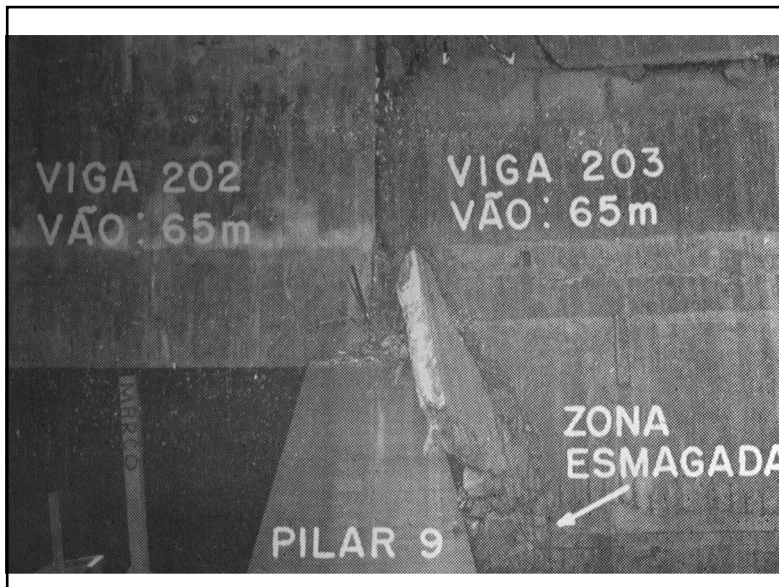
152



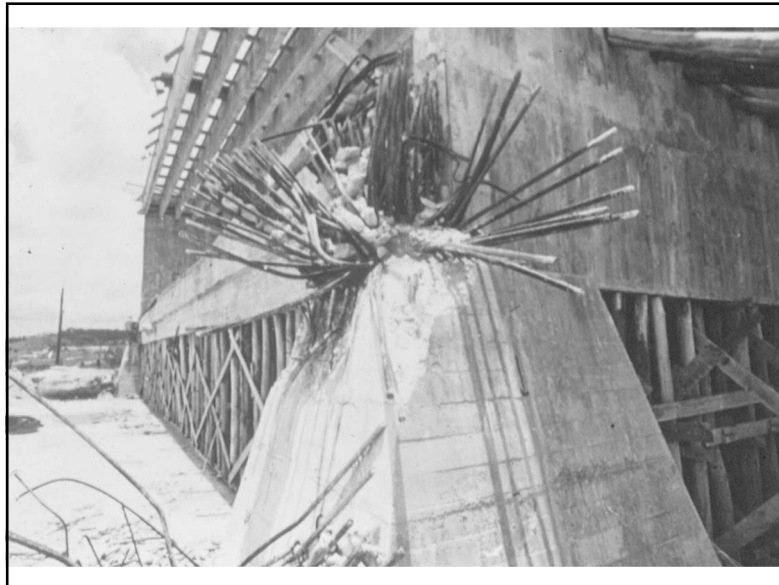
154



155



156



157

Avanços em Concreto

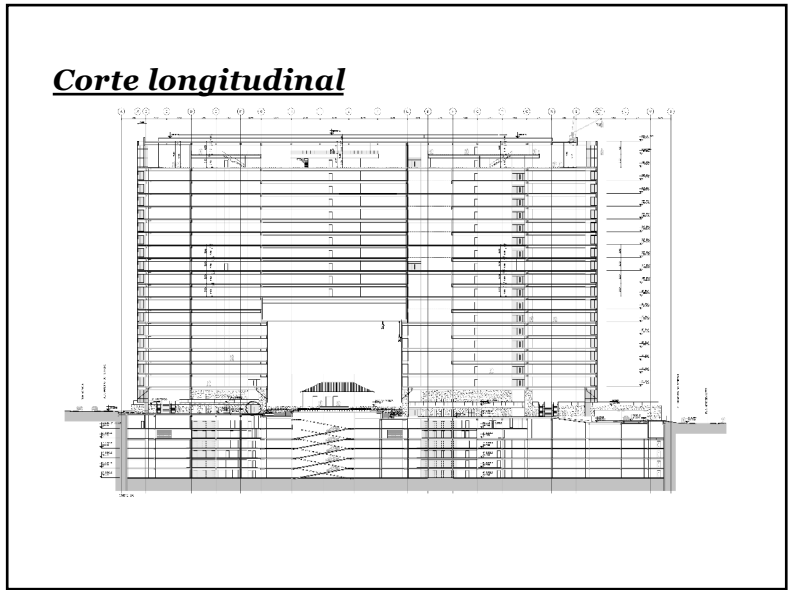
- **É possível não ter problemas**
- **Necessita estudos prévios**
- **Necessita gerenciar a qualidade**
- **Necessita ter visão sistêmica**
- **É um trabalho de equipe**
- **Precisa conhecer e bem usar normas e documentos existentes**

PhD Engenharia

158



199



200



201



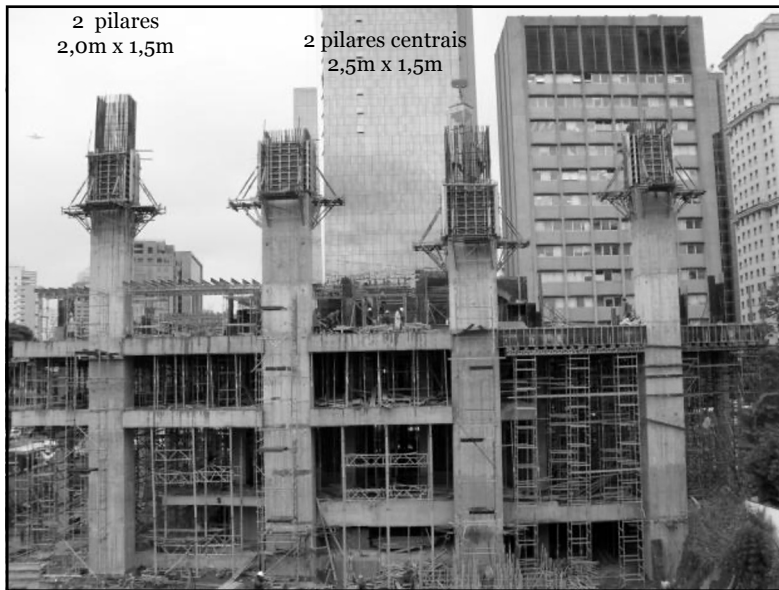
202

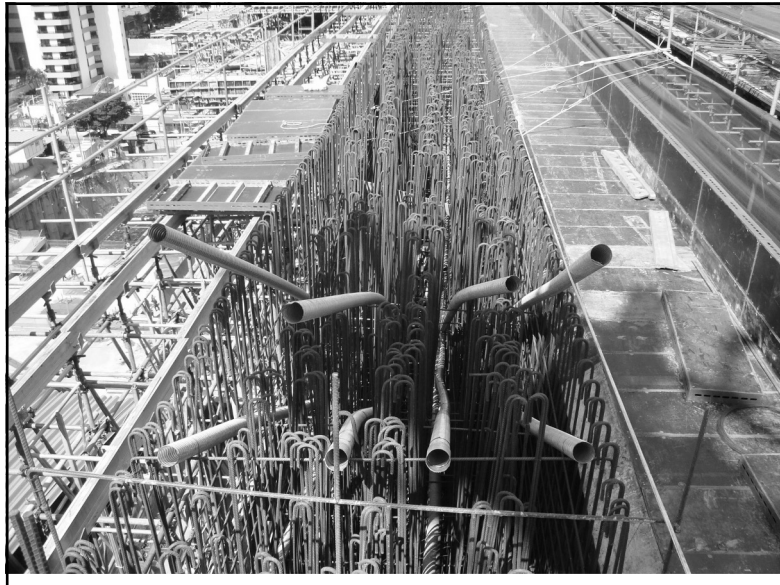


203

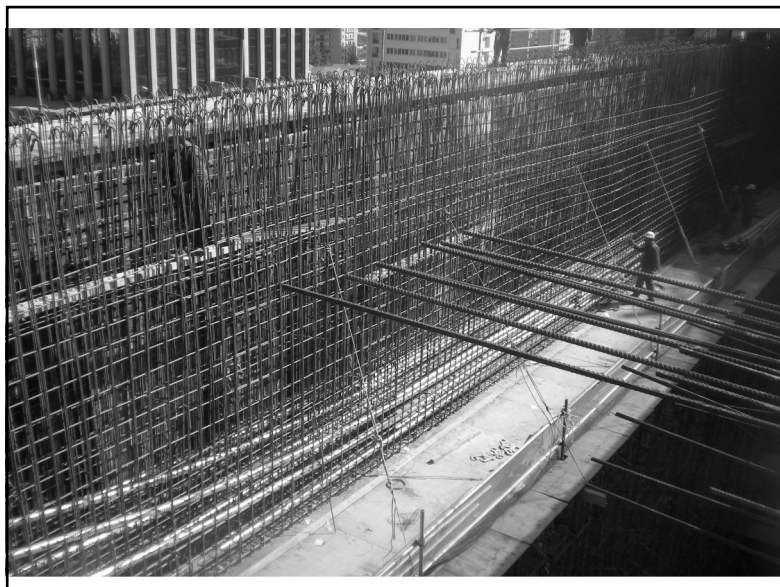


204





207



208





211



212

Temperatura de lançamento

- ✓ depende do consumo dos materiais (traço)
- ✓ depende do calor específico dos materiais
- ✓ depende da temperatura natural dos materiais
- ✓ depende da logística (fator tempo)*

* tempo associado a transporte e descarga do concreto

dado de entrada mutável

PhD Engenharia

213

Temperatura de lançamento

| Material | Consumo kg/m ³ | Calor específico kcal/kg.°C | q=m.c (kcal/m ³ .°C) | T (°C) | Q (kcal/m ³) |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------|--------------------------|
| Cimento.CP II E-40 | 365 | 0,240 | 87,60 | 55 | 4818 |
| Microsilica | 29,6 | 0,200 | 5,92 | 40 | 236,8 |
| Areia Artif. | 525,3 | 0,200 | 105,06 | 22 | 2311,32 |
| Areia Nat. | 525,3 | 0,200 | 105,06 | 22 | 2311,32 |
| Brita 0 | 336,5 | 0,200 | 67,30 | 22 | 1480,6 |
| Brita 1 | 504,7 | 0,200 | 100,94 | 22 | 2220,68 |
| Água | 119,8 | 1,000 | 119,84 | 25 | 2996,1 |
| Umidade Miúdo Art. | 13,1 | 1,000 | 13,13 | 25 | 328,3 |
| Umidade Miúdo Nat. | 42,0 | 1,000 | 42,02 | 25 | 1050,6 |
| Umidade Graúdo | 0 | 1,000 | 0 | 25 | 0 |
| Betoneira | | | | | 2000 |
| Total | | | 646,88 | | 19753,72 |
| Transporte (Ganho) | | 10,0°C | | | |
| T Lançamento= | | 40,5°C | | | |

sem gelo

PhD Engenharia

214

Temperatura de lançamento

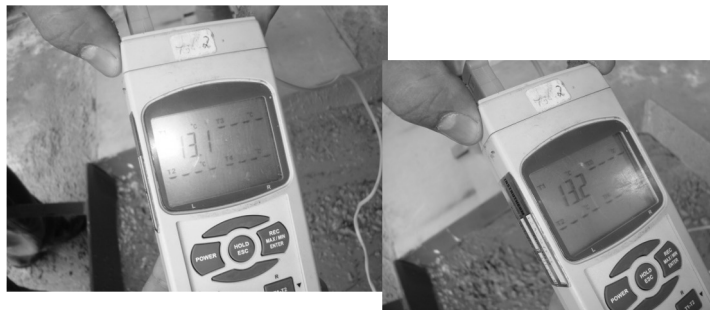
| Material | Consumo kg/m ³ | Calor específico kcal/kg.°C | q=m.c (kcal/m ³ .°C) | Ti (°C) | Tf (°C) | Ti - Tf (°C) | Q (kcal/m ³) |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------|---------|--------------|--------------------------|
| Cimento.CP II E-40 | 365 | 0,240 | 87,60 | 55 | 0 | 55 | 4818 |
| Microsilica | 29,6 | 0,200 | 5,92 | 40 | 0 | 40 | 236,8 |
| Areia Artif. | 525,3 | 0,200 | 105,06 | 22 | 0 | 22 | 2311,32 |
| Areia Nat. | 525,3 | 0,200 | 105,06 | 22 | 0 | 22 | 2311,32 |
| Brita 0 | 336,5 | 0,200 | 67,3 | 22 | 0 | 22 | 1480,6 |
| Brita 1 | 504,7 | 0,200 | 100,94 | 22 | 0 | 22 | 2220,68 |
| Água | 0 | 1,000 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 |
| Umidade Miúdo Art. | 13,1 | 1,000 | 13,13 | 25 | 0 | 25 | 328,31 |
| Umidade Miúdo Nat. | 42,0 | 1,000 | 42,02 | 25 | 0 | 25 | 1050,6 |
| Umidade Graúdo | 0 | 1,000 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 |
| Gelo | 119,8 | 0,500 | 59,92 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fusão Gelo | 119,8 | 1,000 | 119,84 | 0 | 0 | 0 | -9587,48 |
| Gelo + Água | 119,8 | 1,000 | 119,84 | 0 | 18 | -18 | -2157,18 |
| Betoneira | | | | | | | 2000 |
| Total | | | 826,65 | | | | 5012,97 |
| Transporte (Ganho) | | 10,0°C | | | | | |
| T Lançamento= | | 16,1°C | | | | | |

com gelo: redução de 60%

PhD Engenharia

215

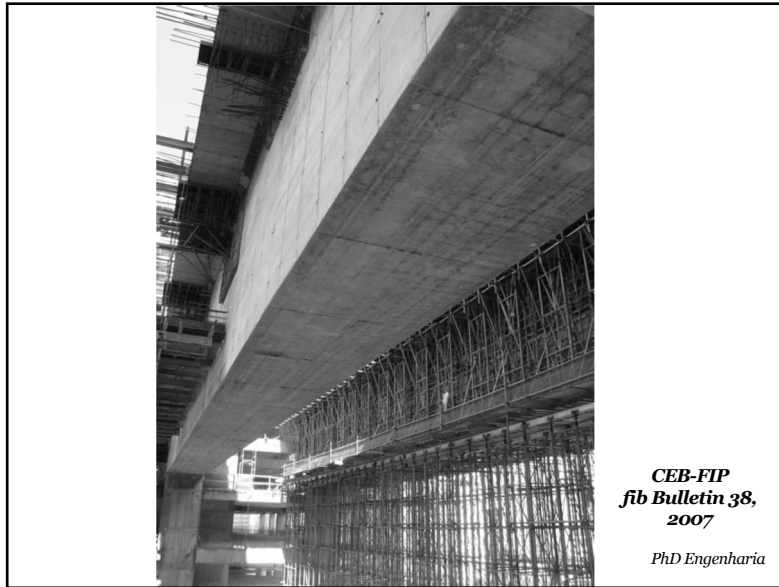
Temperatura de lançamento



é possível ...

PhD Engenharia

216



**CEB-FIP
fib Bulletin 38,
2007**

PhD Engenharia

217



218



219

Compromiso!

Do your best!

PhD Engenharia

220

**Muchas
gracias !**



221