

# **Estruturas de Concreto Armado: Aprendendo com Acidentes**



**Paulo Helene**

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

UNISINOS IDD

04 DE MAIO de 2012

Porto Alegre

1

**Erros, Falhas,  
Omissões, Colapsos,  
Acidentes, Frustrações,  
Atrasos, Retrabalho,  
Constrangimentos,  
Decepções, Vergonha...**

*PhD Engenharia*

2

**“Duro”  
Aprendizado!**

*PhD Engenharia*

3

**“Duro”  
Aprendizado!**  
*vitórias/soluções/desafios*

*PhD Engenharia*

4



**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...”*

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*

9

## **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**

10



11



12



13



14



15

## Hipóteses

1) Alteração de uso:

Carga atuante em edifícios residenciais:

$150\text{kg/m}^2$

(média mundial em 1938)

Carga atuante em edifícios de oficinas:

$350\text{kg/m}^2$

(média mundial em 2010)

2) Demolição de paredes portantes

16

## Colapso

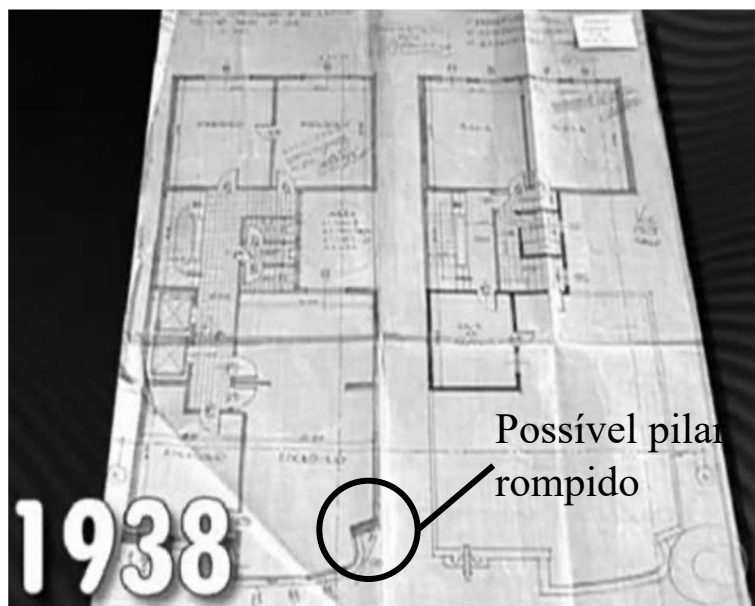
- 1) Parecer encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

## 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;

17

## Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



18

## 2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais



19

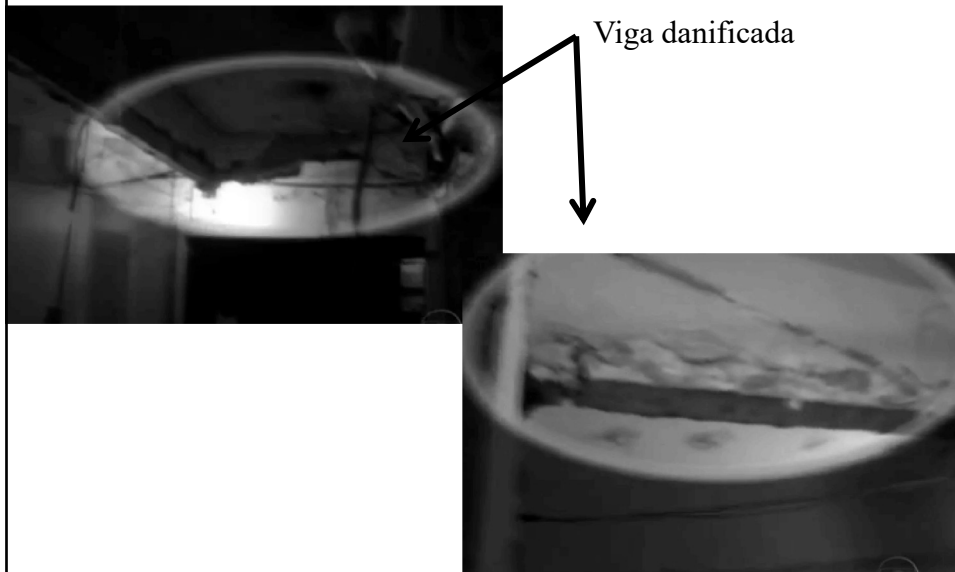
## 2) Alteração do projeto original



20



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



21

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



22

## **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.

23

## **Avisos da Estrutura**

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

*PhD Engenharia*

24

ULTIMAS NOTÍCIAS [O 311: falar agora em queda e vale R\\$ 1,53 na venda](#)

**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 desaparecidas

**GUSTAVO SOUZA**  
**ROGÉRIO DIAS**  
**OSCAR MADRUGA**

20412 - 23H42  
Atualizado: 30/01/2012 - 09:04  
Like

Tweet



Avenida Treze de Maio, no local onde desabaram prédios no dia 25 de janeiro (LIONEL ROBERTO/AGÊNCIA 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 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 divide 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 @OGlobo\_Rio

**O Globo** on Facebook  
Like 293,415

*PhD Engenharia*

25

## 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!***

26

## Implosão sem dinamite



27

## Cabo de corte?



*Flav Engenharia*

28

## Estrutura preparada

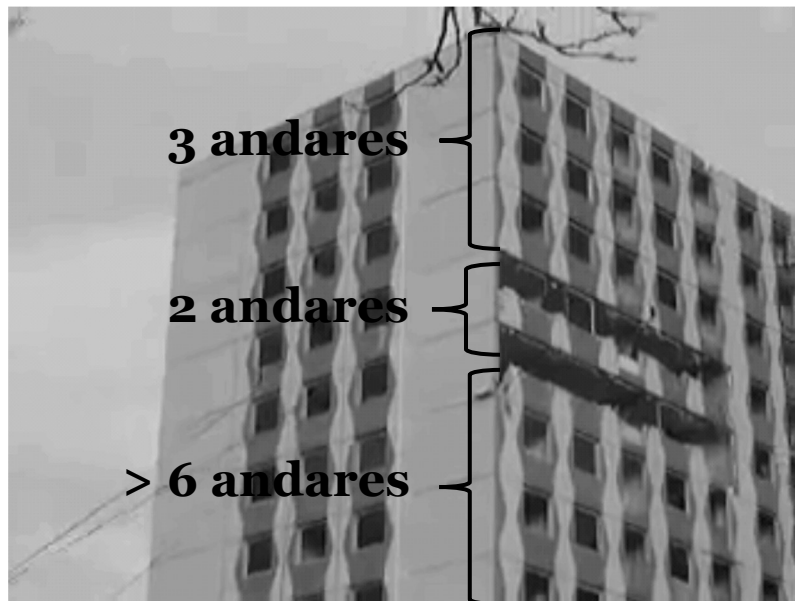
-Nota-se que toda a estrutura do prédio foi preparada para o evento:

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*

29

## Estrutura preparada



*PhD Engenharia*

30

## Estrutura preparada



31

## Sucesso: implosão perfeita!



32

## Isso vai dar certo???



33

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



34

# Edifício Comercial

---

2009  
fissuras em lajes  
*obra nova*

35



36





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

37



38



39

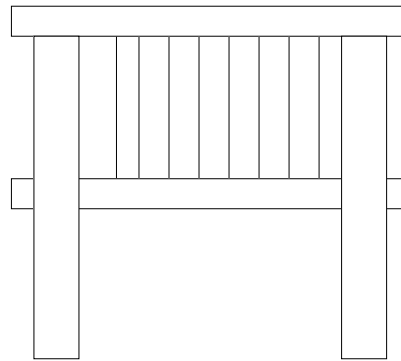


40

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

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

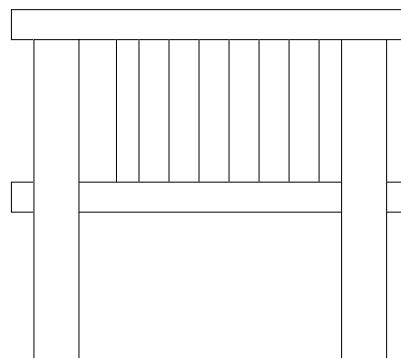
1 ano de idade



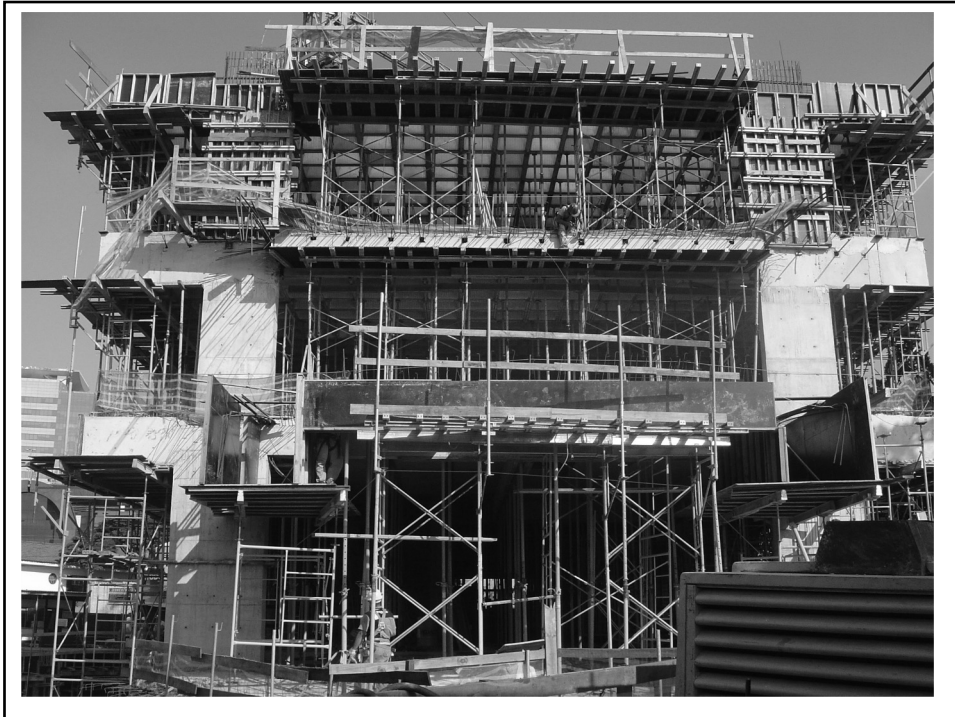
41

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

1 ano de idade



42



43

***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**

44



45



46



47

- **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**

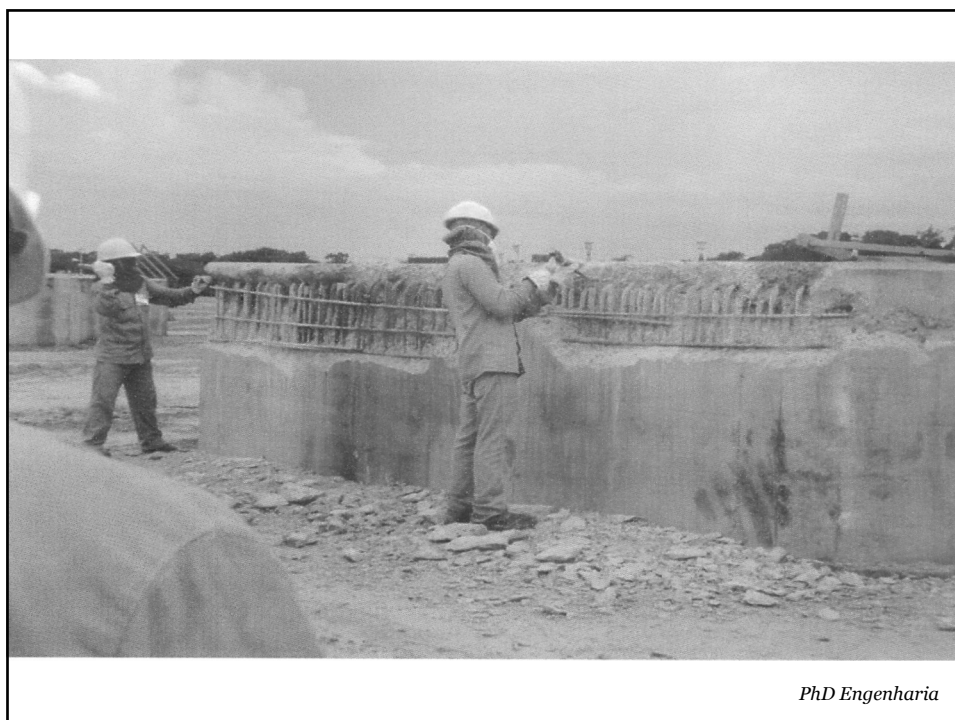
48

**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...**

49



*PhD Engenharia*

50



51

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 2:**

**edifício da Diretoria da Construtora**

**8º andar**

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

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**

52





53



54



55



56



57



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?**
  - **onde estava o Engenheiro?**

**OMISSÃO  
IGNORÂNCIA  
FALTA de COMPROMETIMENTO**

62

seria um caso  
de sabotagem  
??? !!!

63

***Dados do Edifício:***

***36 pavimentos + 5 subsolos***

***Edifício em uso há 1 ano***

***Fissurou 18 andares***

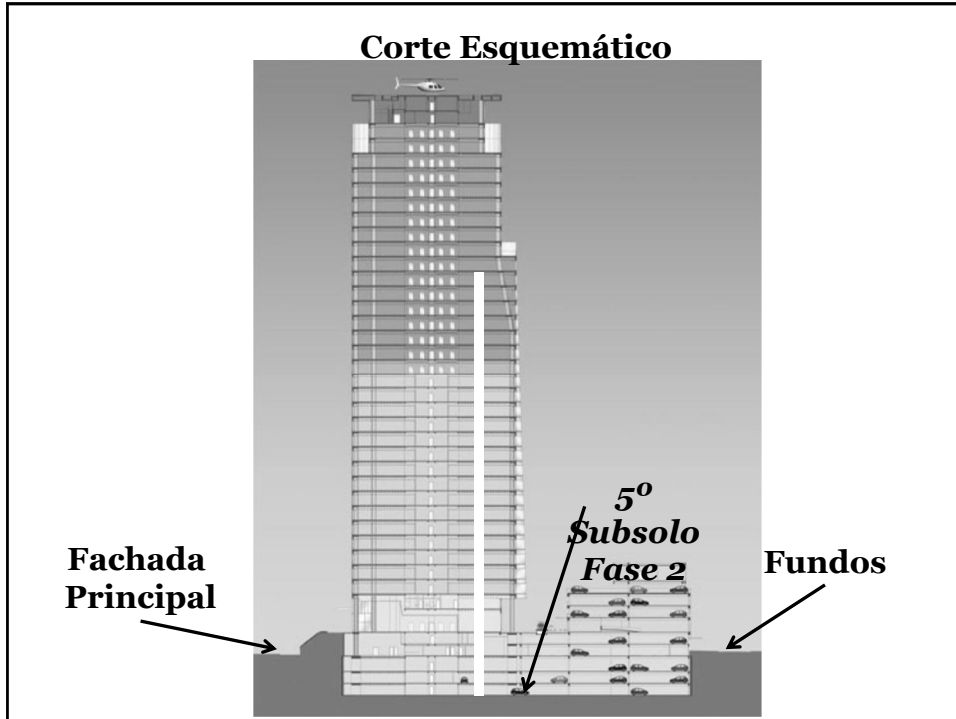
***Pilar P1 Esforços de projeto:***

***Normal: 1.253tf***

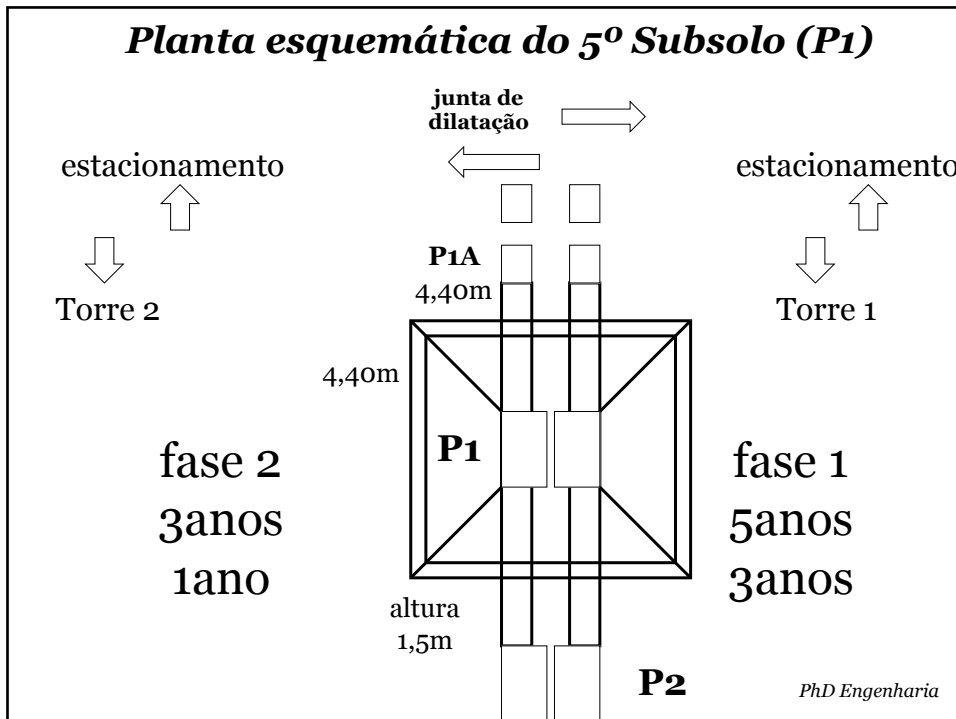
***Mx: 55tf.m***

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

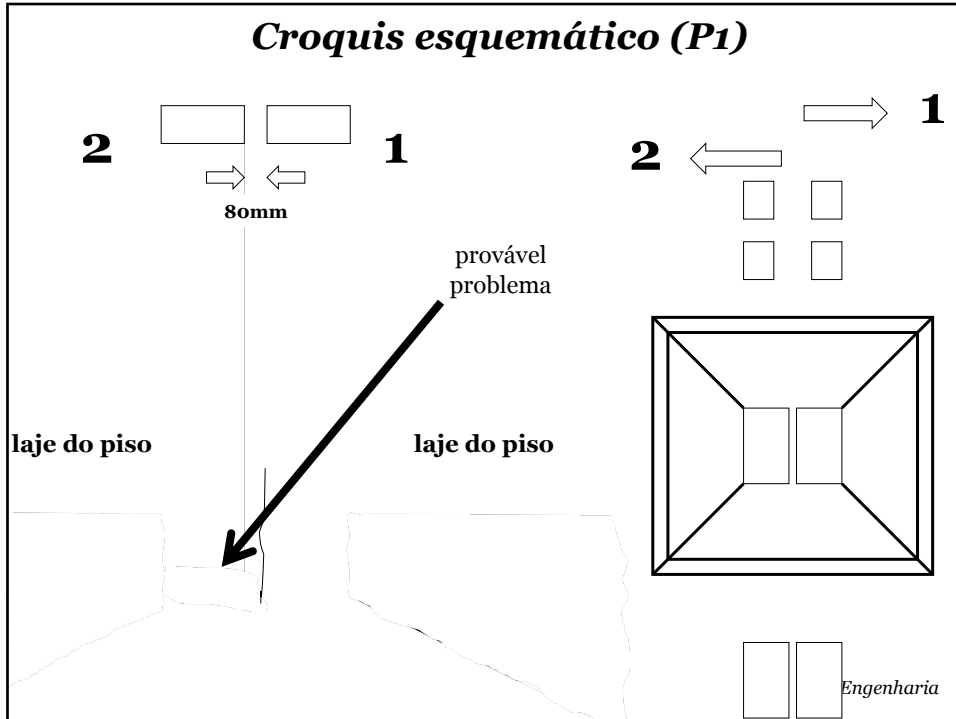
64



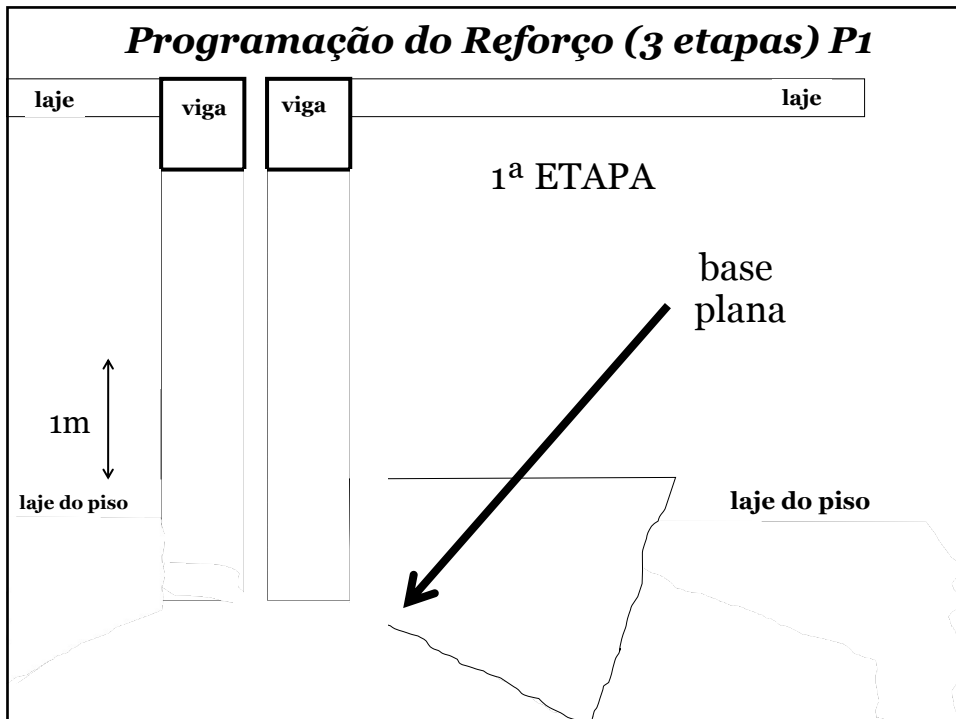
65



66

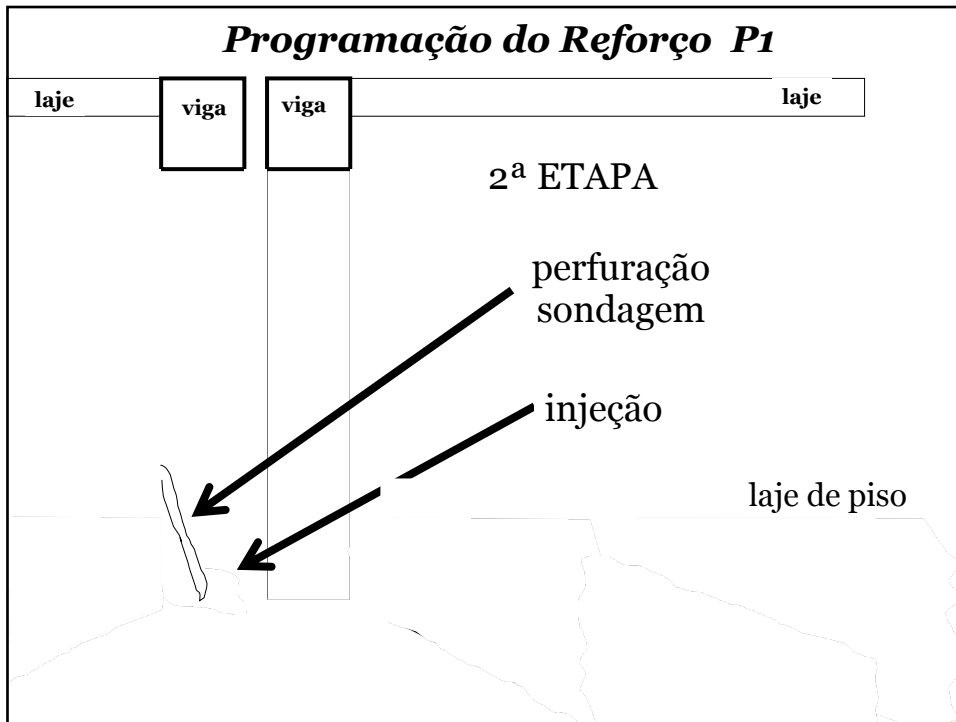


67

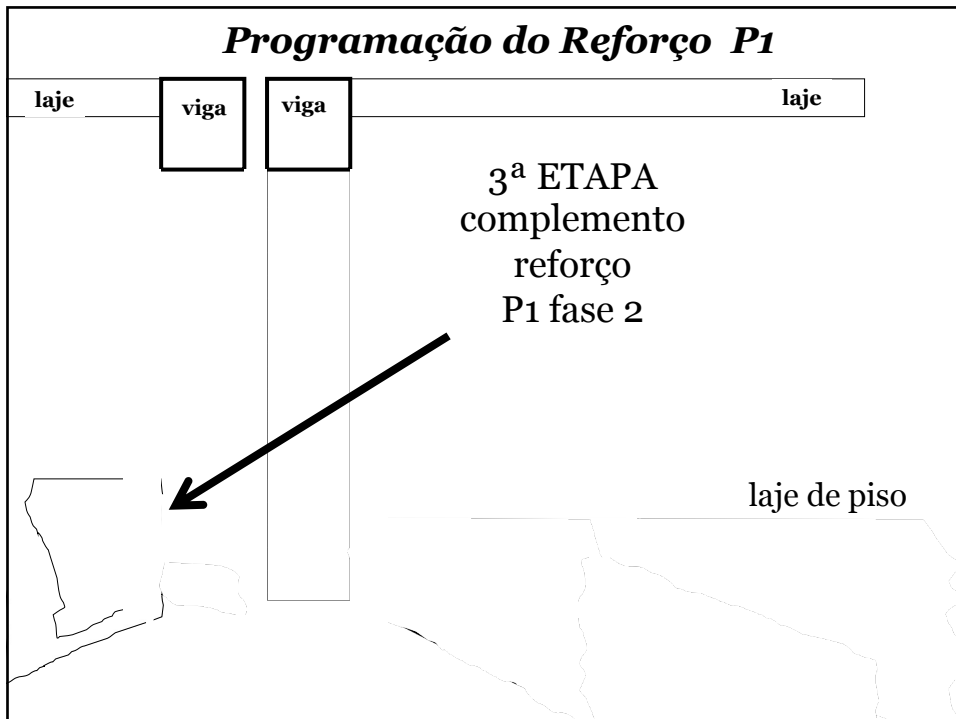


68



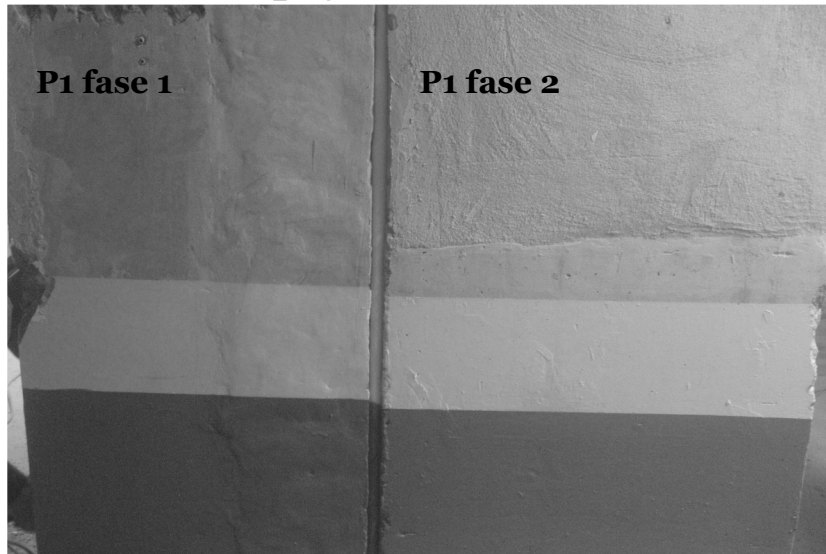


69



70

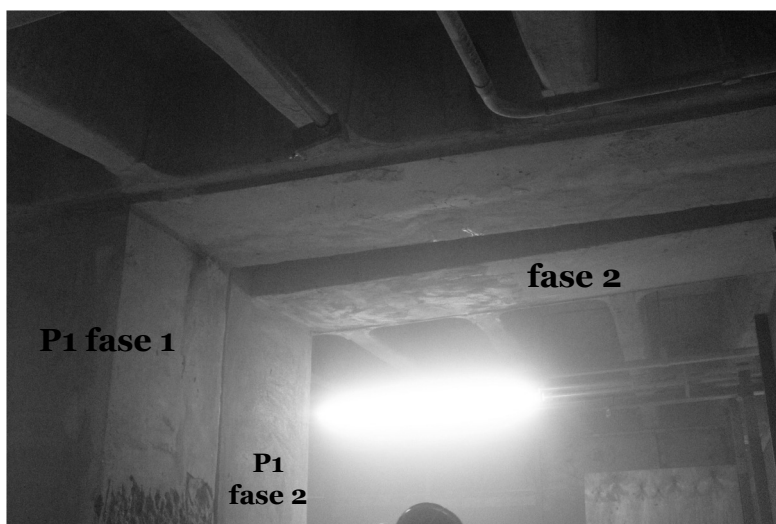
***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

71

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

72

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

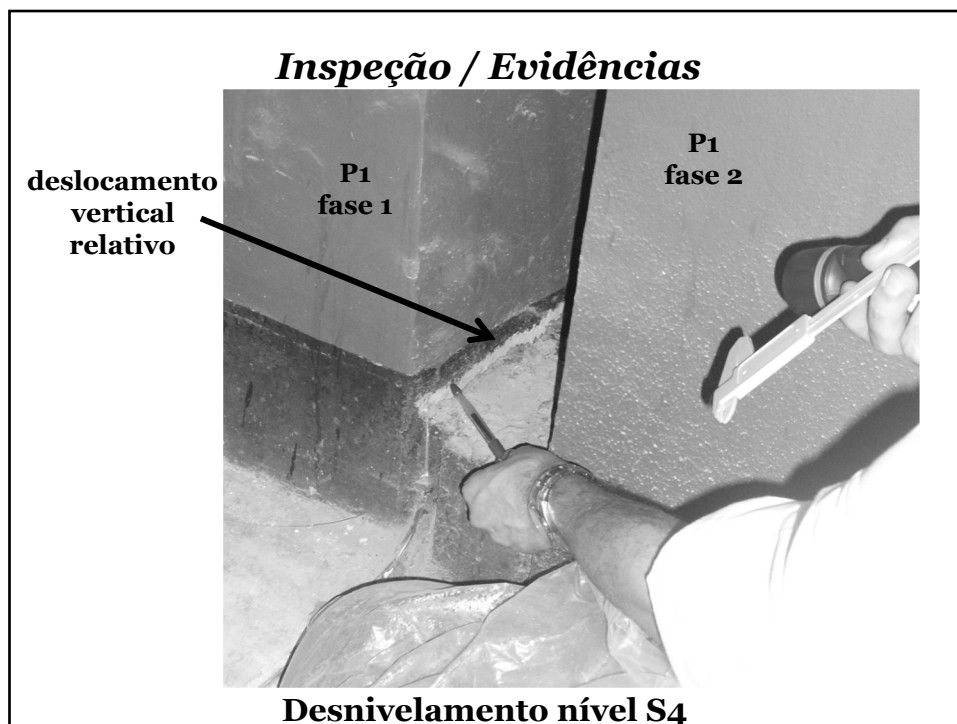
73

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

74

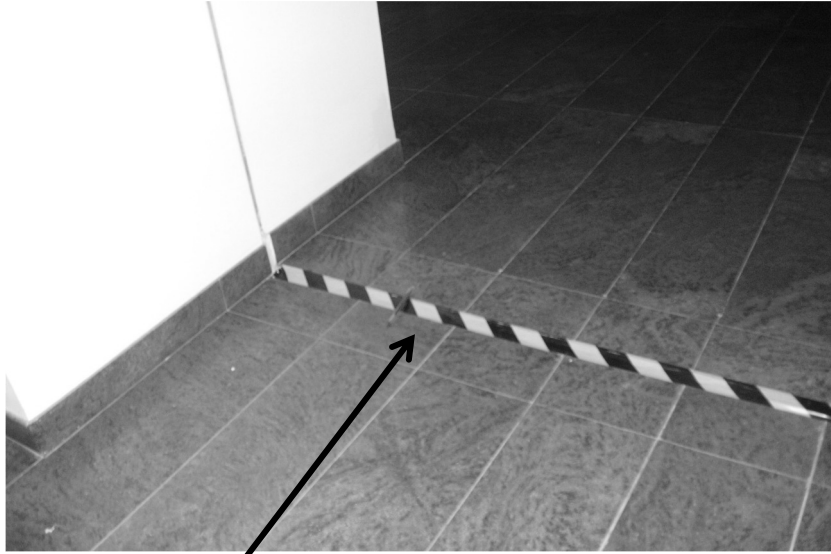


75



76

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S3**

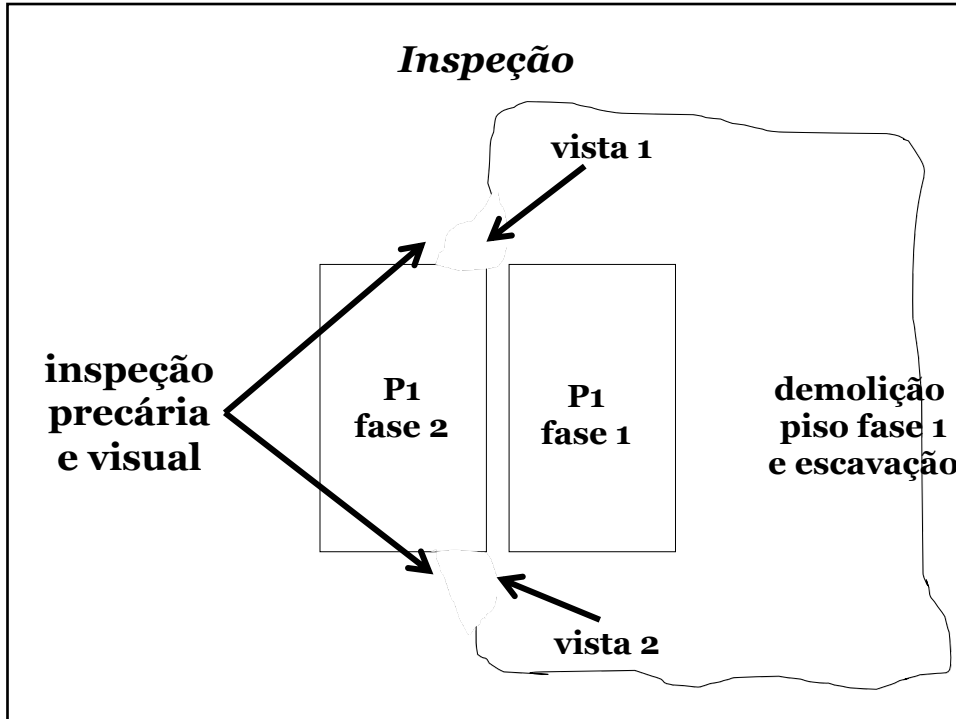
77

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento e fissuras em vigas**

78

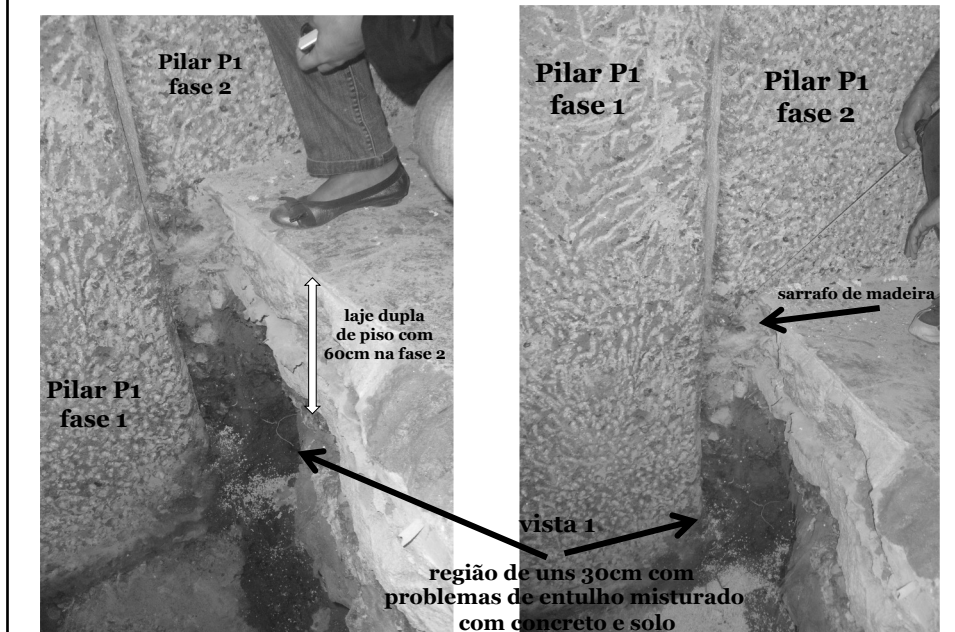


79



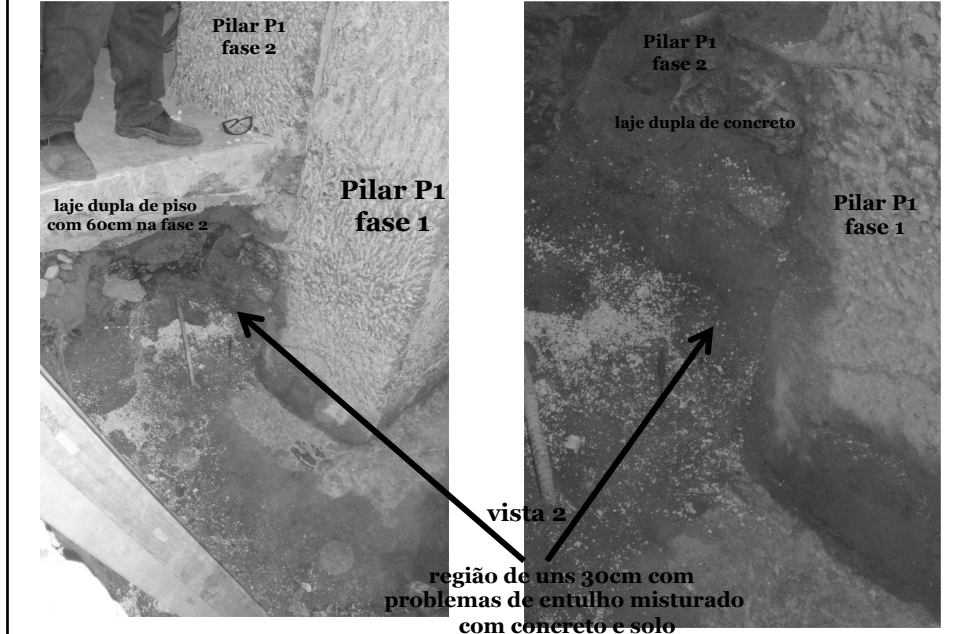
80

### *Inspeção / Diagnóstico preliminar*



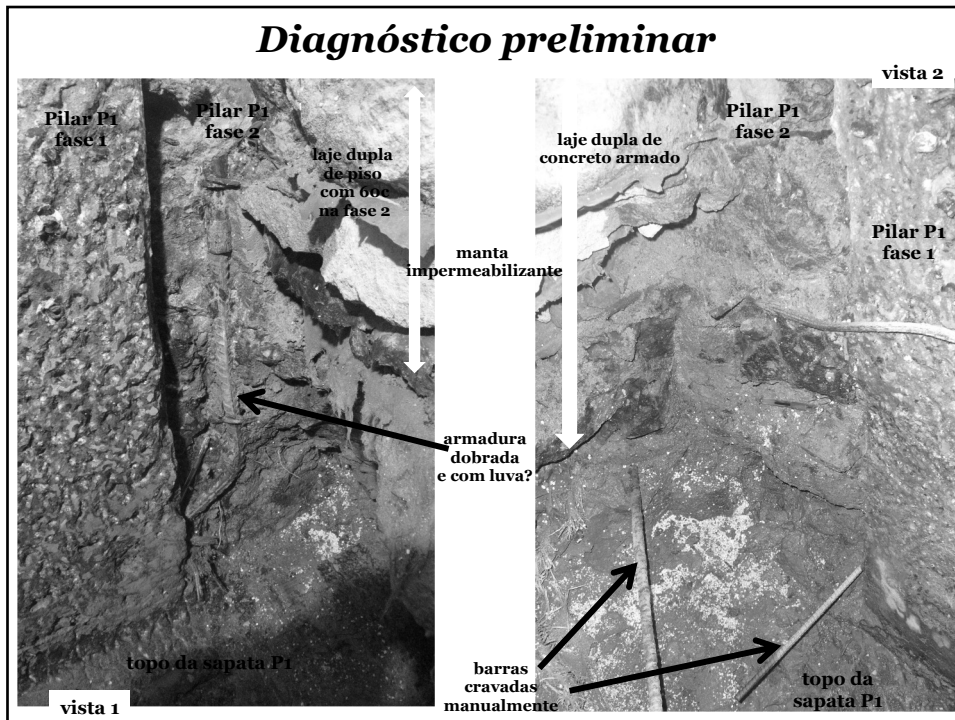
81

### *Inspeção / Diagnóstico preliminar*



82

## Diagnóstico preliminar



83

## 4. Preparação da fôrma



84



## 7.Desfôrma



85



86



87



88



89



90



91



92

## ***Pilar P1 acabado***



93

# ***Controles***

*PhD Engenharia*

94



95



96

## *Resistência a Compressão Axial*

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

97

*Hipóteses  
prováveis...*

98



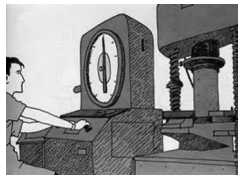


99

## *A origem e os intervenientes*



**projetista  
estrutural**



**tecnologista  
de concreto**



**fornecedor do  
material**



**construtor  
(execução)**

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

100



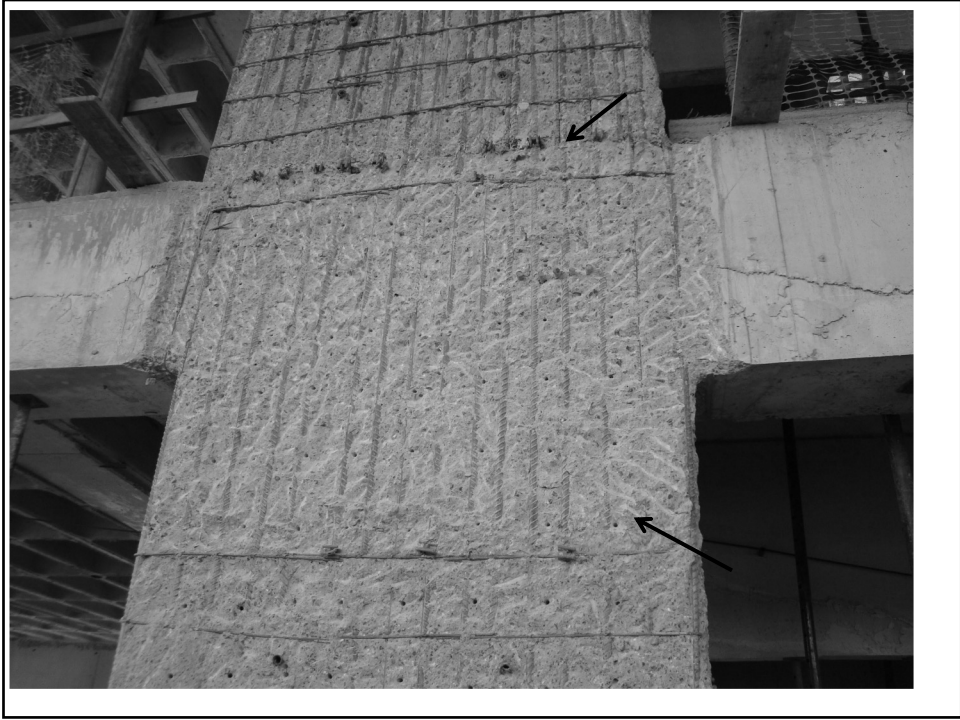
## Edifício Habitacional

# armadura de pilares *obra nova*

101



102



103



104

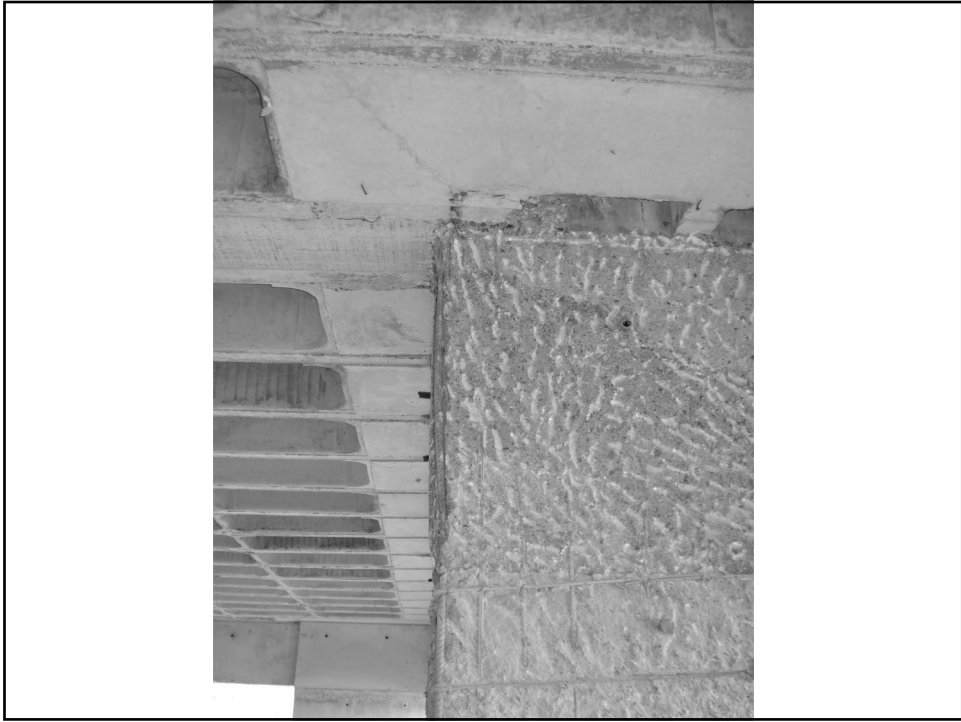
Cabeça de pilar sem  
ganchos transversais  
nem estribos



105



106



107



108

# Qual o papel do Construtor?

*PhD Engenharia*

109

- ✓ 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*

110

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade

*PhD Engenharia*

111

**outro caso  
desastroso!**

*PhD Engenharia*

112

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 %

113

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.

114



115

## Edifício Real Class



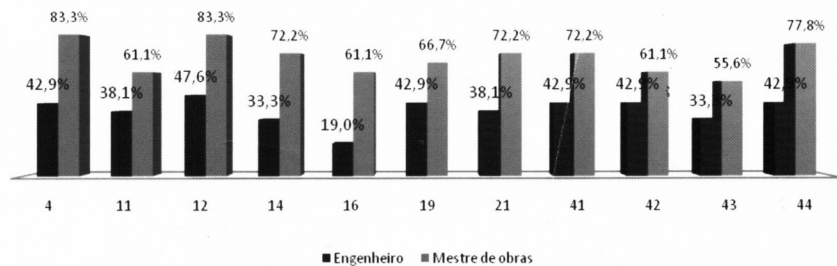
***Belém do Pará***  
***34 pavimentos***  
***105m    20.01.2011    35MPa***

*PhD Engenharia*

116



Figura 3 – Desvios de função



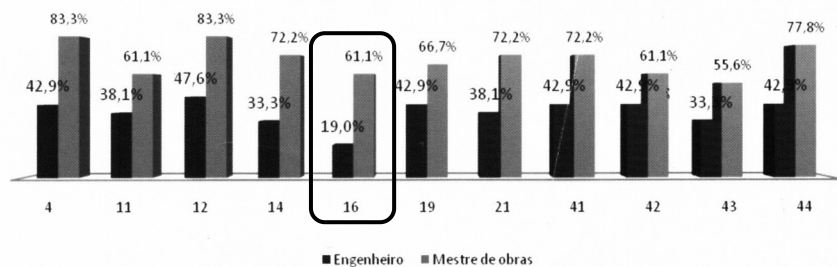
**DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS**

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a frequência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18  
PhD Engenharia

117

Figura 3 – Desvios de função



**DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS**

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a frequência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18  
PhD Engenharia

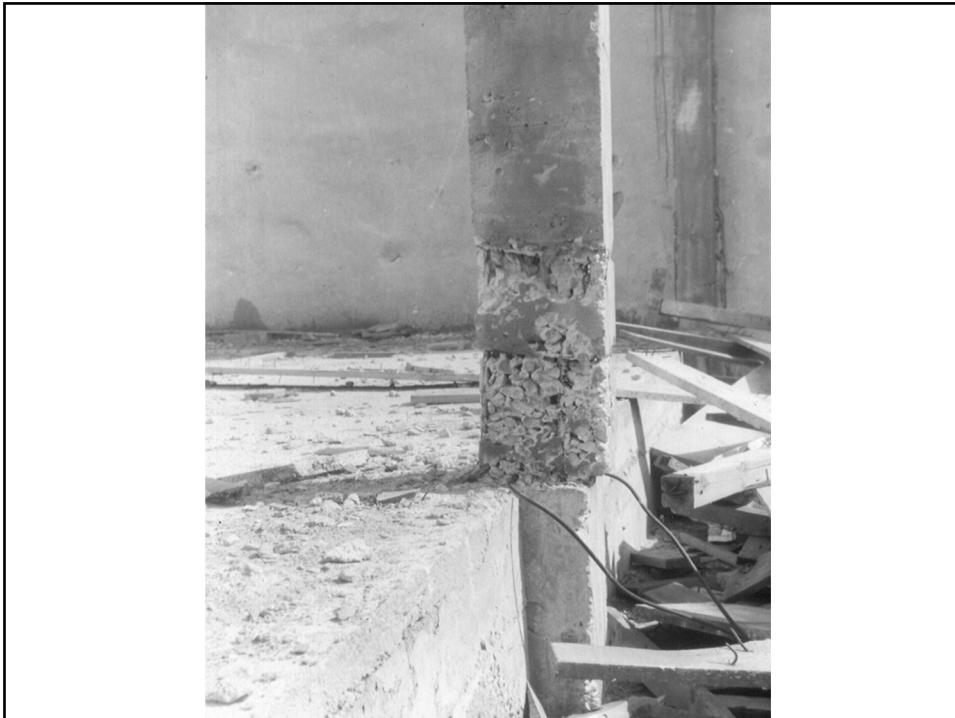
118

## Edifício Habitacional

---

# concretagem de pilares *obra nova*

119



120



121



122



123



124

## **CONSTRUTOR**

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

125

## **Edifício Areia Branca**

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

126



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

127



128



Escombros - manhã seguinte do desabamento

129



130





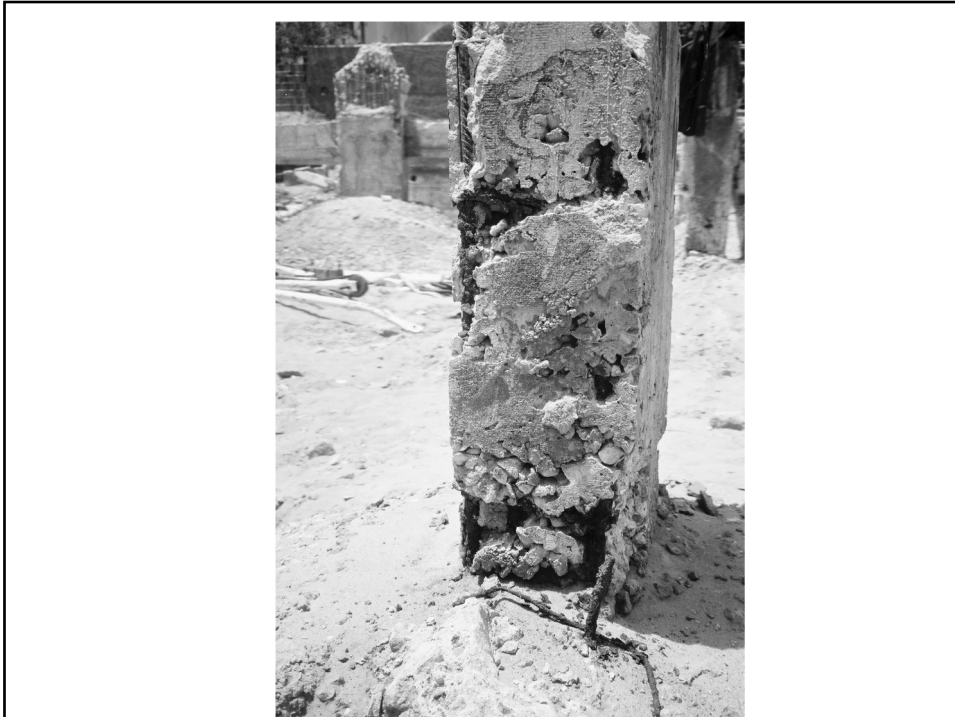
Edificações Vizinhas

131



132





133



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

134



135



136

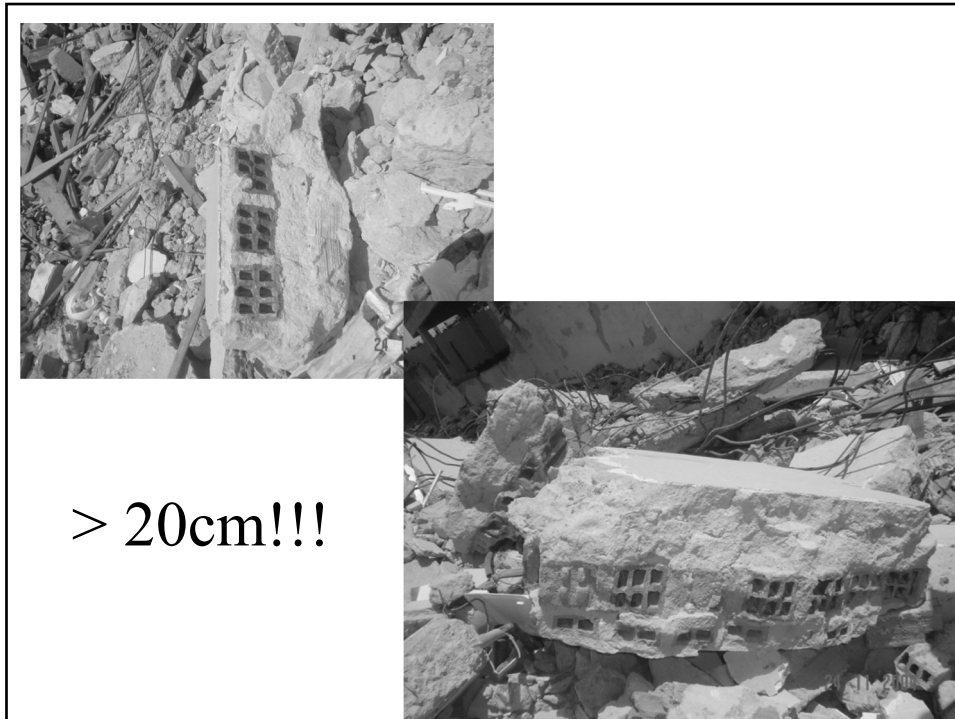


137



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

138



139

## **CONSTRUTOR**

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

140

**Edifício Emblemático**  
Alphaville, São Paulo  
50MPa  
35 andares  
Comercial  
ninho de concretagem

141



142



143



144



145



146





147



148





149



150

## **CONSTRUTOR**

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

151

## **CONSTRUTOR**

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

152

# Qual a MISSÃO do Construtor?

*PhD Engenharia*

153

## 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*

154

# Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

**Superior Tribunal de Justiça**

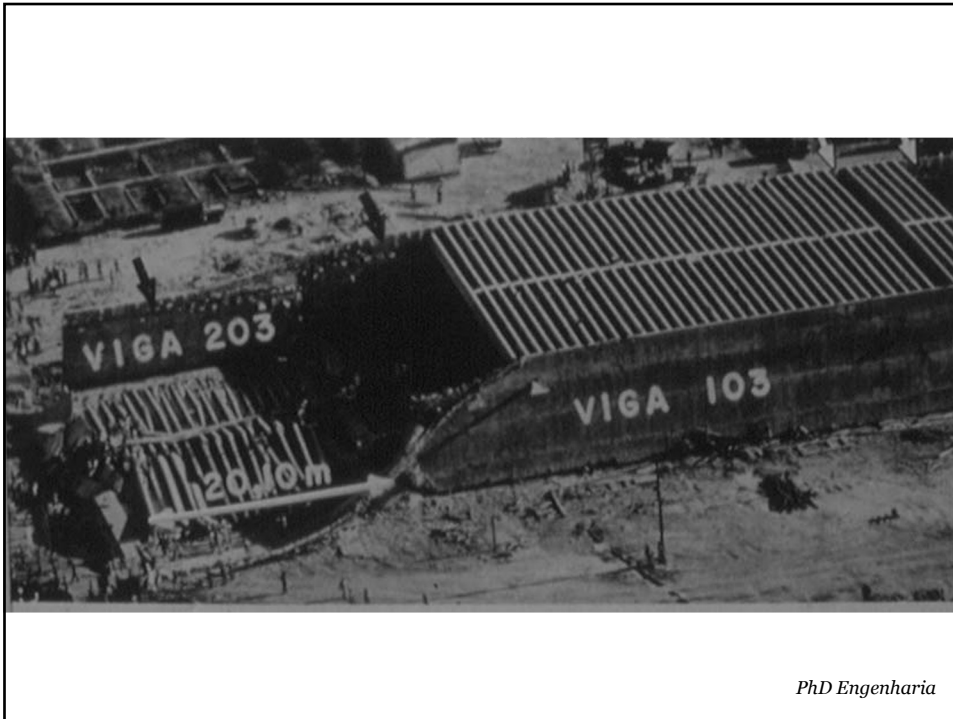
155



24,0m por 31m  
Vigas 9,8m de altura  
apoiadas em 5 pilares  
Desabou na hora do almoço

*PhD Engenharia*

156



*PhD Engenharia*

157

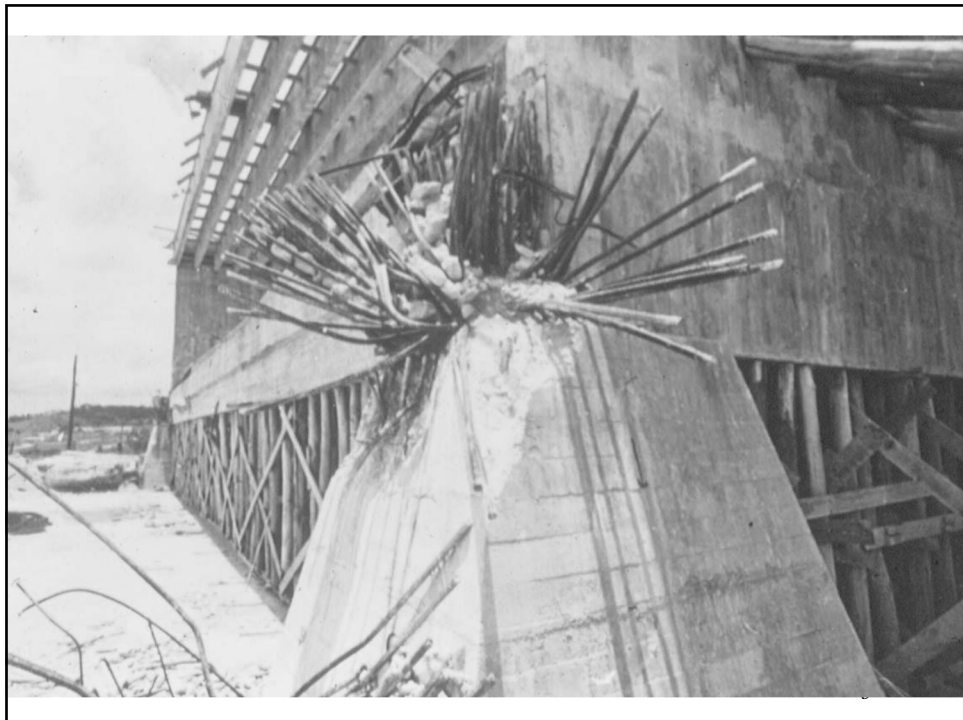


*PhD Engenharia*

158



159



160

## Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

*Bruno Contarini*



**Superior Tribunal de Justiça**

161

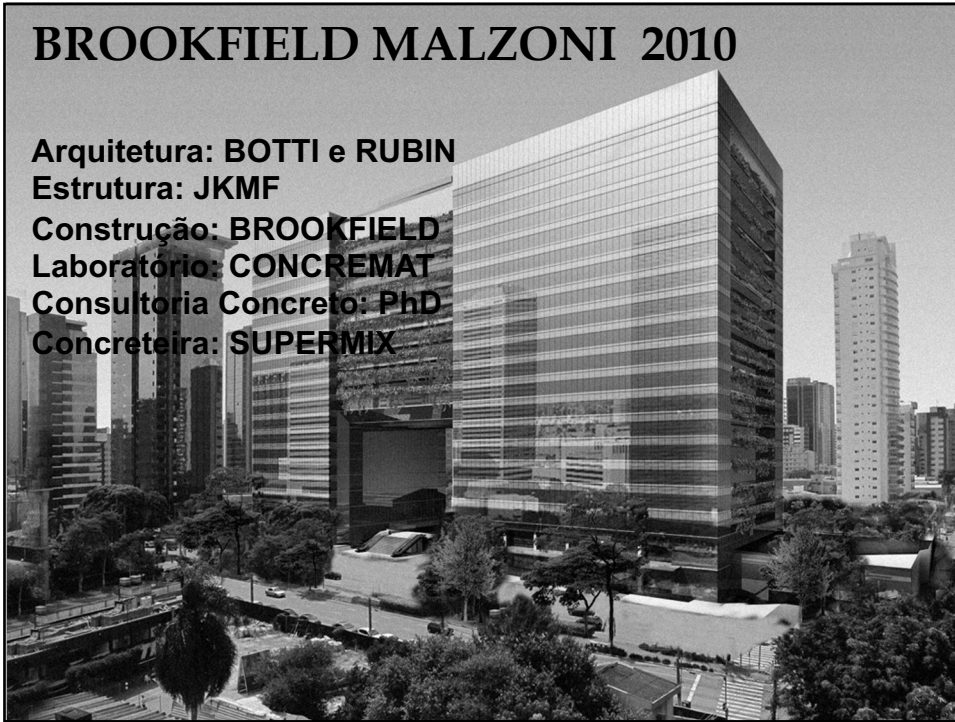
### **Avanços em Concreto**

- **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**

162

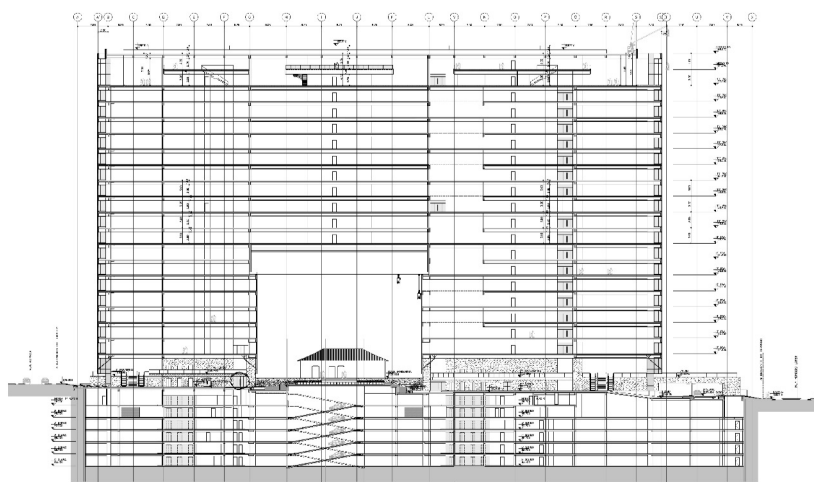
# BROOKFIELD MALZONI 2010

Arquitetura: BOTTI e RUBIN  
Estrutura: JKMF  
Construção: BROOKFIELD  
Laboratório: CONCREMAT  
Consultoria Concreto: PhD  
Concreteira: SUPERMIX



163

## *Corte longitudinal*



164





165



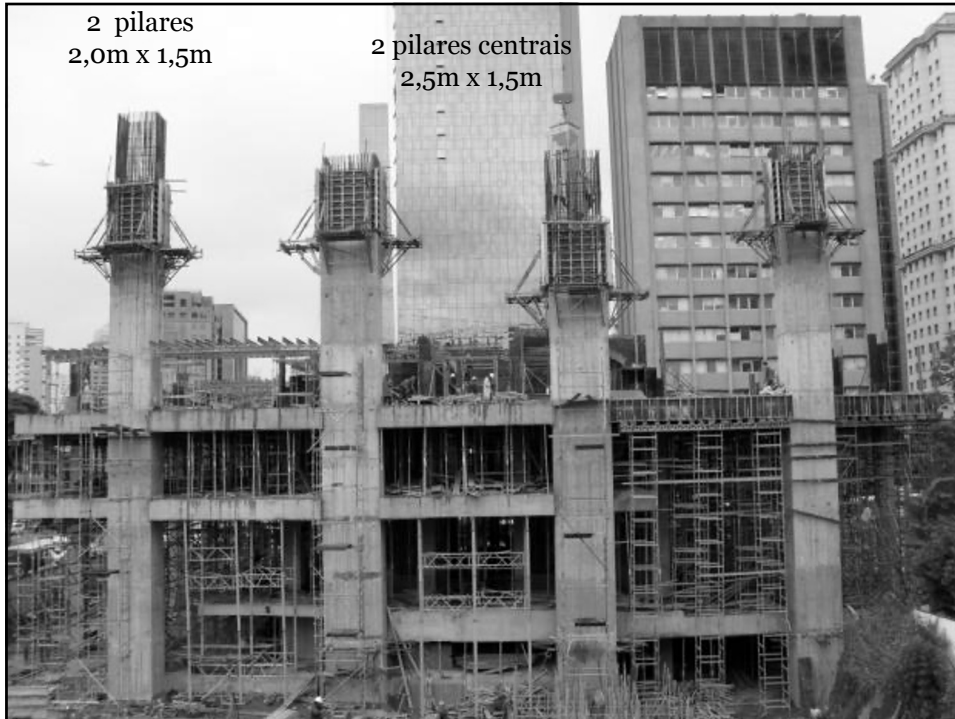
166



167



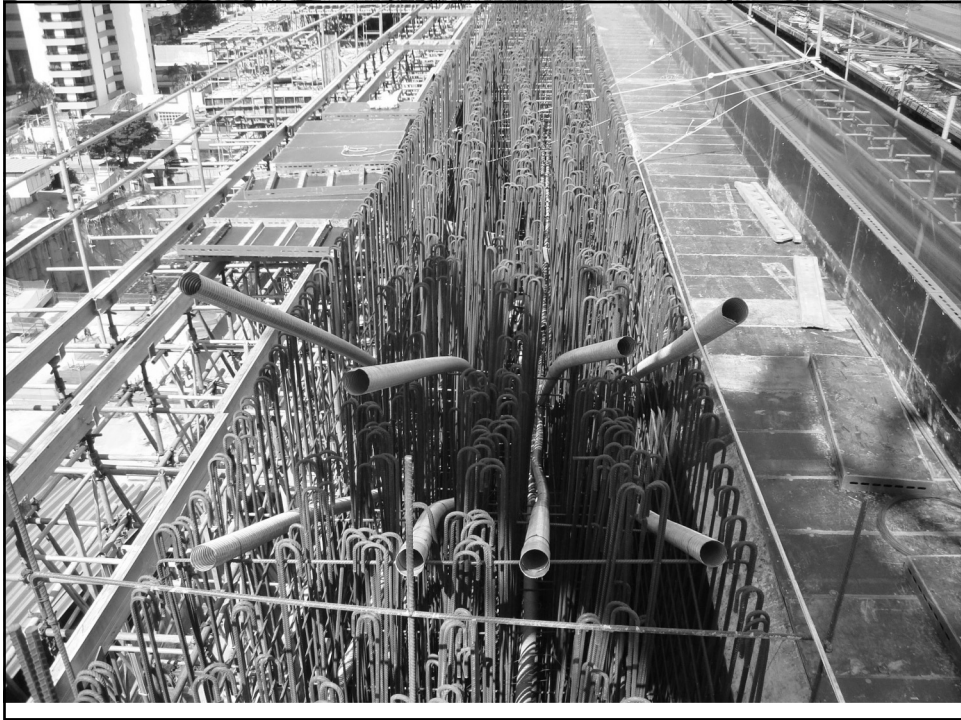
168



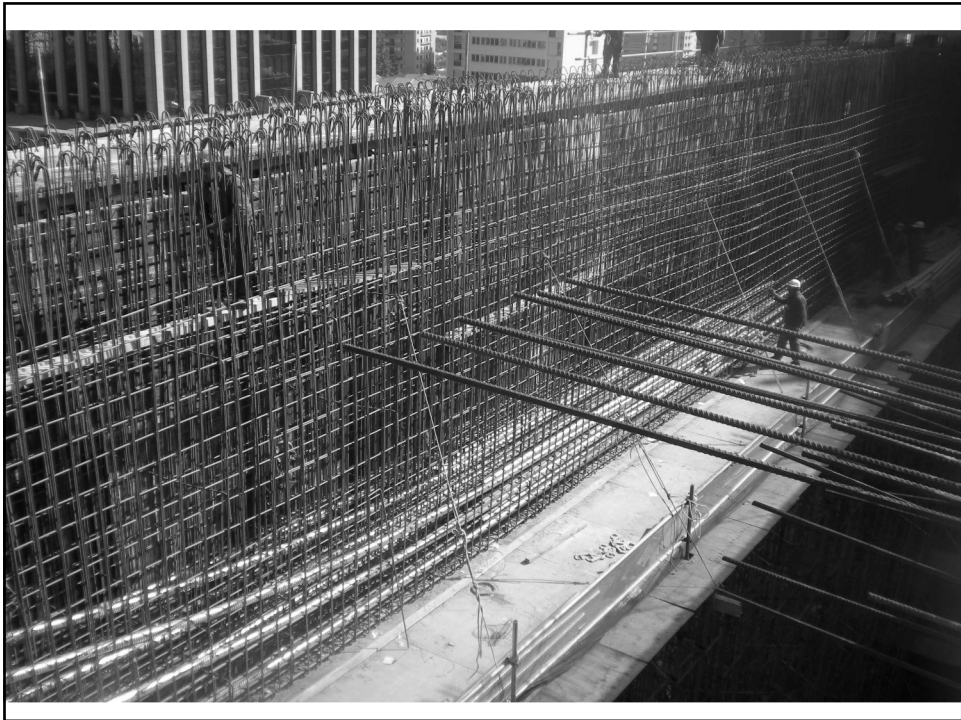
169



170



171



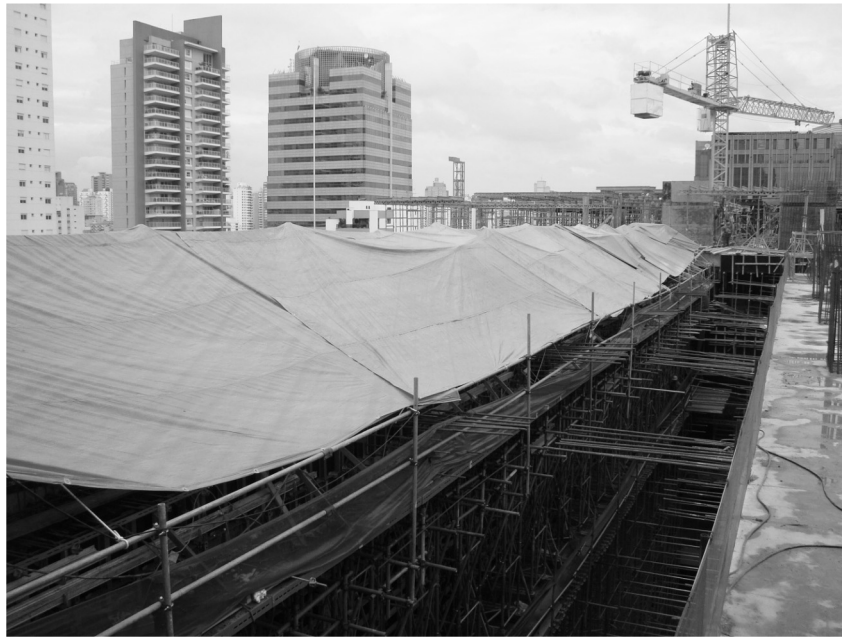
172



173



174



**proteção contra a chuva**

175

## *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*

**dato de entrada mutável**

176

176

## Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m³.°C)	T (°C)	Q (kcal/m³)
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**

177

177

## Temperatura de lançamento

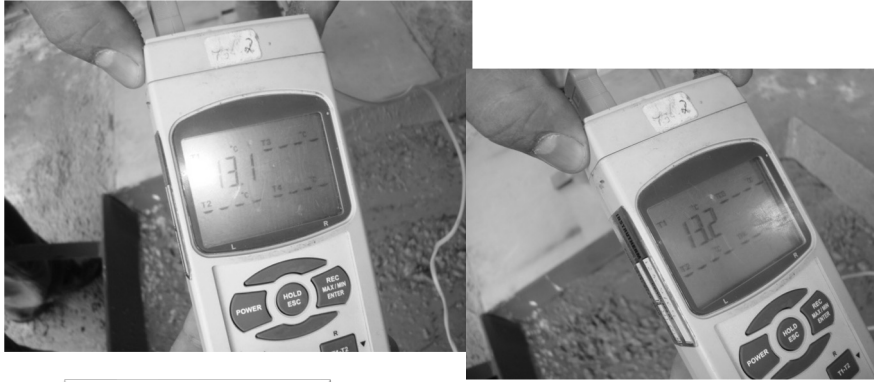
Material	Consumo kg/m³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m³.°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti - Tf (°C)	Q (kcal/m³)
Cimento.CP II E-40	365	0,240	87,60	55	0	55	4818
Microsilica	29,6	0,200	5,92	40	0	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Brita 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%**

178

178

## *Temperatura de lançamento*



**é possível ...**

179

179



*CEB-FIP  
Bulletin 38, 2007*

180

180



## *Acabamento*



181



182

**Compromiso!**

**Do your best!**

*PhD Engenharia*

183



184