



**Curso de Pós graduação – Especialização  
Patologia nas Obras Civis**

**Aprendendo com os Acidentes**



"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*

UNISINOS

19 de abril de 2013

Porto Alegre RS

O que vocês estão  
fazendo aqui, em  
2013, na UNISINOS,  
num curso de pós-  
graduação?

## Assistindo ao Curso

✓ Patologia nas Obras Civas

# Parábola da Catedral





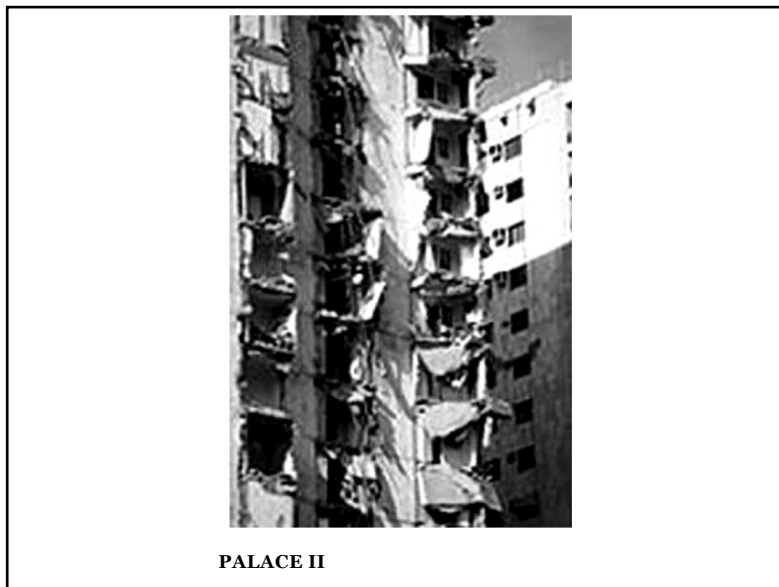
sejam muito  
bem vindos!

o Brasil  
precisa  
de vocês!

Engenharia Civil

E está  
pagando bem!  
...cada dia  
melhor!

Ser Engenheiro é  
bom... mas cuidado  
com os riscos!



10



PALACE II

11



12



13



14

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

## Laudo aponta problemas também no Palace 1

**Os problemas encontrados no Palace 1**

- 1) Falhas em elementos estruturais nos pilares, vigas e paredes
- 2) Anomalias metéólicas observadas em algumas unidades de cobertura
- 3) Infiltrações ocasionadas nas frentes de obra do pavimento térreo
- 4) Anomalias generalizadas, documentadas em infiltrações
- 5) Falhas generalizadas, observadas em unidades de utilização
- 6) Dependência de levantamento externo em elementos das fachadas
- 7) Dependência do piso do pavimento térreo

**4) Sersan é intimada a fazer:**

- manutenção de equipamentos
- apresentação de relatório de análise de materiais, especialmente a capacidade do concreto e sua composição química
- implementação de plano de reforço estrutural, com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (Smo) de 15 dias
- envio do relatório estrutural final e elaboração de parecer técnico conclusivo sob as condições de segurança (30 dias)
- retirada e reconspicação do revestimento e do pavimento cerâmico e mozaico sobre ser executado com agulheiro para proteção aos tapetes (30 dias)
- reconspicação das instalações elétrica e hidráulica (30 dias)

**FERNANDA DA ECOSMIA**  
da Sersan do Rio

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 consertar 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 sua rede de tubulação, em áreas metálicas em avançado estado de corrosão, deformações na laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e desprendimento das revestimentos da fachada de fora para dentro.

Para os engenheiros que vistoriaram o prédio, os problemas não estruturais e não foram provocados pela implusão 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 séria para que não aconteça o colapso que aconteceu com o Palace 2", diz José Manoel Iguchi, diretor do departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo Iguchi, o Palace 1 apresenta boas condições estruturais, Iguchi diz, mesmo ao se questionado sobre as possibilidades de um desabamento do prédio.

"A partir do momento em que mantemos a estrutura e elaboramos um laudo, é porque a gente tem certeza de que tem condições de recuperá-lo. Não cogitamos poder criar 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, intercalado desde o desabamento do Palace 2, permanecerá fechado por medida de segurança, até que as obras de reforço estrutural sejam feitas.

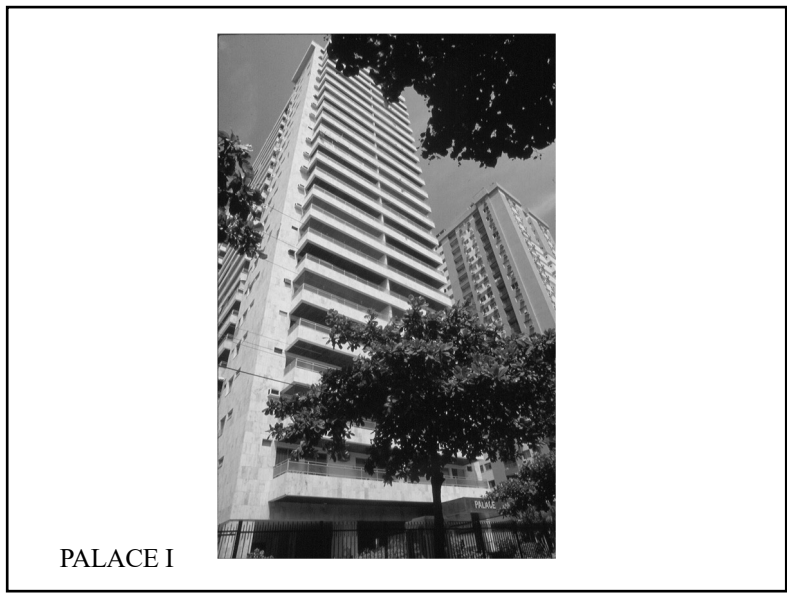
A construtora Sersan, deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e reforço às instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi assinada no escritório da construtora.

Se não conseguir cumprir em 24 horas as determinações da prefeitura, a Sersan poderá ser multada em até R\$ 100,00. A multa é dobrada a cada dia de atraso.

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

O laudo divulgado contém e aponta problemas referentes ao solo, terra e materiais utilizados na construção. Uma empresa especializada foi contratada pela prefeitura para analisar 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.

15



16

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 Nino André Borges Nascimento, 27. 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 oscar o serviço.

A Defesa Civil municipal interditou a 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 Forniga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

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

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.

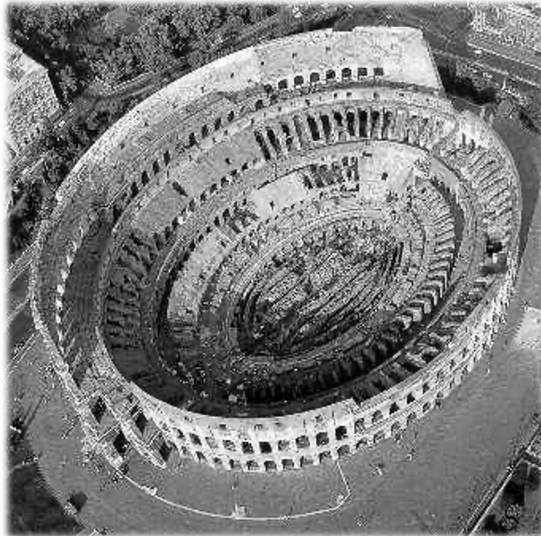


**Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio**

28 anos!

*A profissão do Engenheiro Civil  
é uma profissão de  
“confiança pública”  
...e confiança não se impõem,  
deve ser conquistada...*

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.



19

Modernamente, a denominação de engenharia civil passou a ser mais utilizada a partir do início do Século XVIII, mais precisamente em 1794, com o início da engenharia militar na Escola Politécnica de Paris, na França, quando houve a separação entre engenharia militar e civil.



20



No Brasil, o primeiro curso de engenharia civil foi criado, em 1858, na Escola Central posteriormente chamada de Escola Polytechnica, no Rio de Janeiro.



1874 - Escola Polytechnica



21

## 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”*

22

## ***Estruturas de Concreto para Edificações***

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

**PhD Engenharia**

23

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**

24

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**

25

artigo 18:

*“são impróprios ao uso e consumo os produtos deteriorados, alterados, adulterados, avariados, falsificados, corrompidos, fraudados, nocivos à vida ou à saúde, perigosos ou, ainda, aqueles em **desacordo com as normas** regulamentares de fabricação, distribuição ou apresentação...”*

- ◆ todos os intervenientes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e obras possam apresentar.
- ◆ no entanto, segundo a Justiça, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final, ou seja, **o Construtor**.

**PhD Engenharia**

26

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

27

**“Duro”  
Aprendizado!**

28

# **“Duro” Aprendizado!**

*vitórias/soluções/desafios*

29

**Robert Stephenson discurso de posse presidência Instituto dos Engenheiros Cíveis 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...”*

30

✓ **com experiência de um  
CONSTRUTOR**

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

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

*PhD Engenharia*

31

## **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

32



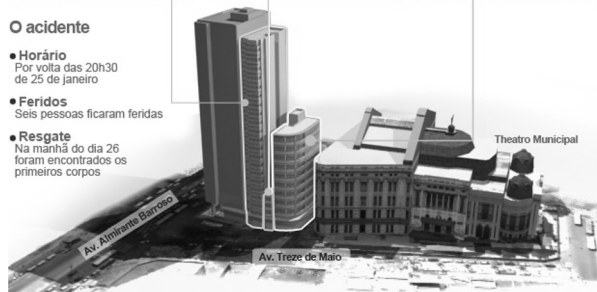
## Reação em cadeia

### 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

35

## -17 mortos no acidente;

Ed. Liberdade – Rio de Janeiro/RJ

26/01/2012

36





27

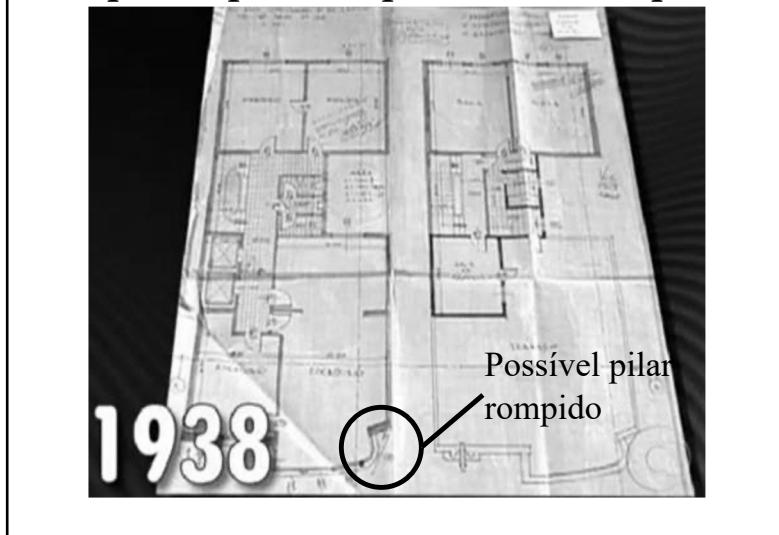


28



39

### Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



40

2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais



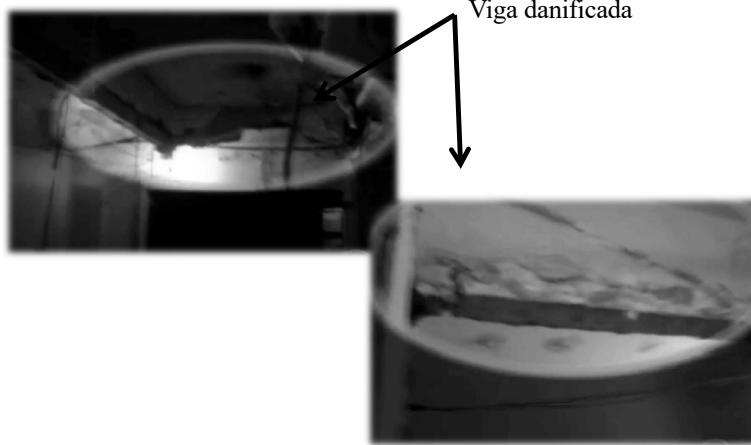
41

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 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 sobe 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 desaparecidas.

**STAYVO**  
**ESKARBT**  
**RODRIGO**  
**SAECONY**  
**RENATA**  
**BARROTO**

Perfil: 20472 - 23842  
 Assinatura: 30472 - 0954  
 Like (272)  
 Tweet (39)



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 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

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. Além disso os edifícios estão envelhecendo... Não há Justiça sem um Advogado e **...Não há segurança sem um Engenheiro!**

**PHD Engenharia**

48

## **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

49



Ed. Senador – São Bernardo do Campo/SP

Dia seguinte ao acidente

50



Ed. Senador – São Bernardo do Campo/SP

Dia seguinte ao acidente

51

## **Possíveis causas**

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

*F&D Engenharia*

52



## Implosão sem dinamite



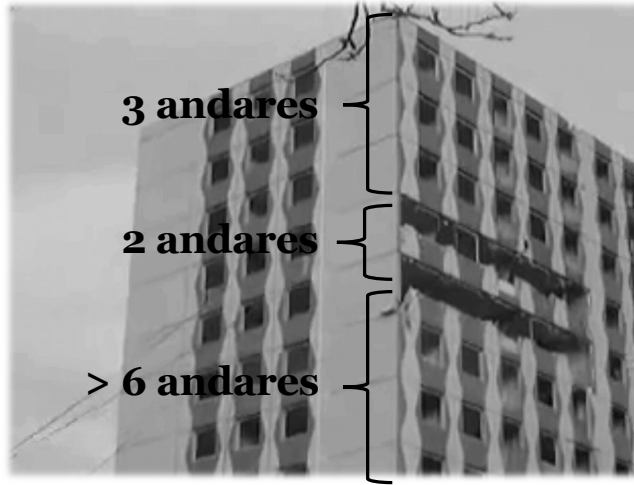
53

## Cabo de corte?



54

## Estrutura preparada



55

## Estrutura preparada



56

## Isso vai dar certo???



57

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



58

**Edifício Comercial**

**2009**

**fissuras em lajes**

*obra nova*

59



60

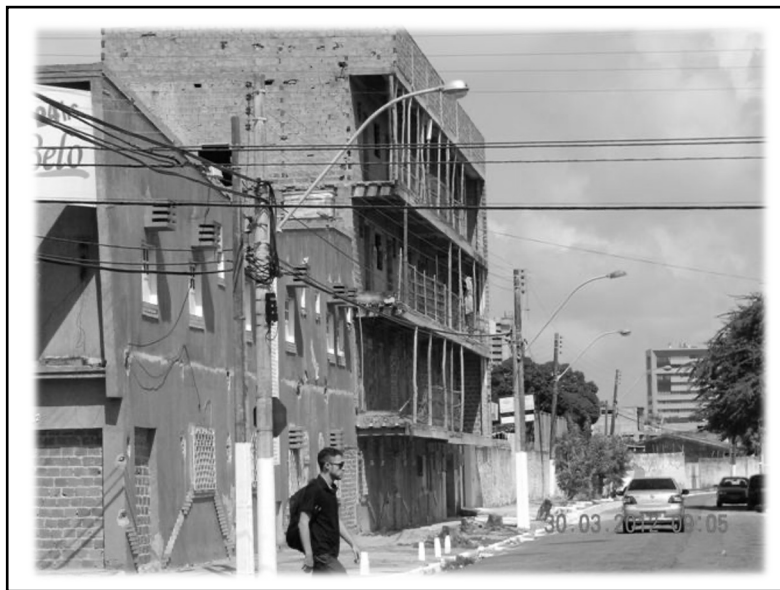


Diagnóstico:  
Mal posicionamento de armadura  
negativa das lajes adjacentes, sobre as  
vigas, devido a pisoteio durante a  
concretagem





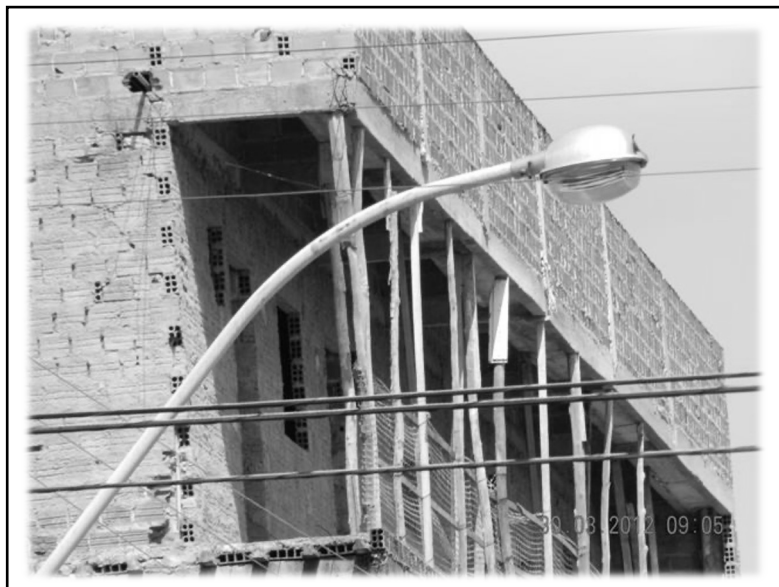
63



64



65



66



67

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

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

1 ano de idade

68

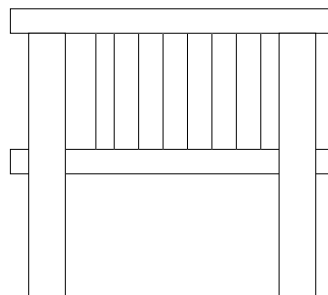




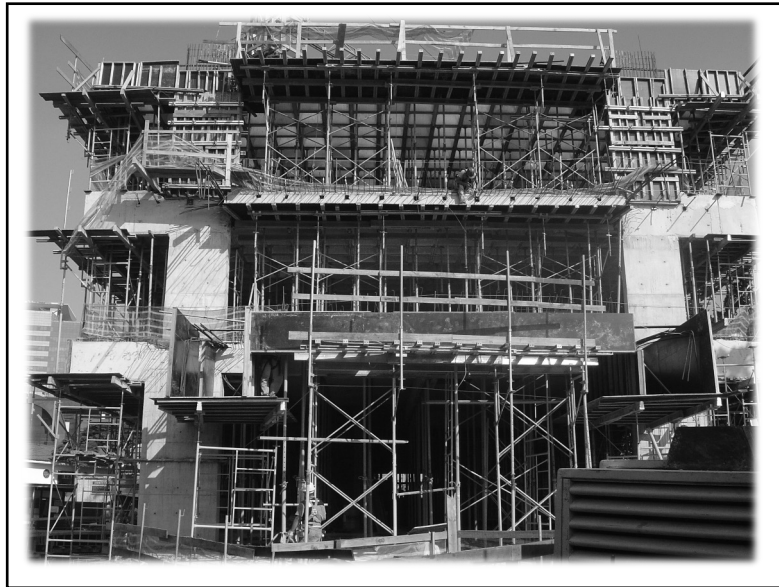
69

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

1 ano de idade



70



71

***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**

72



73



74



75

- 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**

76

**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...**

77



78



79

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 2:**

**edifício da Diretoria da Construtora**

**8º andar**

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

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**

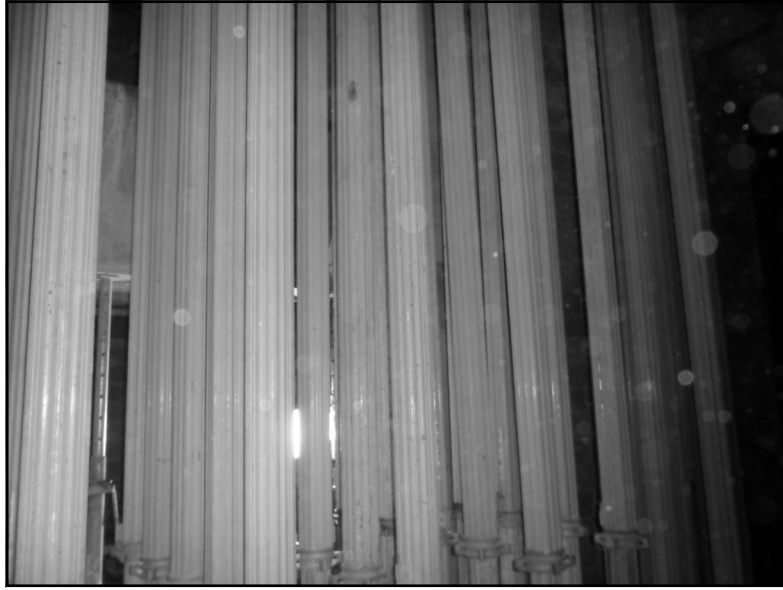
80



81



82



83



84





85



86



87



88



89

seria um caso  
de sabotagem  
??? !!!

90

**Dados do Edifício:**

**Localização:**

**36 pavimentos + 5 subsolos**

**Pilar P1 Esforços de projeto:**

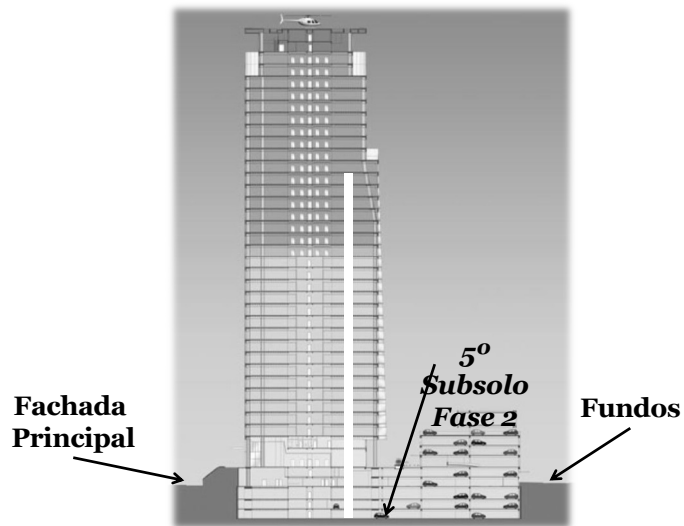
**Normal: 1.253tf**

**Mx: 55tf.m**

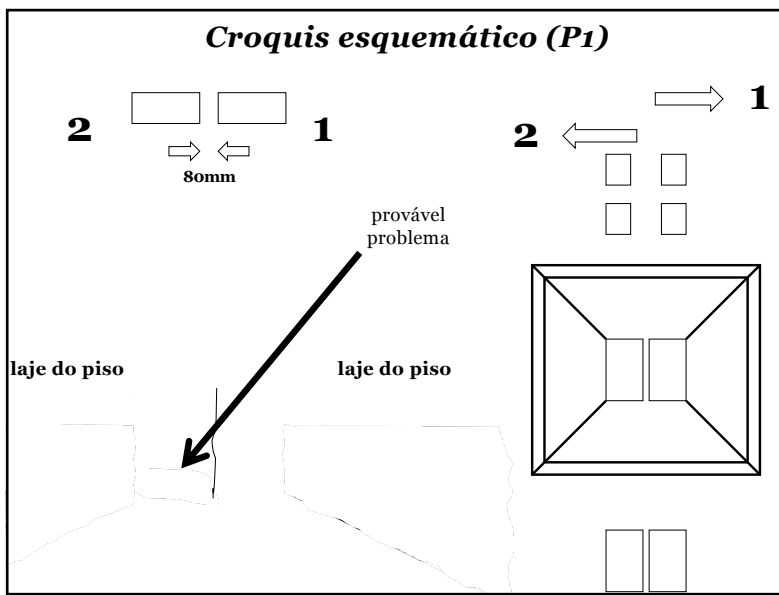
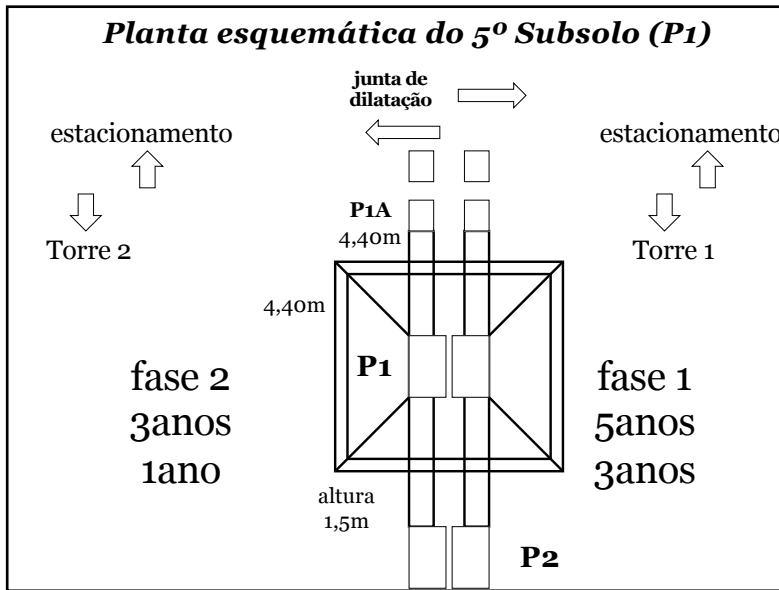
**My: 8tf.m**

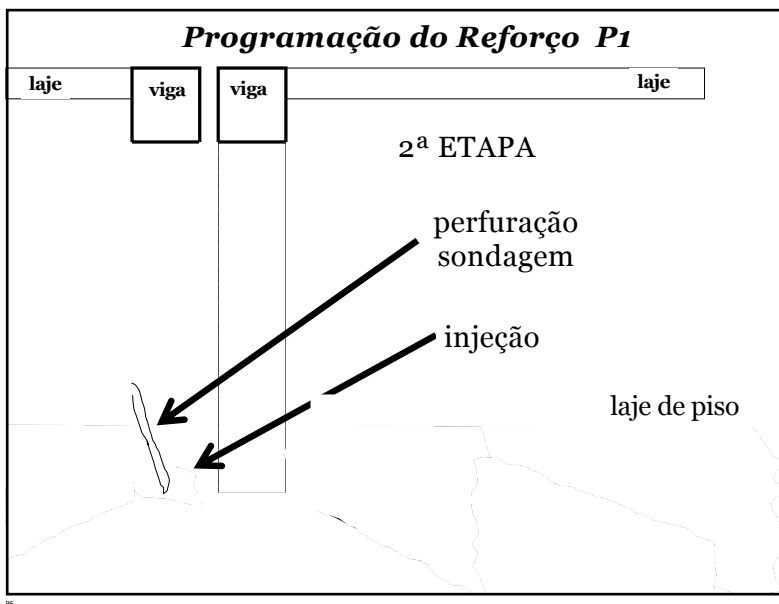
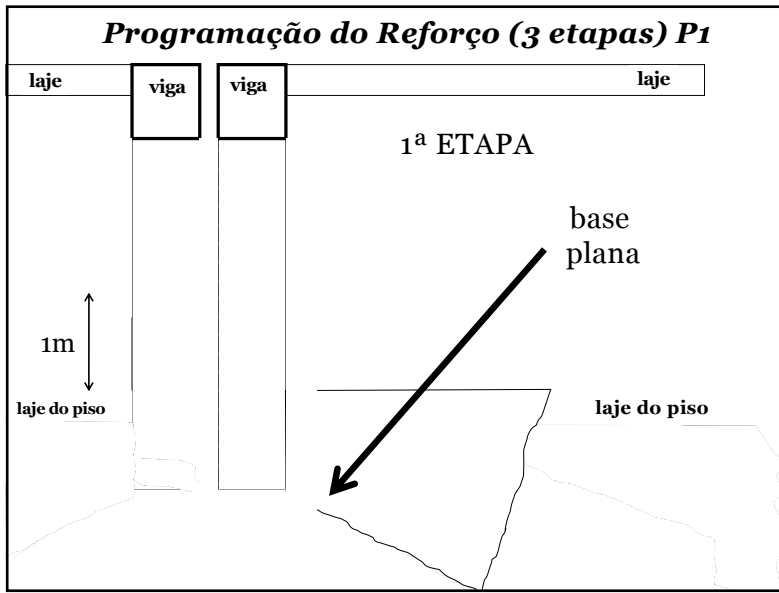
91

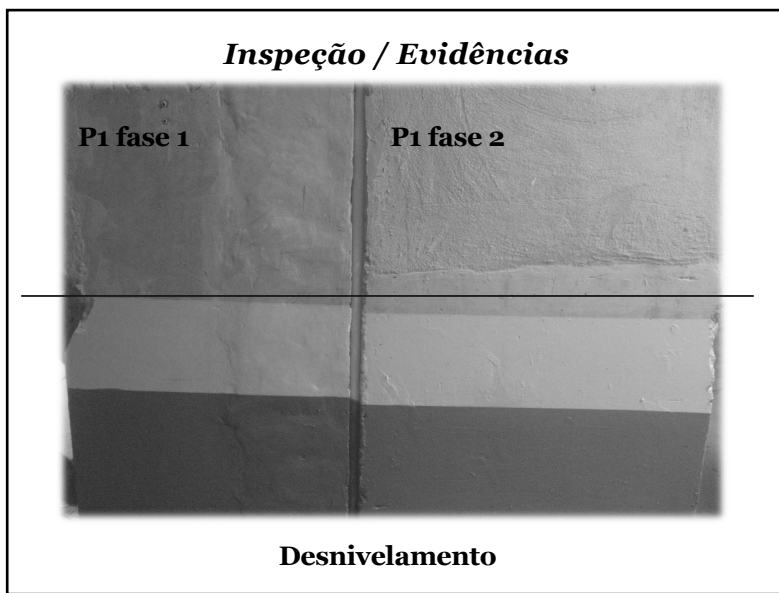
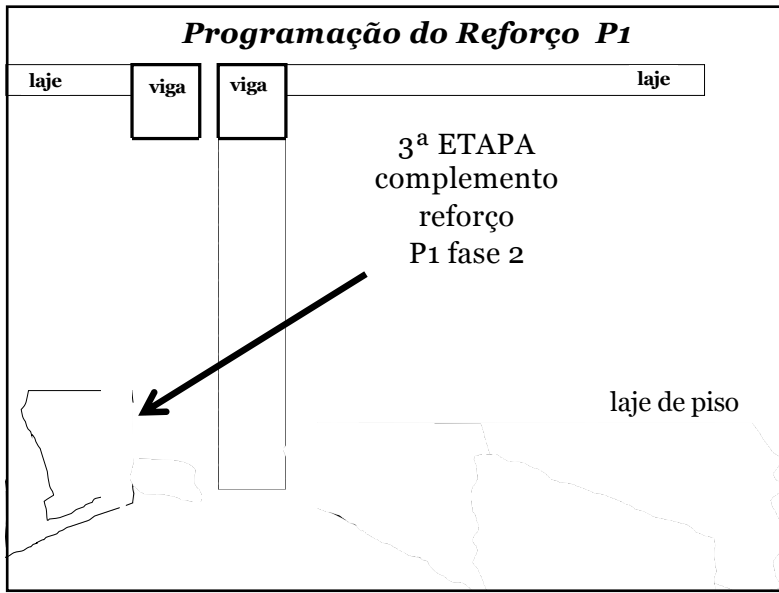
**Corte Esquemático**



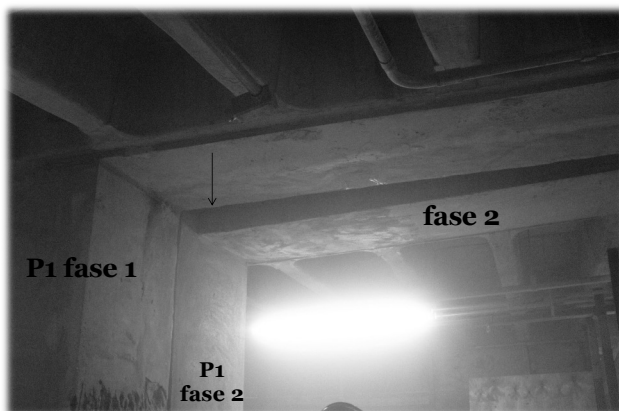
92







***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

99

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

100



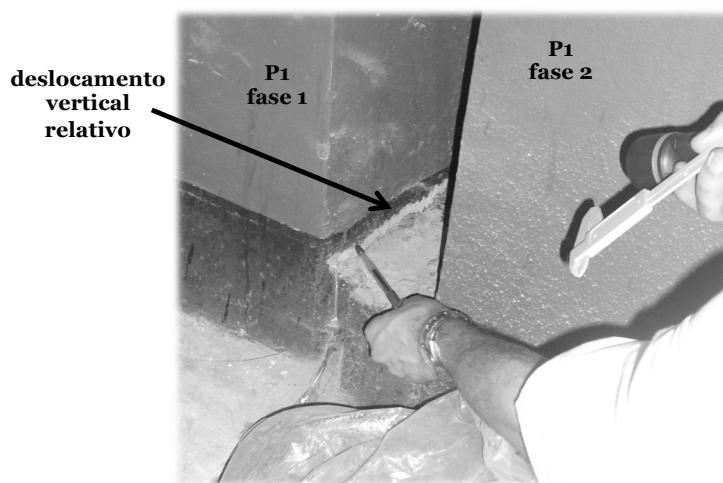
***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

101

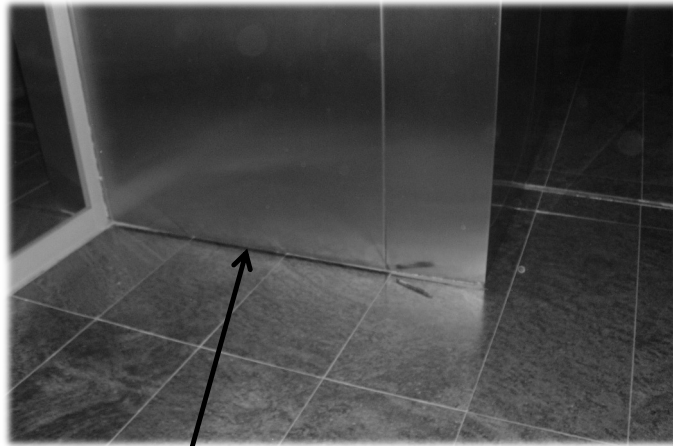
***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S4**

102

***Inspeção / Evidências***



**Desnívelamento nível S2**

102

***Inspeção / Evidências***



**Desnívelamento nível S3**

104

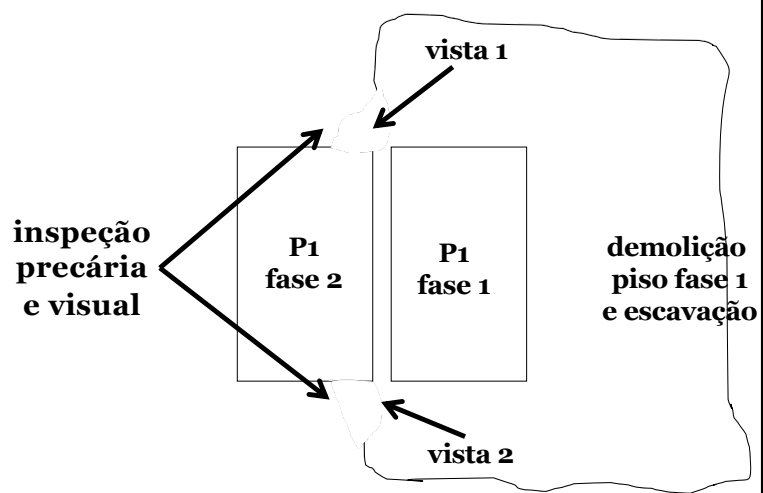
**Inspeção / Evidências**



**Desnívelamento e fissuras em vigas**

105

**Inspeção**



106

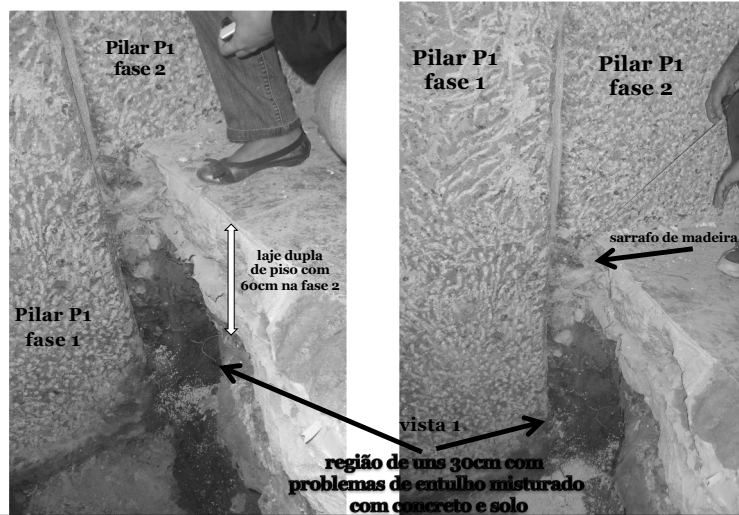
### ***Inspeção***



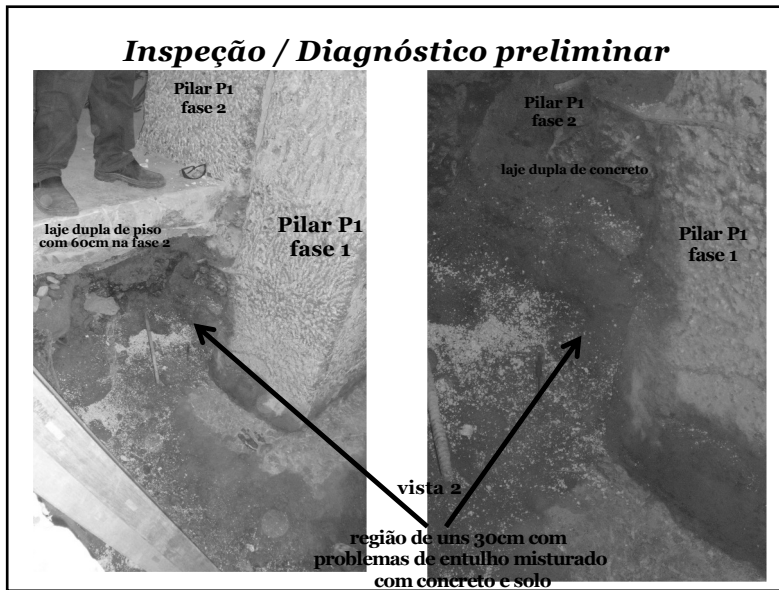
**Demolição Piso fase 1**

107

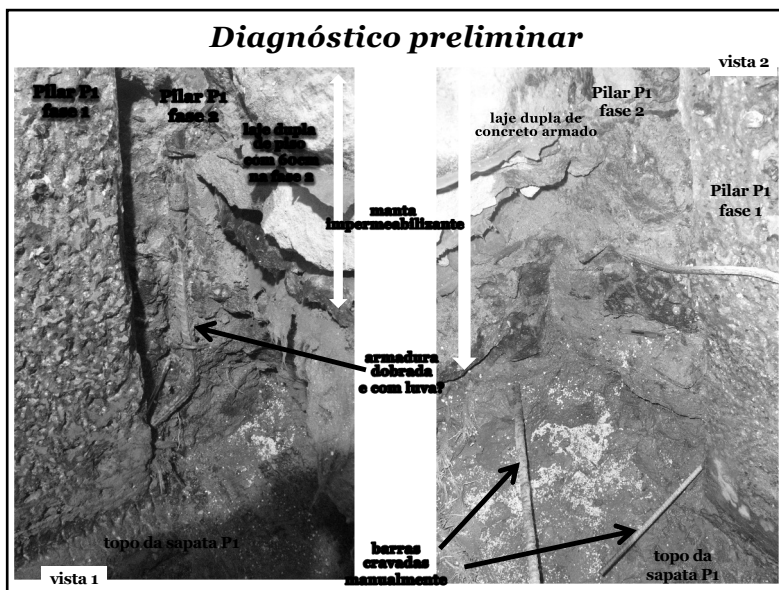
### ***Inspeção / Diagnóstico preliminar***



108



109



110

### *Inspeção*



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

111

### *Inspeção*

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

112

*Inspeção*



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

113

*Inspeção*

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

114

*Inspeção*



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

115

*Inspeção*

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

116

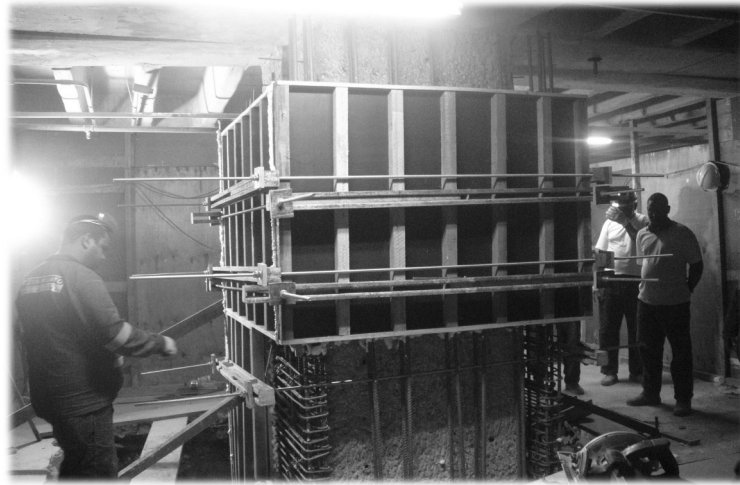


***Procedimento Padrão para Reforço  
do Pilar P1 com Problema***

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.

117

***Preparação da fôrma***



118

### ***Preparação do Graute***



119

### ***Preparação do Graute***



120

**Preparação do Graute**

8/7/2011	9/7/2011	10/7/2011	11/7/2011

122



122



122



124



125



126



127



128

## ***Pilar P1 acabado***



129

## ***Controles***

130



131



132



## *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>-</b>	<b>51,3</b>	<b>51,5</b>	<b>54,9</b>	<b>77,1</b>
	<b>-</b>	<b>52,2</b>	<b>55,5</b>	<b>57,6</b>	<b>73,8</b>
<b>Piso</b>	<b>-</b>	<b>54,1</b>	<b>46,4</b>	<b>57,4</b>	<b>75,9</b>
	<b>-</b>	<b>55,2</b>	<b>48,3</b>	<b>56,4</b>	<b>74,3</b>

132

*Hipóteses  
prováveis...*

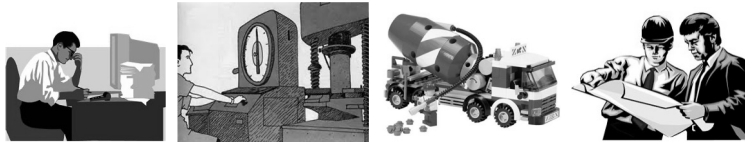
134

## ***Hipóteses prováveis...***



135

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



**projetista    tecnologista    fornecedor do    construtor  
estrutural    de concreto    material    (execução)  
“executivo”**

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

136

A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DEVERÁ OBEDECER AO PRESCRITO NA NBR 14931 / 2003

00	DESSÃO INICIAL	04/10/12		
REV.	DESCRIÇÃO	DATA		
Localização do Projeto: <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <b>ALUIZIO A. M. d'AVILA</b>                      ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA                      PROJETOS ESTRUTURAIS                 </td> <td style="width: 50%;">                     Cálculo de Projeto: ALUIZIO D'AVILA                      Dimensionamento: ALUIZIO D'AVILA                      Projeto: JOSE ANTONIO                      Supervisão: JOSE ANTONIO                 </td> </tr> </table>			<b>ALUIZIO A. M. d'AVILA</b> ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA PROJETOS ESTRUTURAIS	Cálculo de Projeto: ALUIZIO D'AVILA Dimensionamento: ALUIZIO D'AVILA Projeto: JOSE ANTONIO Supervisão: JOSE ANTONIO
<b>ALUIZIO A. M. d'AVILA</b> ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA PROJETOS ESTRUTURAIS	Cálculo de Projeto: ALUIZIO D'AVILA Dimensionamento: ALUIZIO D'AVILA Projeto: JOSE ANTONIO Supervisão: JOSE ANTONIO			
Nome e Endereço do Empreendimento: <b>EDIFÍCIO TERROÁ</b> RUA EUCLIDES PACHECO, 1141				
Assunto: <b>ARMAÇÃO DAS FUNDAÇÕES</b>				
Incorporação/Construção: <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> </td> <td style="width: 50%;">                     Estrutura: <b>ESTRUTURA</b>                      Fase: <b>EXECUTIVO</b>                      Folha nº: <b>ESTRUTURA 016</b>                      Escala: <b>00</b>                      Emissão: 04/10/12                      Hora: 1:50:12                 </td> </tr> </table>				Estrutura: <b>ESTRUTURA</b> Fase: <b>EXECUTIVO</b> Folha nº: <b>ESTRUTURA 016</b> Escala: <b>00</b> Emissão: 04/10/12 Hora: 1:50:12
	Estrutura: <b>ESTRUTURA</b> Fase: <b>EXECUTIVO</b> Folha nº: <b>ESTRUTURA 016</b> Escala: <b>00</b> Emissão: 04/10/12 Hora: 1:50:12			
Notas: <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 50%;">                     Referência:                     <p><b>EUC-EST-PE-016-FUN-ARM-R00</b></p> </td> <td style="width: 50%;">                     Nesta Folha:                     <p>BL-15-0P-1-2-3-V1-V2                      P.16-23-24-25-26-27-34</p> </td> </tr> </table>			Referência: <p><b>EUC-EST-PE-016-FUN-ARM-R00</b></p>	Nesta Folha: <p>BL-15-0P-1-2-3-V1-V2                      P.16-23-24-25-26-27-34</p>
Referência: <p><b>EUC-EST-PE-016-FUN-ARM-R00</b></p>	Nesta Folha: <p>BL-15-0P-1-2-3-V1-V2                      P.16-23-24-25-26-27-34</p>			

137

NA CONCRETAGEM DO BL-15 DEVERÁ HAVER UM CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO, COM A ADIÇÃO DE GELO.

138

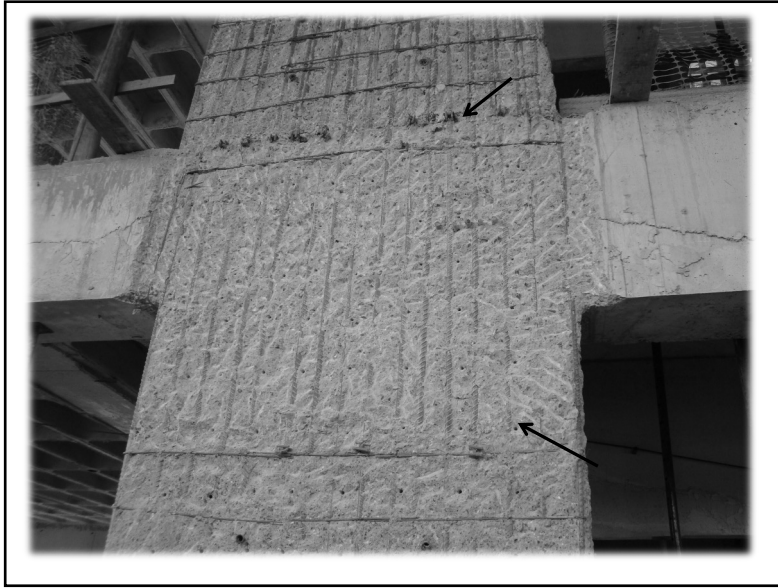
**Edifício Habitacional**

armadura de  
pilares  
*obra nova*

139



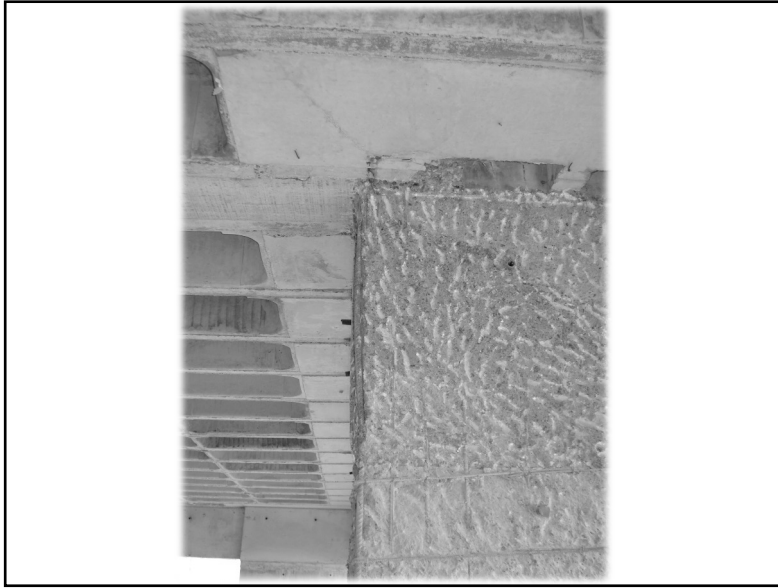
140



141



142



143



144

# Qual o papel do Construtor?

- ✓ 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!

*F&D Engenharia*

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade

147

**outro caso  
desastroso!**

*F&D Engenharia*

148



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 %

140

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.

150



151

## **Edifício Real Class**

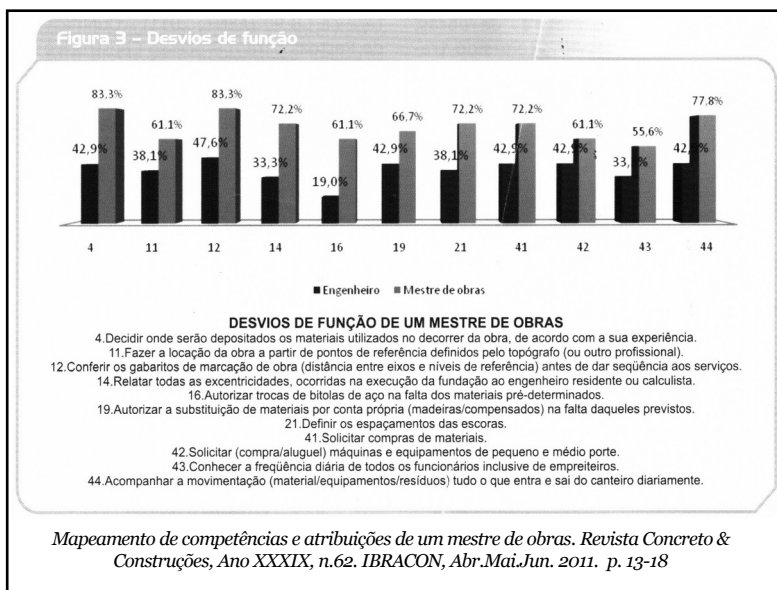


***Belém do Pará***

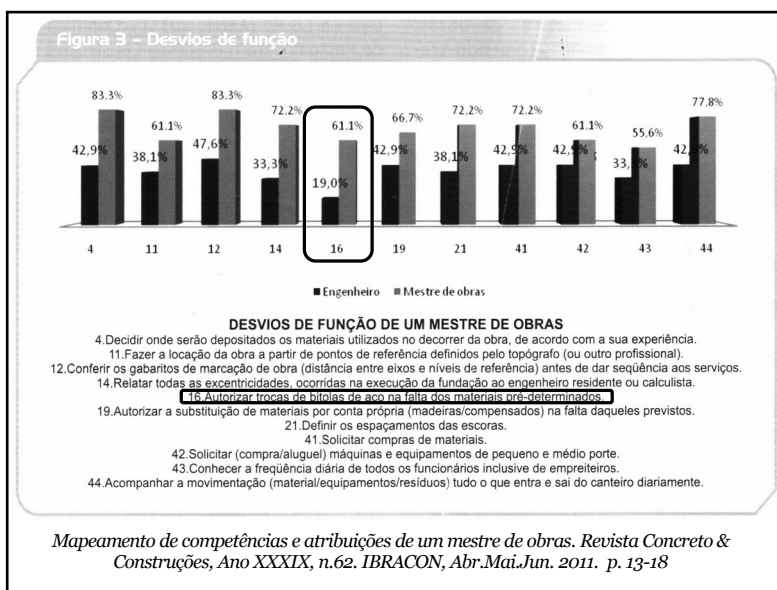
***34 pavimentos***

***105m 20.01.2011 35MPa***

152



153



154

**Edifício Habitacional**

**concretagem  
de pilares**  
*obra nova*

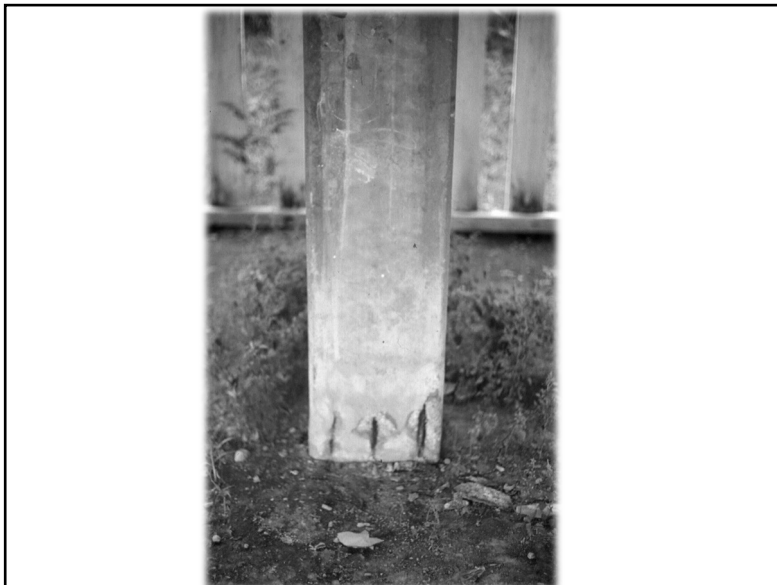
155



156



157



158



159



160

## **CONSTRUTOR**

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

### **Edifício Areia Branca**

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



163



164



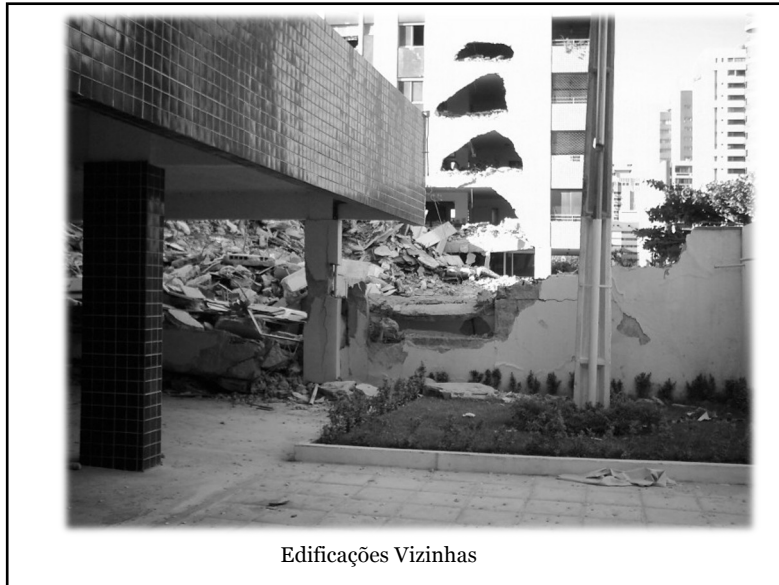


Escombros - manhã seguinte do desabamento

165



166

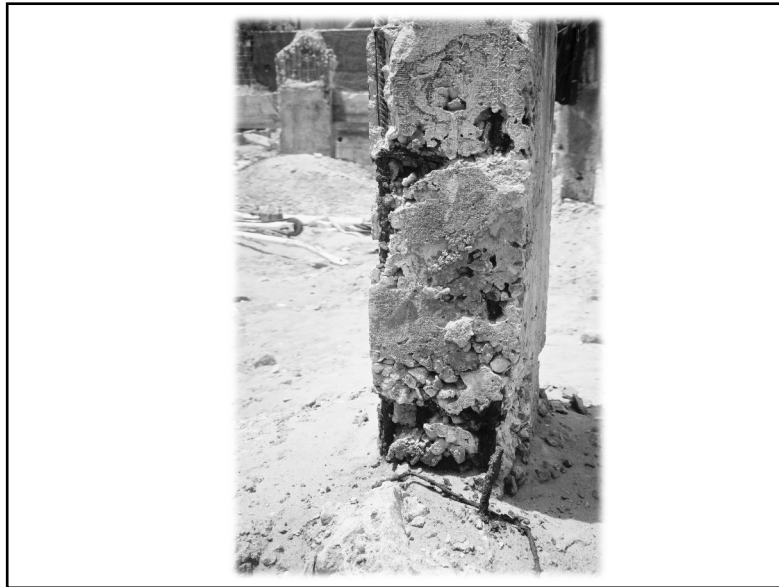


Edificações Vizinhas

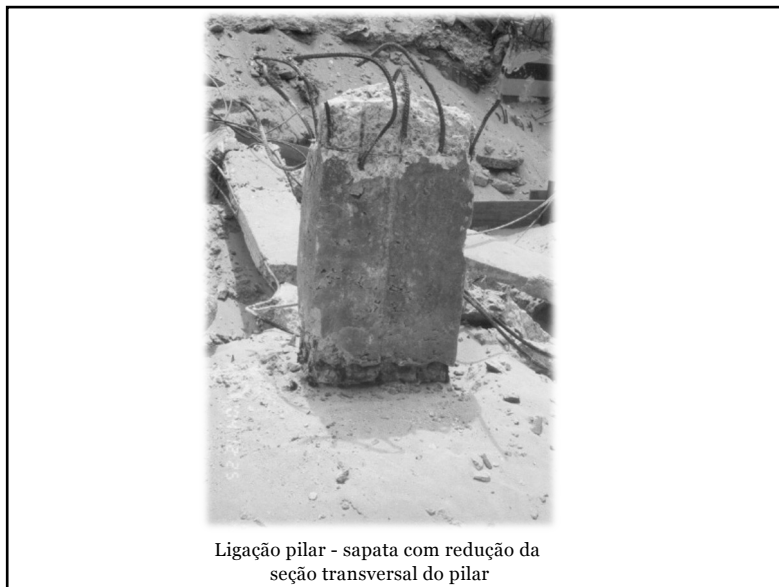
167



168



169



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

170



171



172



172



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

174



175

## **CONSTRUTOR**

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

176

## ***Estruturas de Concreto para Edificações***

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO

*PhD Engenharia*

177

### **Documentos exigidos no CONTRATO:**

1. Contrato ou Estatuto Social, com última alteração;
2. Comprovante de inscrição junto ao CNPJ/MF;
3. Comprovante de Inscrição Estadual – DECA ou declaração de isenção de inscrição emitida por contador;
4. Comprovante de Inscrição Municipal;
5. Certidão Negativa de Débito junto ao INSS;
6. Certidão Negativa Conjunta de Débitos Relativos a Tributos Federais e a Dívida Ativa da União;
7. Certidão Negativa de Débito de Tributos Estaduais ou Declaração de isenção de inscrição estadual;
8. Certidão Negativa de Débito de Tributos Municipais;
9. Certidão de Regularidade junto ao FGTS (CRF);
10. RG, CPF e comprovante de endereço do representante legal;
11. Prova do Registro no conselho regional pertinente à atividade exercida pela empresa.

178

**Documentos exigidos para pagamentos de faturas e notas fiscais nos contratos de prestação de serviços de consultoria e mão de obra**

**para proceder ao pagamento é necessário que a empresa apresente o original ou cópia dos seguintes documentos relativos a competência do mês imediatamente anterior:**

1. GPS (Guia da Previdência Social – INSS);
2. GFIP/SEFIP (Guia do Fundo de Garantia e Informação à Previdência) ou Declaração de ausência de fato gerador para recolhimento de FGTS completa (GFIP/SEFIP);
3. GRF (Guia de Recolhimento do Fundo de Garantia);
4. Folha de Pagamento mensal completa dos funcionários;

179

**Documentos exigidos para pagamentos de faturas e notas fiscais nos contratos de prestação de serviços de consultoria e mão de obra**

**para proceder ao pagamento é necessário que a empresa apresente o original ou cópia dos seguintes documentos relativos a competência do mês imediatamente anterior:**

5. Comprovante de recolhimento do ISS (Imposto sobre Serviços)
6. Declaração do contador comprovando a escrituração contábil regular da empresa.
7. Declaração do contador atestando que não há recolhimento de GPS e de FGTS;
8. Declaração do contador atestando que não há retirada de pró-labore do(s) sócio(s) da empresa;

180



1. **Carta de Traço**
2. **Conferir Nota Fiscal de Entrega**
3. **Exigir Relatórios de Ensaio**
4. **Exigir Certificados de Aferição de Prensas**
5. **Medir Consistência do Concreto Fresco**
- e...
6. **Exigir Declaração que atende ABNT NBR 7212**

*PhD Engenharia*

121



#### 7.6 Manuseio e transporte

7.6.1 Quando não for possível realizar a moldagem no local de armazenamento, os corpos-de-prova devem ser levados imediatamente após o rasamento indicado em 7.5, até o local onde permanecerão durante a cura inicial. Ao manusear os corpos-de-prova, evitar trepidações, golpes, inclinações e, de forma geral, qualquer movimento que possa perturbar o concreto ou a superfície superior do corpo-de-prova.

7.6.2 Após a desforma, os corpos-de-prova destinados a um laboratório devem ser transportados em caixas rígidas, contendo serragem ou areia molhadas.

122

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **PROJETO**:

1. *NBR 5674:2012 Manutenção de Edificações*
2. *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
3. *NBR 6120:2000 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações*
4. *NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações*
5. *NBR 6123:1990 Forças devidas ao Vento em Edificações*
6. *NBR 8953:2011 Concreto para Fins estruturais. Classificação*
7. *NBR 14037:2011 Diretrizes para Elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção das Edificações*
8. *NBR 15200:2012 Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio*
9. *NBR 15421:2006 Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos*
10. *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto. Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*

182

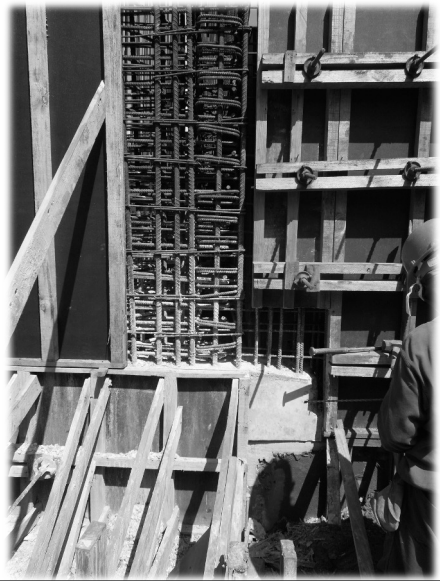
## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **PROJETO**:

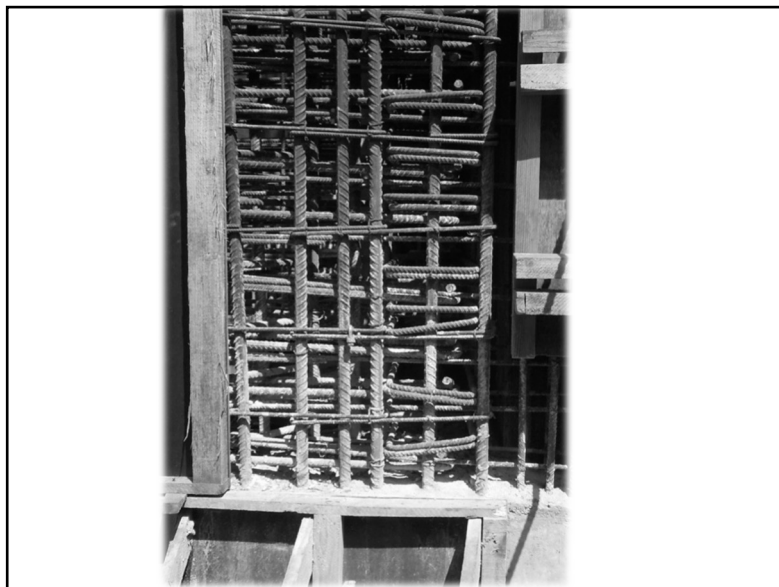
11. *ACI 315:1999 Details and Detailing of Concrete Reinforcement*
12. *NBR 7191:1982 Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado*
13. *NBR 15575:2012 Desempenho de Edifícios Habitacionais*
14. *NBR ISO 14044:2009 Avaliação do Ciclo de Vida*
15. *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
16. *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
17. *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*
18. *Corpo de Bombeiros, NR 18 MT, Prefeituras, etc.*

184

**Estruturas de  
Concreto para  
Edificações**



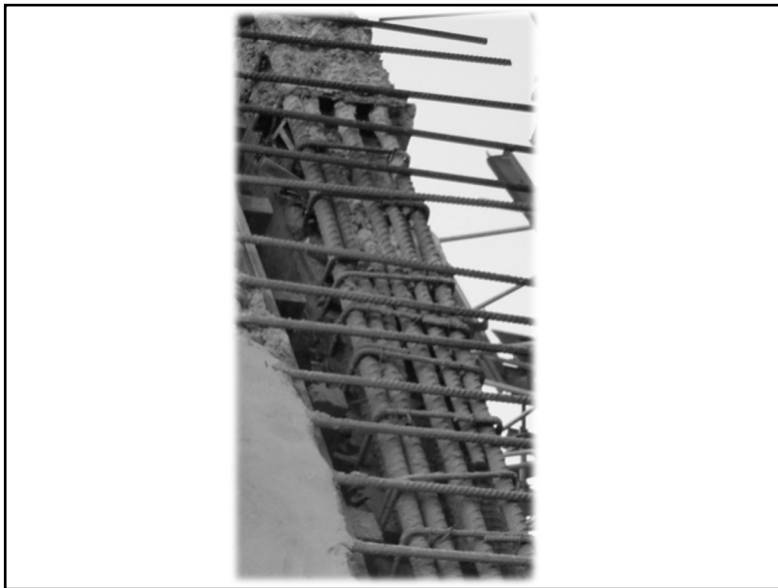
185



186



127



128

## **Edifício Emblemático**

Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

129



130



151



152



153



154



155



156





157



158

## **CONSTRUTOR**

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

199

## **CONSTRUTOR**

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

200

## **NBR 6118:2003**

*"mecanismos de deterioração e envelhecimento"*

### **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

201

## **6.3.2 Concreto → *Lixiviação***



Cobertura do  
Prédio da FAU-USP



Edifício da  
Engenharia Civil  
POLI.USP

202

## 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

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

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

202

## Como Corrigir ?

### Inspeção e Diagnóstico:

- Origem
- Mecanismo
- Agentes causadores
- Prognóstico

### Intervenção Corretiva:

- Materiais
- Equipamentos
- Mão de obra
- Procedimentos

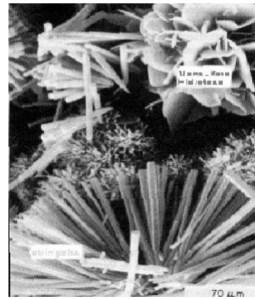
### Manutenção

F&D Engenharia

204

### 6.3.2 Concreto → *Expansão*

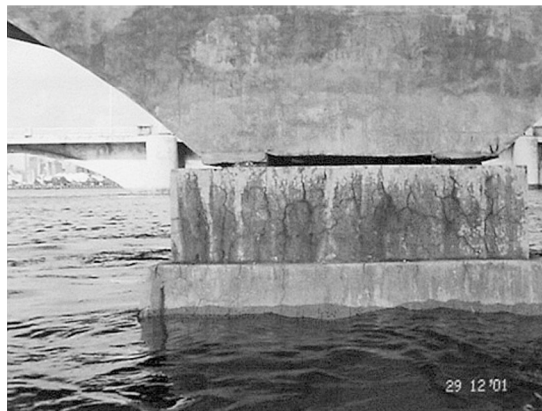
Reações expansivas  
Sulfatos,  $\text{SO}_4^{-2}$



206

### 6.3.2 Concreto → *Expansão*

**Reação Álcali-Agregado AAR**



206



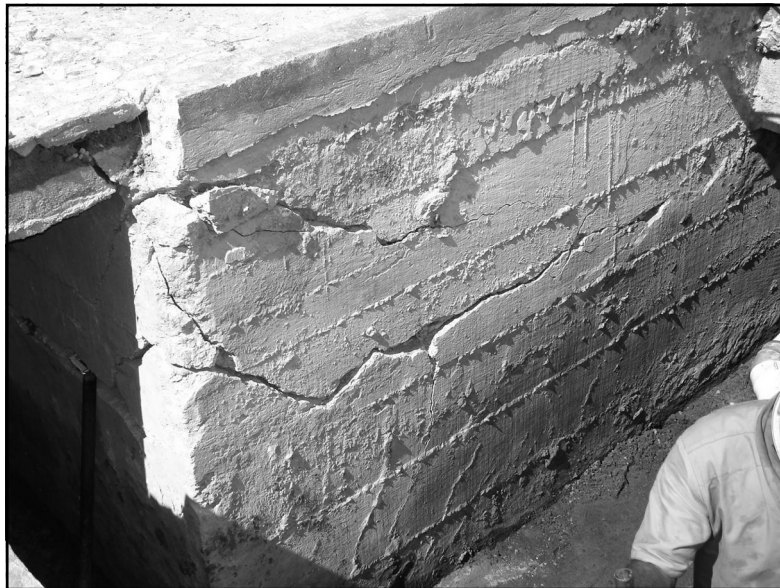
207



208



209



210

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

#### Despassivação por carbonatação

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

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



211



212



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

Despassivação  
por cloretos



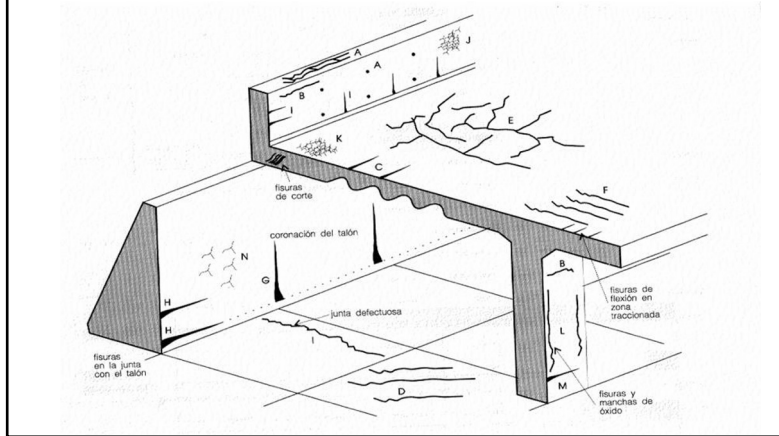
213



214

### 6.3.4 Estructura

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



215



216

# Qual a MISSÃO do Construtor?

*PhD Engenharia*

217

Qual a MISSÃO do Engenheiro?

- ✓ 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*

218

## Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

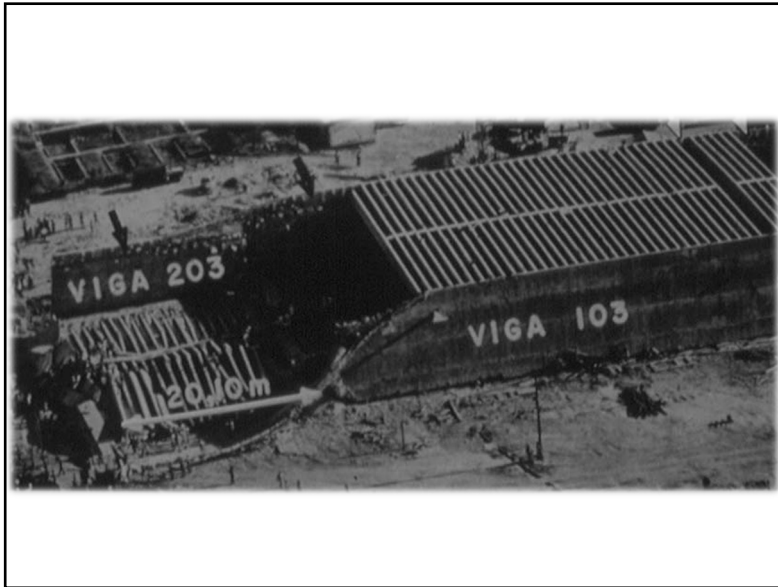
Superior Tribunal de Justiça

219

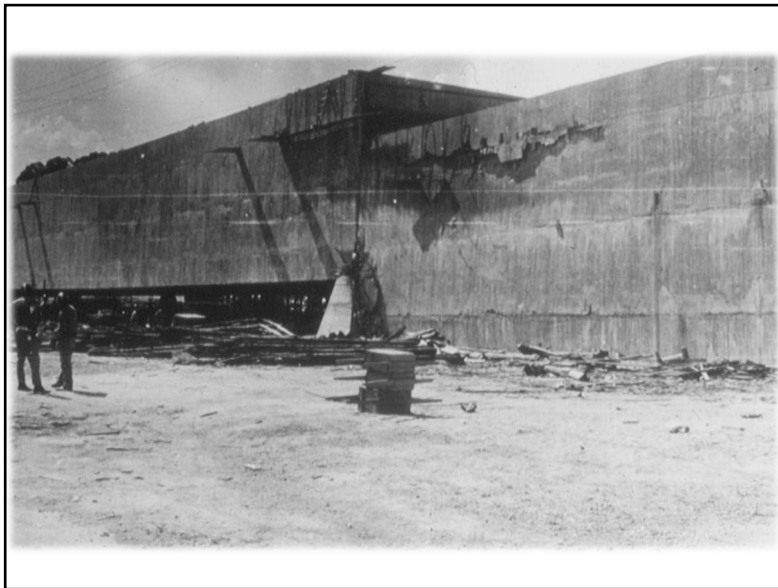


240m por 31m  
Vigas 9,8m de altura  
apoiadas em 5 pilares  
Desabou na hora do almoço

220



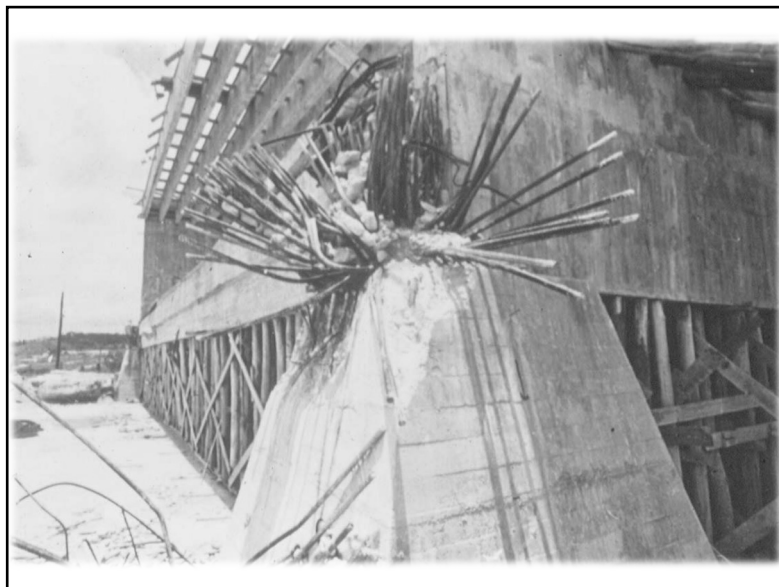
221



222



223



224

### **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**

225

### **BROOKFIELD MALZONI 2010**

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

226



227



228

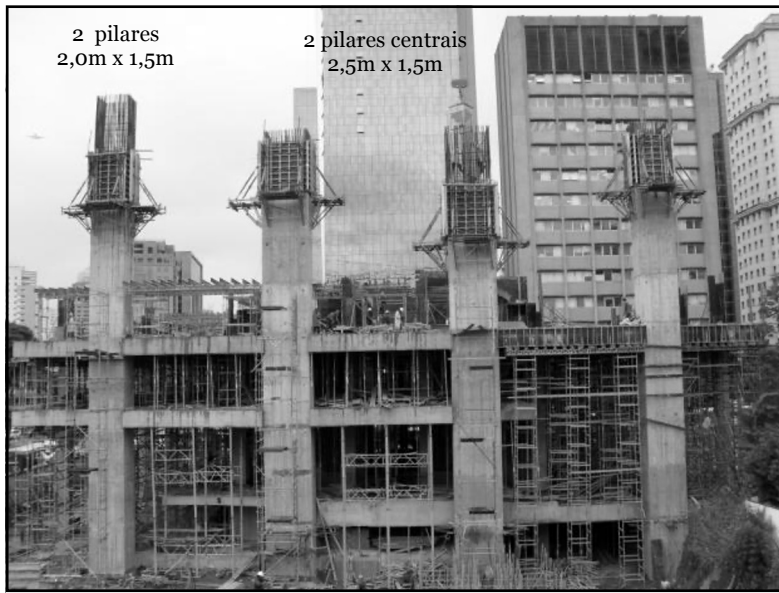




229



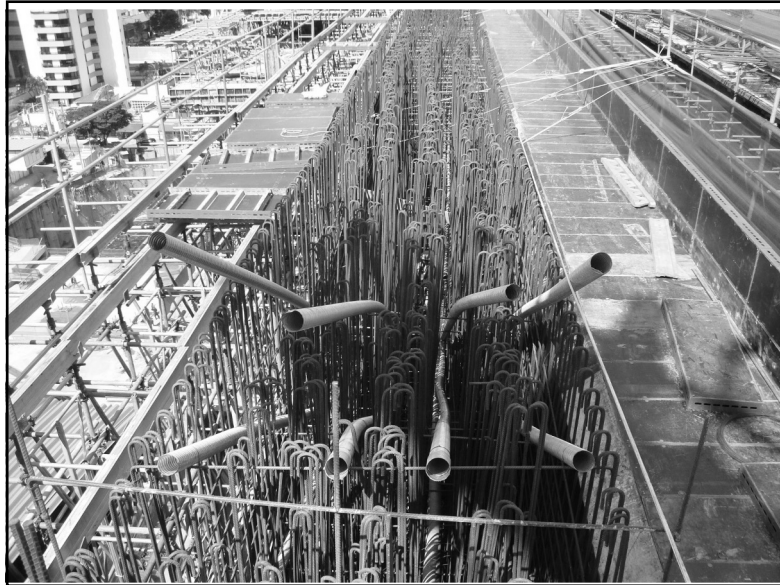
230



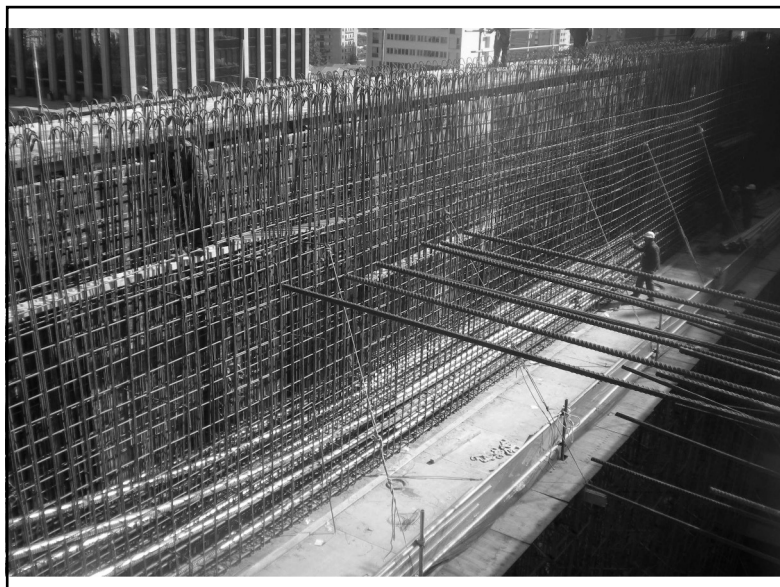
231



232



233



234



235



236



**proteção contra a chuva**

227



**escoramento em balanço**

228

## ***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**

239

## ***Temperatura de lançamento***

Material	Consumo kg/m <sup>3</sup>	Calor específico kcal/kg.°C	q = m.c (kcal/m <sup>3</sup> .°C)	T (°C)	Q (kcal/m <sup>3</sup> )
Cimento.CPII 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**

240

## Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m <sup>3</sup>	Calor específico kcal/kg.°C	q = m.c (kcal/m <sup>3</sup> .°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti-Tf (°C)	Q (kcal/m <sup>3</sup> )
Cimento.CPII 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

241

## Temperatura de lançamento



é possível ...

242



*CEB-FIP  
fib Bulletin 38,  
2007*

243



244





246

**Comprometimento!**

**Do your best!**

*F&D Engenharia*

246



247