



ROSSI
www.rossiresidencial.com.br

APRENDENDO COM FALHAS E ACIDENTES



Paulo Helene

Diretor PhD Engenharia

Conselheiro Permanente IBRACON

Prof. Titular Universidade de São Paulo

Presidente de honra ALCONPAT Internacional

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

Instituto de Engenharia SP

24 de março de 2014

São Paulo SP

1

Consumo de aço:

- ✓ 0 a 5 andares: $13\text{kg/m}^2 \rightarrow 80\text{kg/m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares: $18\text{kg/m}^2 \rightarrow 90\text{kg/m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares: $25\text{kg/m}^2 \rightarrow 100\text{kg/m}^3$

Consumo de concreto:

- ✓ 0 a 5 andares: $0,16\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 6 a 15 andares: $0,20\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 16 a 40 andares: $0,25\text{m}^3/\text{m}^2$

Consumo de formas:

- ✓ 0 a 5 andares: $1,6\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a }10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares: $2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a }10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares: $2,5\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a }10\text{m}^2/\text{m}^3$

2

Consumo de aço:

- ✓ 0 a 5 andares: $13\text{kg/m}^2 \rightarrow 80\text{kg/m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares: $18\text{kg/m}^2 \rightarrow 90\text{kg/m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares: $25\text{kg/m}^2 \rightarrow 100\text{kg/m}^3$

Consumo de concreto:

- ✓ 0 a 5 andares: $0,16\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 6 a 15 andares: $0,20\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 16 a 40 andares: $0,25\text{m}^3/\text{m}^2$

concreto estrutural

total	1750
armadura	600
concreto	500
forma	650

Consumo de formas:

- ✓ 0 a 5 andares: $1,6\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8 \text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares: $2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8 \text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares: $2,5\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8 \text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$

3

Os intervenientes



**projetista
estrutural**



**fornecedor
do material**



**construtor
(execução)**



**laboratório
(controle)**



**tecnologista
(consultor)**

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

4

Objetivos

- ✓ **segurança e confiabilidade** (*projetista, fabricante, controle e construtor*)
- ✓ **que não haja retrabalho** (*construtor*)
- ✓ **que não haja desperdício de material** (*construtor*)
- ✓ **que não haja desperdício de tempo e prazo** (*todos*)
- ✓ **que sejam reduzidas as não conformidades** (*todos*)
- ✓ **verificar se está conforme com o especificado no projeto** (*tecnologista*)
- ✓ **verificar se está conforme com o prescrito em norma** (*tecnologista*)
- ✓ **que se evitem manutenções futuras desnecessárias...** (*todos*)

a imagem da empresa não tem preço

direitos reservados 2012

PHD ENGENHARIA

5

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

6

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).”

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

7

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.”

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

8

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**.

direitos reservados aos

PhD Engenharia

9

Home » **Revistas** » Edição 2159 / 7 de abril de 2010

Índice • Seções • Panorama • Brasil • Negócios • Internacional • Geral • Guia • Artes e Espetáculos • ver capa

Automóveis

Os 5 defeitos da Toyota

A fábrica japonesa atingiu a liderança mundial ao alliar mecânica confiável a preços atrativos – até a obsessão por corte de custos solapar a qualidade de seus carros

Luis Guilherme Barrucho

Fotos: Paul Sakuma/AP e Everett Kennedy/Brown/Latin Stock



ONDE ESTÁ O ERRO?
Eiji Toyoda (à esq.) criou a linha de montagem mais eficiente do pós-guerra. Dali saíram alguns dos melhores carros do mundo – o que torna mais difícil entender os atuais problemas da montadora

VEJA TAMBÉM
• Quadro: Qualidade total em xeque

Eiji Toyoda, primo de Kiichiro Toyoda, o fundador da Toyota, revolucionou a indústria automobilística na segunda metade do século passado. No comando da fabricante de veículos japonesa, inovou ao desenvolver uma linha de montagem que diminuía a ineficiência e detectava falhas no menor tempo possível, evitando ao máximo que carros com qualquer defeito de acabamento chegassem aos consumidores. Mas essas virtudes, na última década, acabaram se transformando em vícios. Os pecados cometidos pela Toyota resultaram numa sequência de recalls que já beiram os 10 milhões de veículos e arranharam a imagem da marca, construída em mais de setenta anos de trabalho. Surpreende como uma empresa erigida sobre um pilar de frugalidade tenha sucumbido à grandiosidade. A seguir, os cinco defeitos que, juntos, feriram a reputação da líder mundial na produção de automóveis.

1. Crescimento a qualquer preço
O título de a maior montadora do globo foi conquistado em 2007, quando a Toyota ultrapassou a americana General Motors. Mas o caminho rumo ao topo começou a ser traçado bem antes. De 1995 a 2009, a fabricante japonesa dobrou, para cinquenta, o número de fábricas nos Estados Unidos, Europa e Ásia. A velocidade com que se expandia era proporcional à sua valorização aos olhos dos investidores. O plano deu certo, mas teve um custo. Disse a VEJA Tony Faria, professor de marketing da Universidade de Windsor, no Canadá: "A Toyota expandiu a produção e o número de fornecedores mais rápido do que seu departamento de qualidade podia inspecionar a cadeia produtiva".

16

2. Corte de custos obsessivo

Sob o comando do ex-presidente Katsuaki Watanabe, a Toyota reduziu em 10 bilhões de dólares seus custos operacionais no mundo entre 2000 e 2006. Um carro chegava a ser inteiramente produzido, tão logo sua concepção fosse concluída, em meros doze meses, quando o normal seria de 24 a 36 meses. A fabricante também exigia dos fornecedores o desenvolvimento de peças mais leves e baratas. Um exemplo são as alças de apoio localizadas acima das portas. O número de peças que as compunha caiu de 34 para cinco, cortando os custos em 40%. O tempo de instalação se reduziu de doze para três segundos. Isso pode ser ótimo, desde que não comprometa a confiabilidade do produto. "As estatísticas mostraram que, para cada 1% de redução no valor do automóvel, há um aumento de 2% nas vendas. É muito significativo. O problema é fazê-lo sem comprometer a eficiência dos veículos e sua segurança", diz Celso Amada, professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

3. Queda no controle de qualidade

Na sua dupla ânsia por se tornar líder mundial e cortar custos, a Toyota inevitavelmente relaxou no controle de qualidade. Um exemplo foi dado pela falha no acelerador de modelos produzidos pela empresa nos Estados Unidos. A incorporação de tecnologias ainda não plenamente testadas representa outro risco. Afirma Celso Amada: "Na ânsia de exporem ao mercado um carro tecnologicamente mais avançado, as companhias deixam de atentar para possíveis falhas".

4. Pouca transparência

A Toyota sabia desde 2003 dos defeitos causados no acelerador que provocavam a aceleração ininterrupta do veículo, mas optou por adiar o anúncio do primeiro recall. Nesse interim, a fabricante japonesa optou por indenizar os motoristas individualmente e substituir os veículos defeituosos por outros novos. Um ex-advogado da empresa acusou-a de encobrir informações a respeito dos acidentes. Em agosto de 2009, outra falha, agora relacionada ao enroscamento do tapete do motorista no acelerador, provocou a morte de um policial rodoviário americano e dos outros três ocupantes do veículo. O recall para esse defeito só ocorreria três meses depois.

5. Reação lenta à crise

Quando os recalls passaram a aparecer com mais frequência, a partir de 2009, a Toyota demorou para mitigar seus efeitos. No ano passado, das 251 queixas feitas ao órgão responsável pela segurança viária dos Estados Unidos, a National Highway Transportation Safety Administration, mais da metade (133) teve a Toyota como alvo. A própria entidade considerou "imprecisas e enganosas" as soluções prometidas pela fabricante japonesa. Como resultado, a Toyota enfrenta,

17

- ✓ **Mais de 12mil construtoras**
- ✓ **Poucas buscam excelência**
- ✓ **Poucas buscam treinamento**
- ✓ **Poucas buscam capacitação**
- ✓ **Valorizem sua empresa e honrem seu diploma**

18

Estruturas de Concreto Armado e Protendido

Conceitos

- ✓ Envelhecimento natural *previsto; não incomoda*
- ✓ Envelhecimento precoce *não previsto; caro*
- ✓ Vida útil *50, 63 e 75anos*
- ✓ Estrutura avisa colapso *saber “ouvir”*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

19

NBR 6118:2003

"mecanismos de deterioração e envelhecimento"

6.3.2 Concreto

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

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

20

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



Cobertura do
Prédio da FAU-USP



Edifício da
Engenharia Civil
POLI.USP

21

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

Mecanismo

- carreamento de sais solúveis pela água, Ca(OH)_2

Manifestação, Sintoma, Vício

- Manchas esbranquiçadas na superfície CaCO_3
- Eflorescência, pode até formar estalactites
- Aumento da porosidade interna do concreto
 - Redução do pH com risco de corrosão

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

22

6.3.2 Concreto → ***Lixiviação***

Como evitar, Prevenção, Profilaxia

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

23

6.3.2 Concreto → ***Lixiviação***

Como corrigir:

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

Inspeção, Diagnóstico e Projeto de Intervenção Corretiva

Procedimento de Manutenção

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

24

NBR 6118:2003

"mecanismos de deterioração e envelhecimento"

6.3.2 Concreto

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

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

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

direitos reservados aos

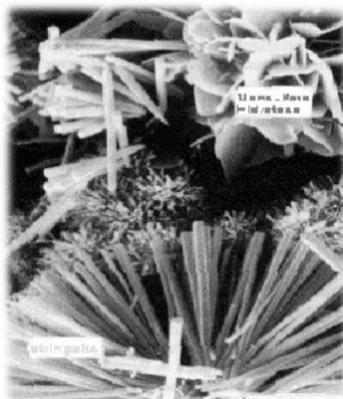
PhD Engenharia

25

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reações expansivas

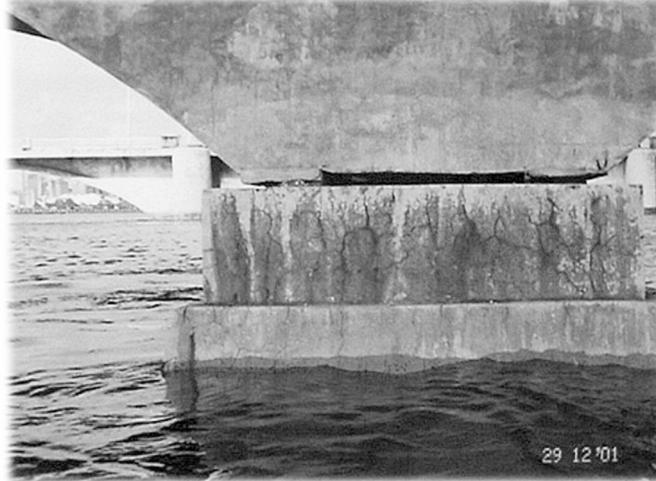
Sulfatos, SO_4^{-2}



- água de mar
- galerias esgoto
- ETE

26

6.3.2 Concreto → ***Expansão***
Reação Álcali-Agregado AAR



27



28



29



30



31

6.3.3 Aço → **Corrosão de Armaduras** Despassivação por carbonatação

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

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



32



33

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

Despassivação
por cloretos

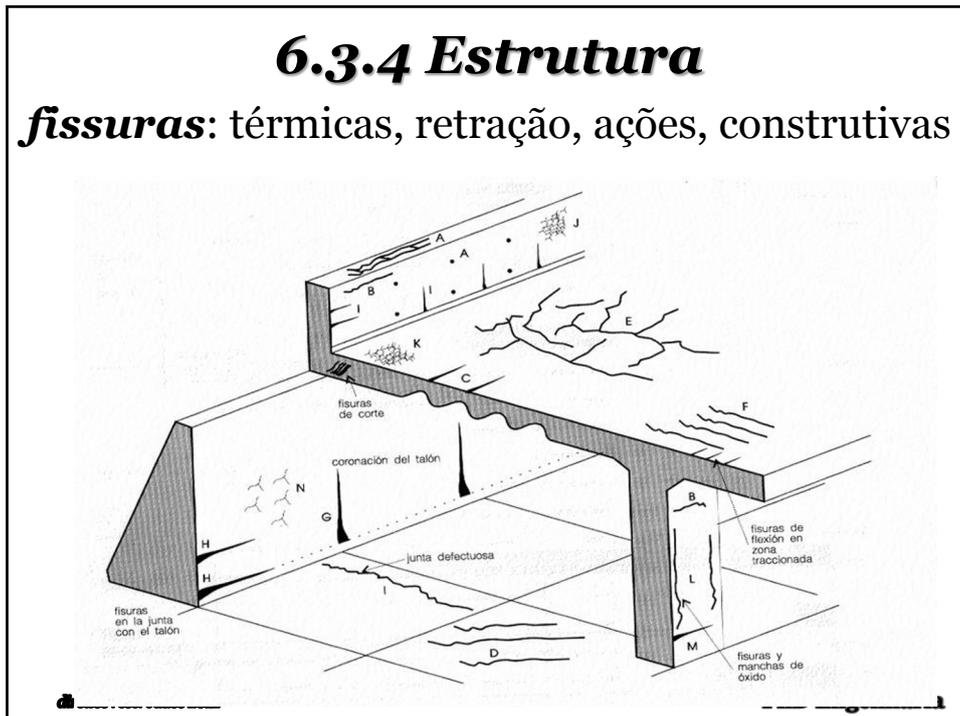


direitos reservados 2012

34



35



36



37



Edifício

Palace II

**Rio de
Janeiro**

1996

domingo carnaval

25 andares

5 anos!

39



PALACE II 5anos

40



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

41



direitos reservados aos

hD Engenharia

42

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

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

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

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

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

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

43

uma hipótese...
dramática e penosa.

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

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

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

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

44



45

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

Laudo aponta problemas também no Palace 1

Os problemas encontrados no Palace 1

- 1) Falhas em elementos estruturais nos subsolos, entre vigas e pilares.
- 2) Instalações elétricas expostas e em situação inadequada de condução.
- 3) Informações incorretas nas lajes de piso do pavimento térreo.
- 4) Manchas generalizadas decorrentes de infiltrações.
- 5) Instalações prediais (elétrica e hidráulica) em estado precário de utilização.
- 6) Desprendimento do revestimento externo (em painéis) das fachadas.
- 7) Desprendimento do piso do pavimento térreo.

O que a Sersan foi intimada a fazer

- monitoramento da edificação com equipamentos
- apresentação do relatório de análise de materiais, especialmente sobre a capacidade do concreto e sua composição química
- apresentação do projeto de reforço estrutural com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (prazo de 15 dias)
- execução do reforço estrutural (60 dias) e elaboração de parecer técnico conclusivo sobre as condições de segurança (15 dias)
- retirada e recomposição do revestimento e do pavimento danificados, o serviço deverá ser executado com guarda-fios para proteção aos transeuntes (60 dias)
- recuperação das instalações elétrica e hidráulica (60 dias)

FERNANDA DA ESCÓSSIA
da Secretaria 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 recuperar o prédio num prazo de dois meses.

Segundo o laudo, o Palace 1 — vizinho ao Palace 2, que desabou no Carnaval e foi implodido no último sábado — está com trincas nas vigas do subsolo, armações metálicas em adiantado estado de corrosão, deformações na Laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e despreendimento dos revestimentos da fachada do piso.

Para os engenheiros que visitaram o prédio, os problemas são estruturais e não foram provocados pela implosão do Palace 2.

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

“Chegamos à conclusão de que tem que ser feita uma obra rápida, para que não aconteça o cenário que aconteceu com o Palace 2”, disse Marcel Iglicky, diretor do departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo ele, o Palace apresenta hoje situação estável. Iglicky foi evasivo ao ser questionado sobre as possibilidades de um desabamento do prédio.

“A partir do momento em que mantemos a interdição e elaboramos um laudo, é porque a gente tem certeza de que tem condições de recuperá-lo. Não cogitamos perder mais um prédio, mas não temos bola de cristal para saber.”

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

A construtora Sersan deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e reparar as instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi afixada em 24 horas às determinações da prefeitura, e Sersan poderá ser multada em até R\$ 240.000. A multa é dobrada a cada dia de atraso.

A assessoria do prefeito Luís Paulo Conde (PFL) informou que, caso a Sersan não obedecer às determinações, a prefeitura pagará as despesas da obra e cobrará judicialmente da construtora.

O laudo divulgado ontem é apenas preliminar e não se refere a problemas referentes ao solo nem a materiais utilizados na construção. Uma empresa especializada foi contratada pela prefeitura para avaliar 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.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

46



PALACE I 10anos

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

47

Em abril de 1997 fui chamado para elaborar um Parecer Técnico de um edifício residencial na Barra da Tijuca, aqui no Rio de Janeiro....
Era uma edificação com 15 anos de idade e tinha problemas de corrosão...
Mas o que mais me surpreendeu foi encontrar pilares só com armaduras longitudinais sem estribos...
Recomendei um reforço estrutural das partes afetadas ... em fevereiro de 1998 caiu o Palace II e me lembrei que a construtora daquele edifício era a Sersan de Sérgio Naia e isso foi decisivo para que o síndico do edifício seguisse à risca o que havíamos recomendado.
Bem foi a primeira e única vez que vi vários pilares armados sem estribos...
Escrevo isso porque acho que ninguém em sã consciência poderia afirmar que havia segurança naquela edificação...

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

49



50



51

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

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, de 27 anos.

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

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

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

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

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

Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

28 anos!

52

Edifício Comercial

2009
fissuras em lajes
obra nova

53



54



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

55



56



57

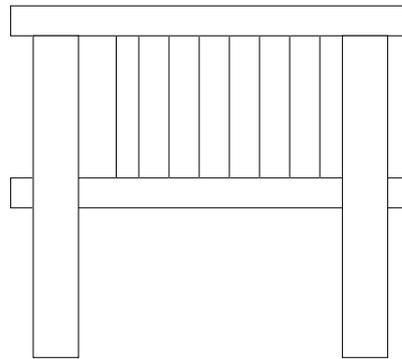


58

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

dimensionada para 150kg/m²

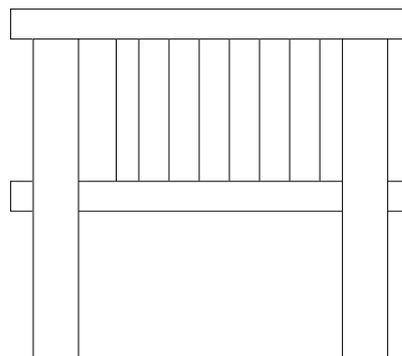
1 ano de idade



59

tem o módulo; tem o f_{ck}
mas não foi dimensionada
para essa carga

1 ano de idade



60



61

Shopping Center

11.06.2013

colapsou 40.000m²

4 lajes protendidas

3 pavimentos

vãos 7,5m x 7,5m

obra em construção

62



63



64



65



66



67

Comunicado

Shopping Rio Poty

O Shopping Rio Poty vem a público esclarecer a causa do incidente verificado na madrugada de 11/07, bem como detalhar seu plano de retomada das obras, tornado possível após reunir técnicos de renome nacional em colaboração com as autoridades públicas. A conclusão irrefutável a que se chegou foi de que o incidente se deveu a um erro de execução específico e pontual. É importante frisar que, por se tratar de erro isolado, fica garantida a continuidade do projeto. Abaixo a descrição do que ocorreu:

1 Antes de iniciada a concretagem de um trecho específico da Laje do 5º pavimento (L5), foi retirado INADVERTIDAMENTE o escoramento da Laje do 4º pavimento (L4), que se encontrava parcialmente tensionada.

Na fase final da concretagem de trecho do L5, a soma das cargas de duas lajes (L4+L5), sob uma única laje (L4) PARCIALMENTE TENSIONADA e NÃO ESCORADA, acarretou no colapso em cadeia da estrutura.

2

	Procedimento Incorreto		Procedimento Correto
<p>Laje em processo de concretagem</p> <p>Laje parcialmente tensionada</p>		<p>L5</p> <p>L4</p> <p>L3</p> <p>L2</p> <p>L1</p>	<p>Escoramento correto executado em toda a obra com exceção do trecho específico do L5 da asa afetada.</p>

68

O fundamental a destacar é que as estruturas são **SEPARADAS** em duas asas distintas. Ou seja, a estrutura remanescente sempre se manteve completamente independente daquela que foi afetada. Por conta disso, a estrutura remanescente **PERMANECE INTACTA**.

3

Divisão Entre Estruturas

Estrutura Afetada Estrutura Íntacta

PRÓXIMOS PASSOS

O plano de retomada será executado em duas frentes simultâneas. Um grupo de colaboradores concluirá a estrutura íntacta. O segundo grupo se encarregará da reconstrução da área afetada.

Remoção do estufo Reconstrução da estrutura Fase de instalações e acabamento Implantação das lojas

Finalização da estrutura Fase de instalações e acabamento Antiga data de inauguração Conclusão das obras Nova data de inauguração

Mais uma vez faz-se questão de agradecer aos cidadãos piauienses por todas as manifestações de solidariedade e apoio. O Shopping Rio Poty é desde já um marco no desenvolvimento social, cultural e econômico da cidade de Teresina. Em novembro de 2014, ele estará pronto para receber a todos de braços abertos!

Rio Poty

Mais informações na nossa Fanpage: www.facebook.com/ShoppingRioPoty

69

CREA-PI

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHEIROS DE TERESINA

RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE O DESABAMENTO DA OBRA DO SHOPPING RIO POTY

Teresina, Piauí
Setembro de 2013

Praça Demóstenes Avelino, 1767 / Centro • Teresina/PI • CEP: 64000-120
Fone: (86) 2107-9292 • Fax: (86) 2107-9253

Página 1/22

70

***Irresponsabilidade
ou
Incompetência?***

**Caso 1:
bloco de fundação
350m³
 $f_{ck} = 35\text{MPa}$
39 caminhões OK**

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

71



72



73

- **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

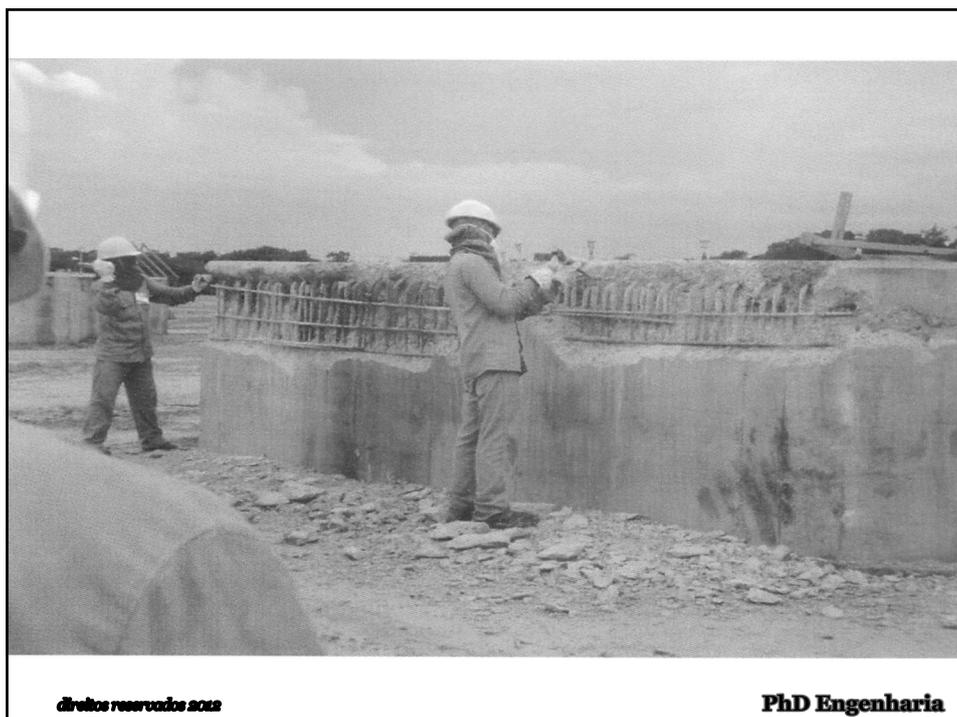
74

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...**

75



76

***Irresponsabilidade
ou
Incompetência?***

Caso 2:

Edifício habitacional

8^o andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

77



78



79



80



81



82



83

- **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**

84

Dados do Edifício:

36 pavimentos + 5 subsolos

Edifício em uso há 1 ano

Fissurou 18 andares

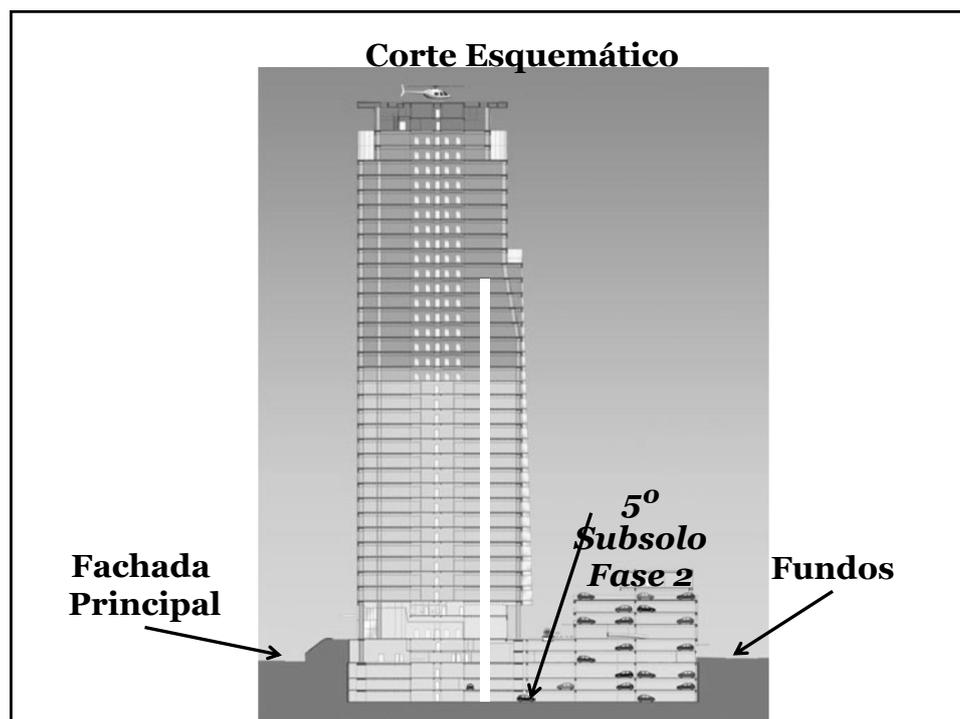
Pilar P1 Esforços de projeto:

Normal: 1.253tf

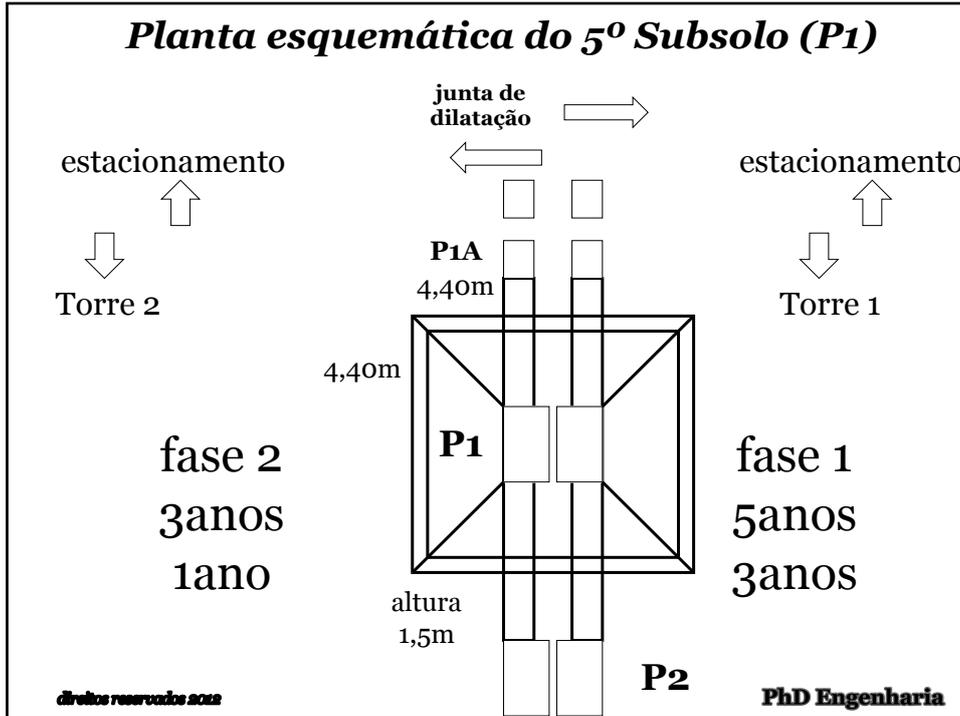
Mx: 55tf.m

My: 8tf.m

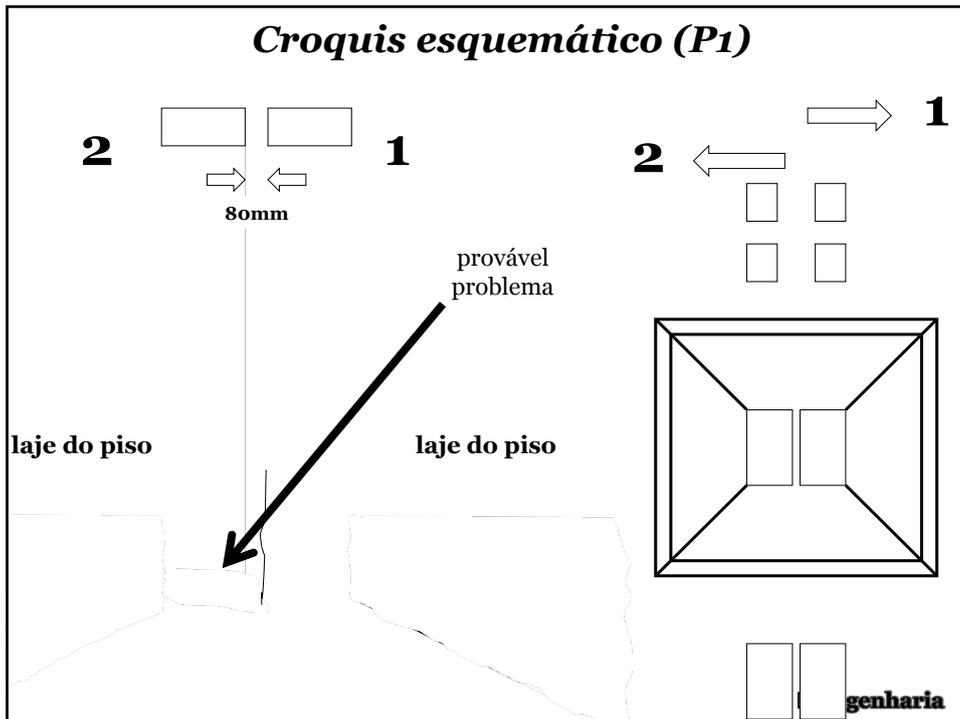
85



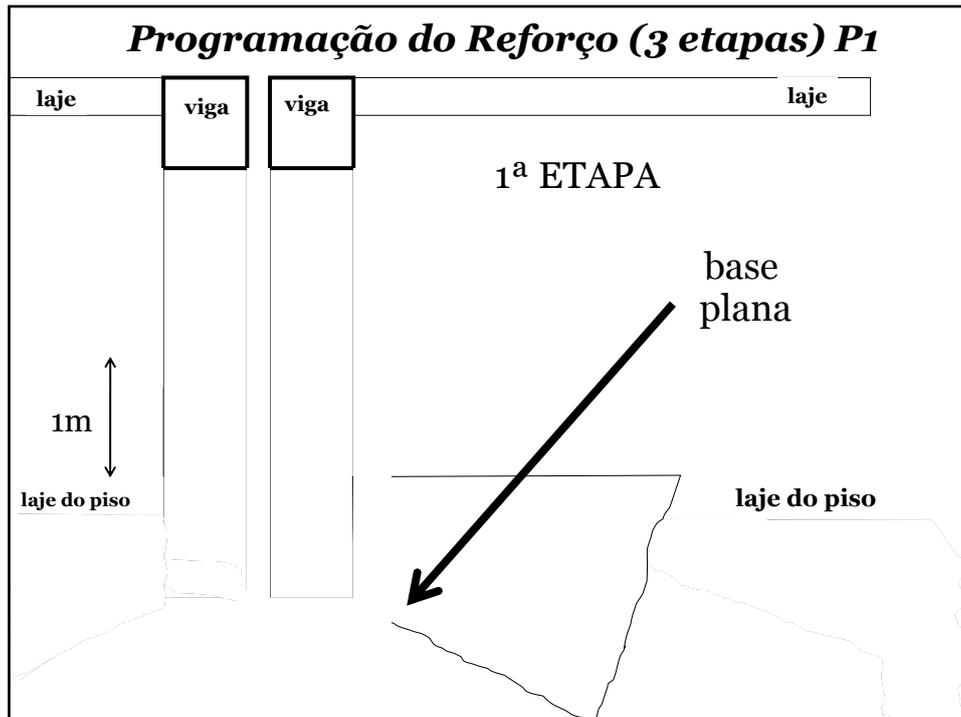
86



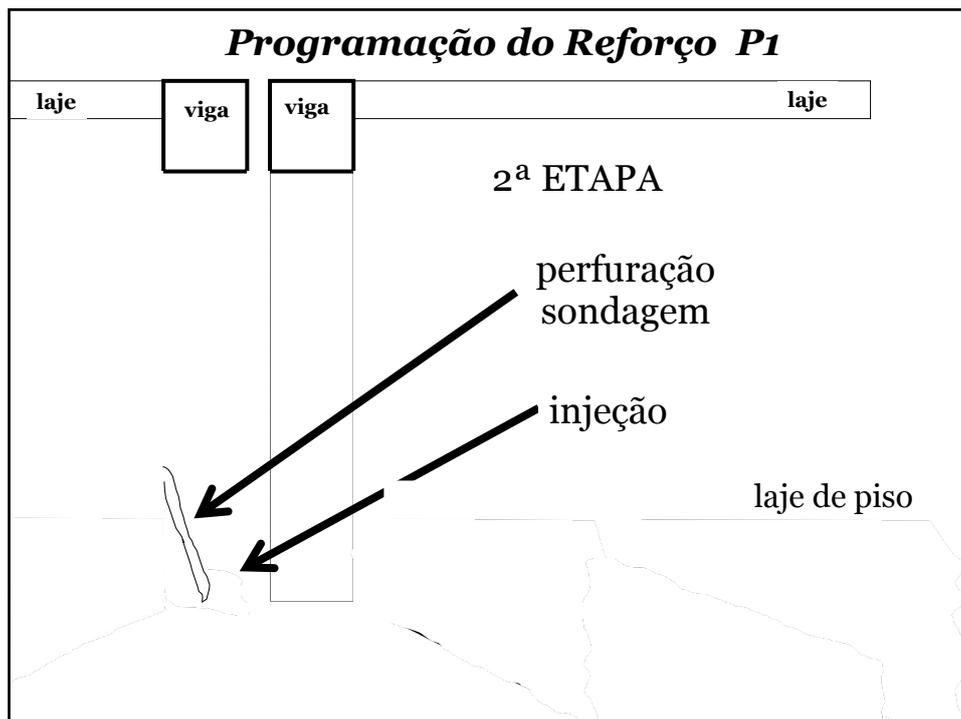
87



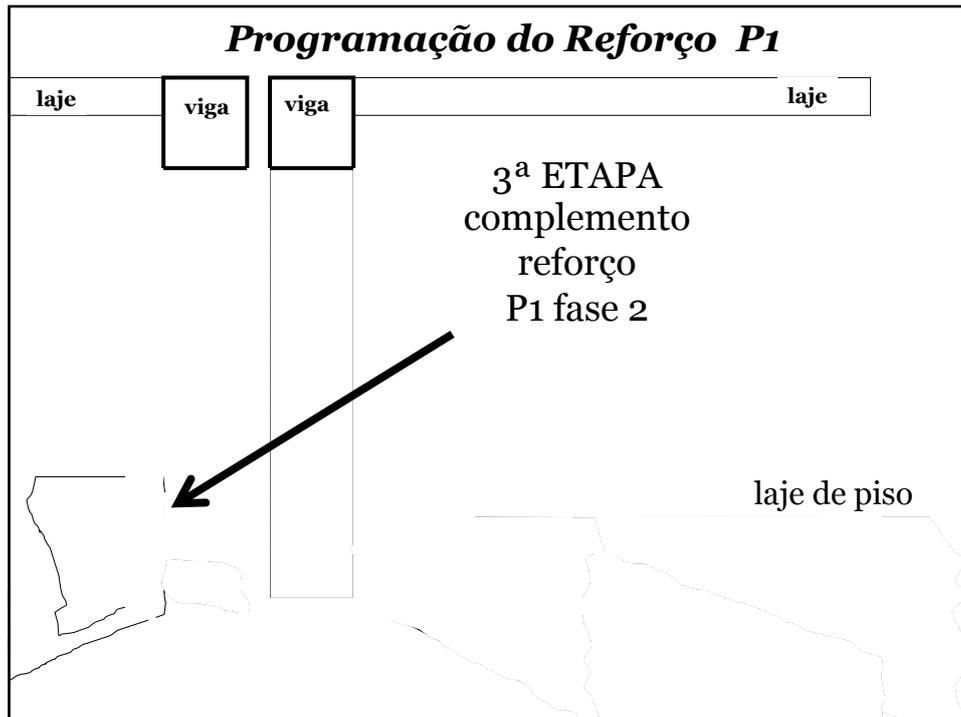
88



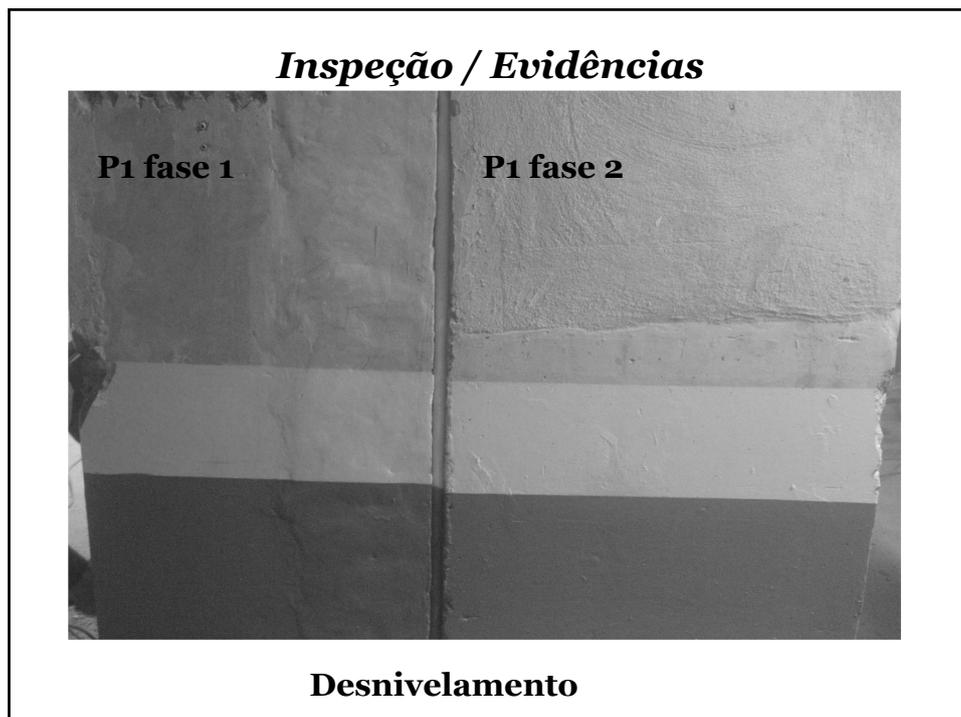
89



90

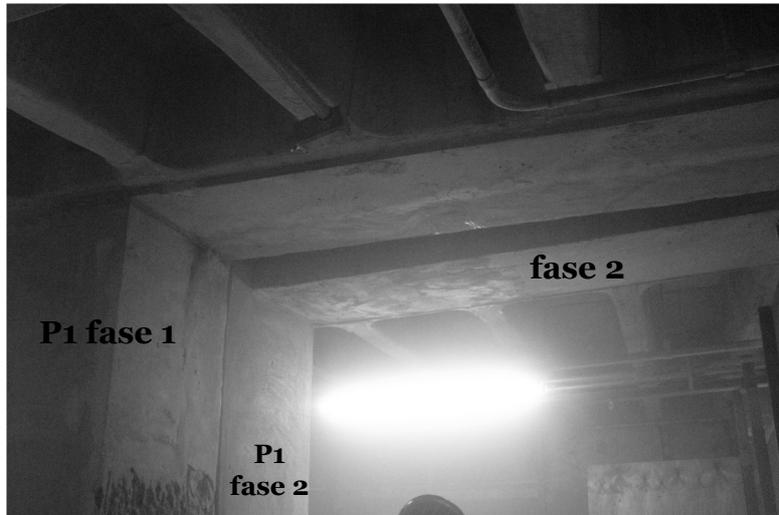


91



92

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

93

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

94

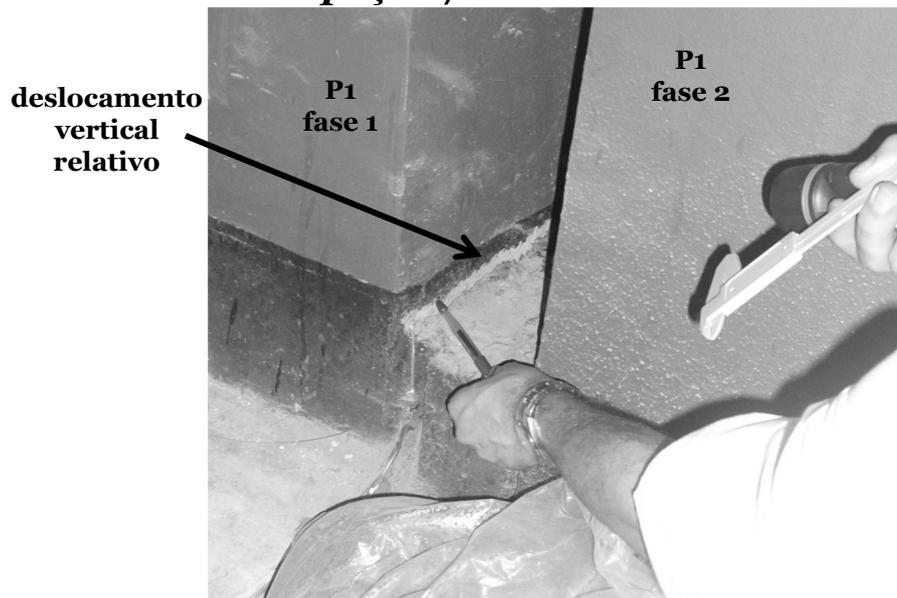
Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

95

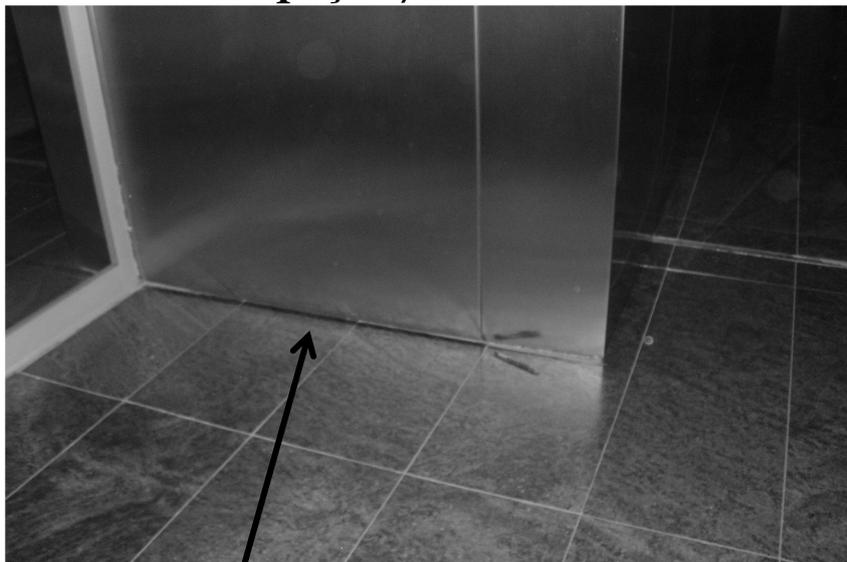
Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S4

96

Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S2

97

Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S3

98

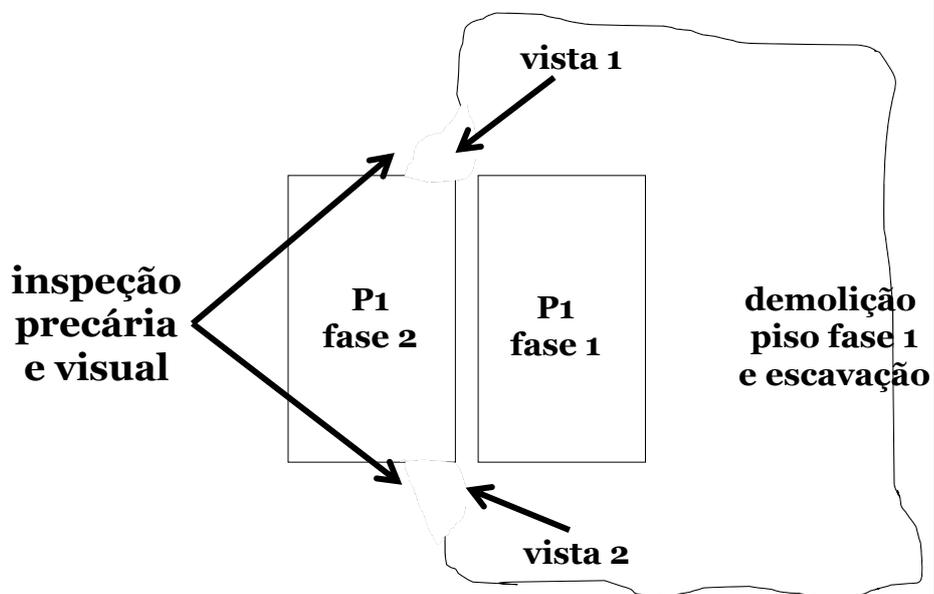
Inspeção / Evidências



Desnivelamento e fissuras em vigas

99

Inspeção



100

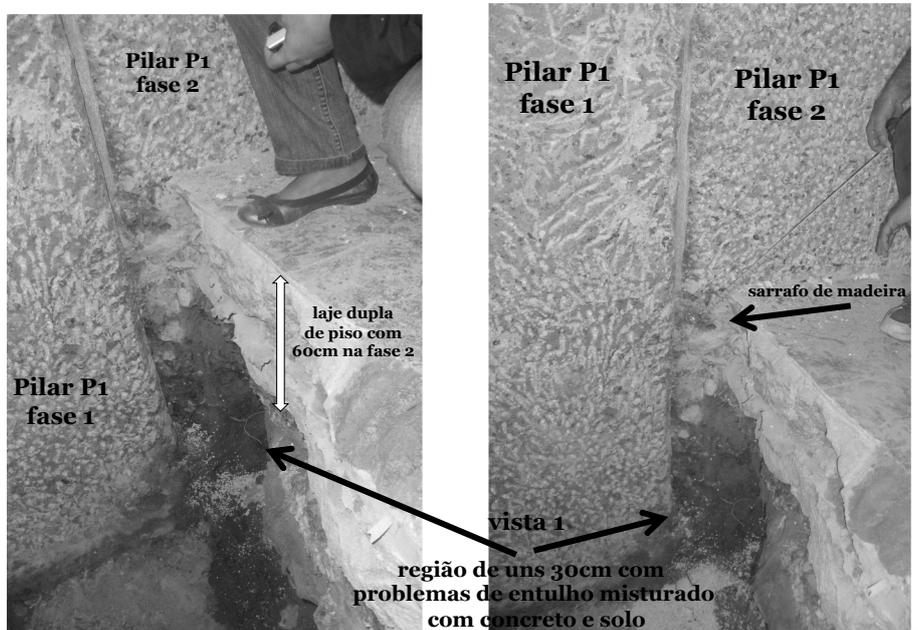
Inspeção



Demolição Piso fase 1

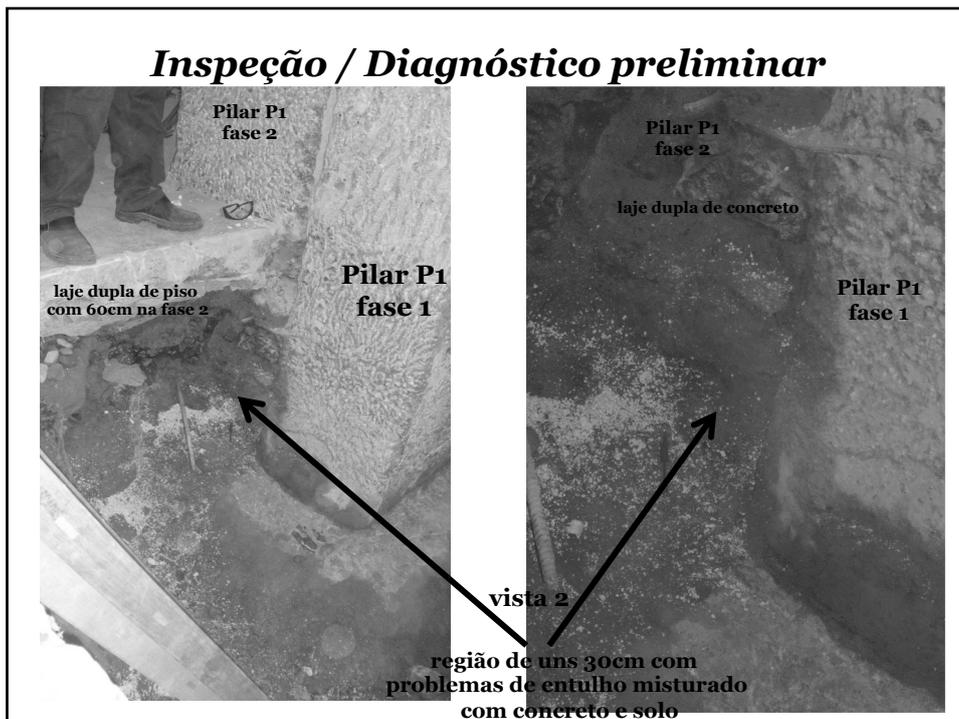
101

Inspeção / Diagnóstico preliminar



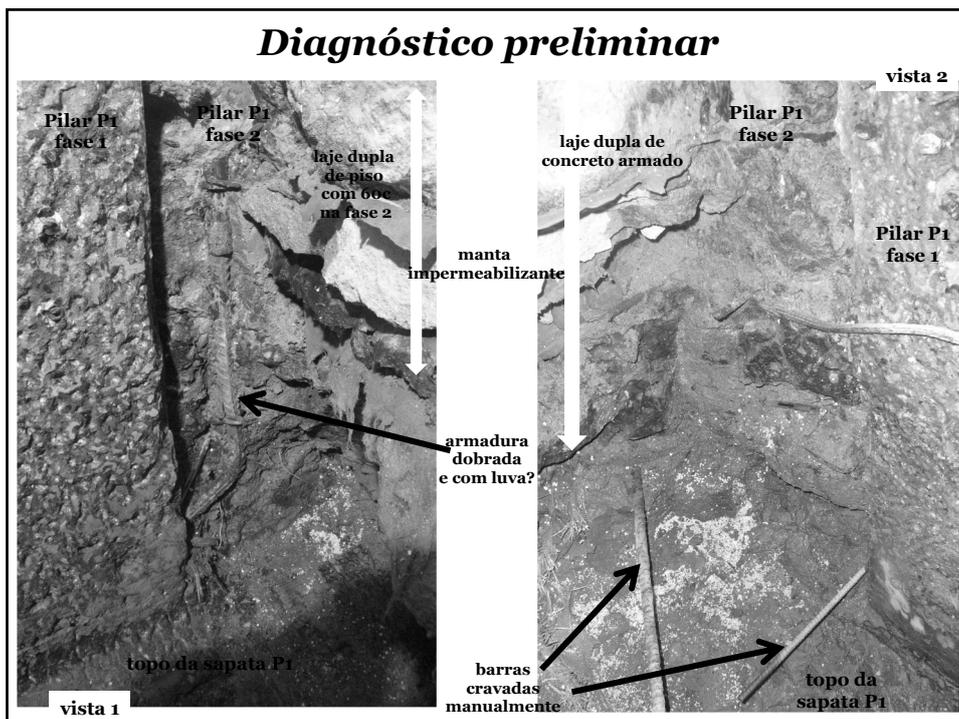
102

Inspeção / Diagnóstico preliminar



103

Diagnóstico preliminar



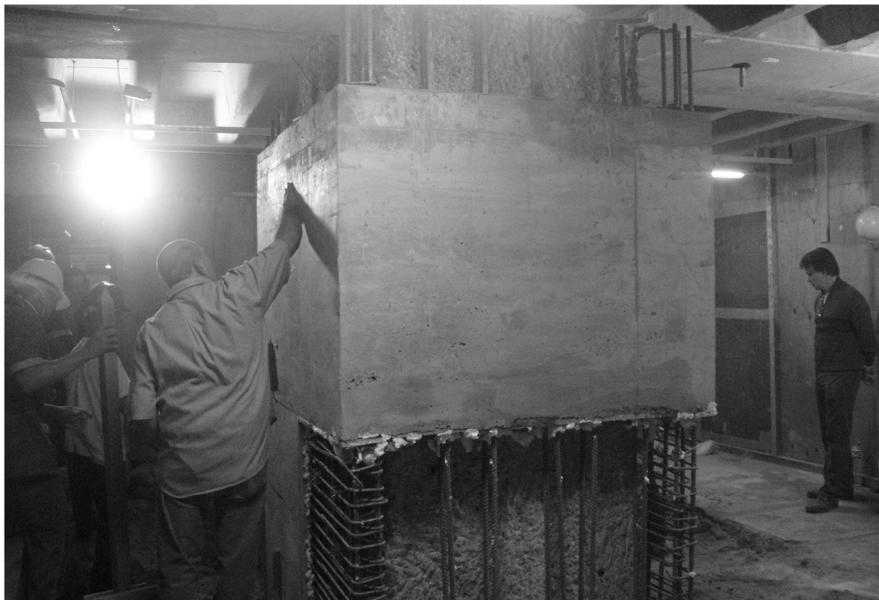
104

4.Preparação da fôrma



105

7.Desfôrma



106



107



108



109



110



111



112



113



114

Controles

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

115

Resistência a Compressão Axial

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

116

Hipóteses prováveis...

117



118

Edifício Habitacional

armadura de pilares *obra nova*

119



120



121



122

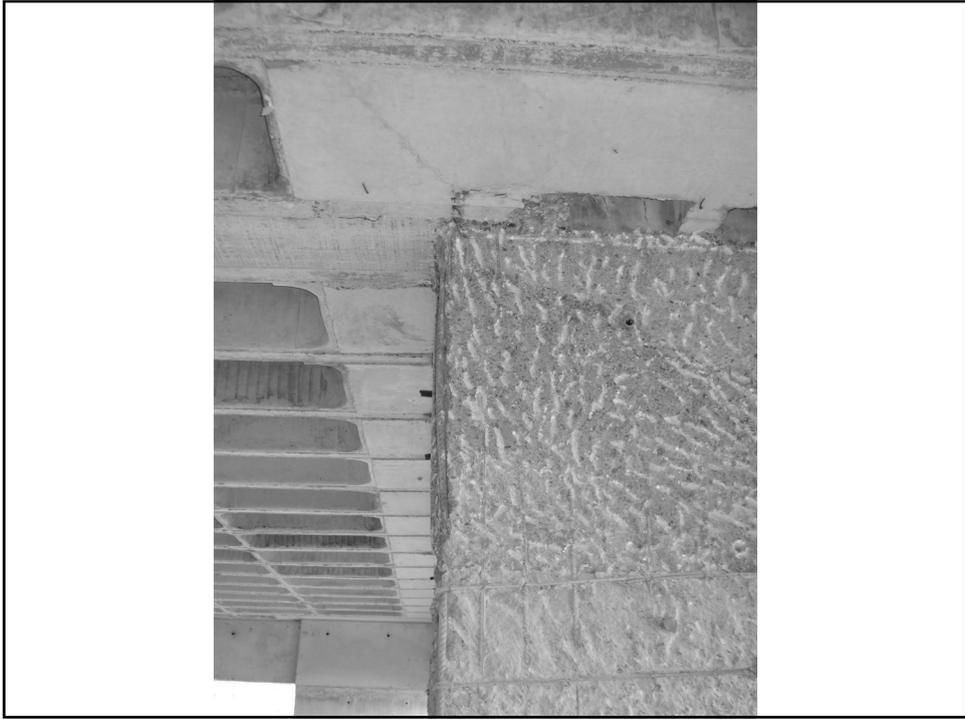
Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos



123



124



125



126

Qual o papel do Construtor?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

127

- ✓ 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!

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

128

terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

129

**outro caso
desastroso!**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

130

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 %

131

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.

132



133

Edifício Real Class

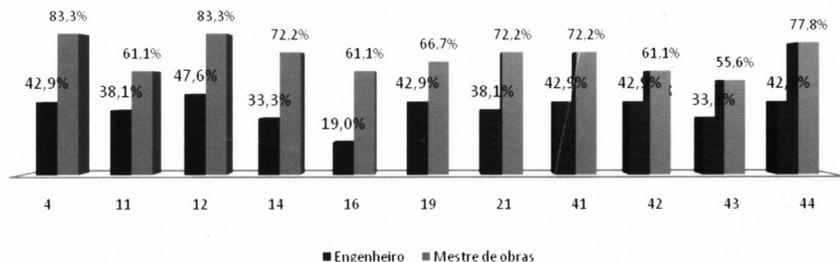



Belém do Pará
34 pavimentos
105m 20.01.2011 35MPa

direitos reservados 2012 **PhD Engenharia**

134

Figura 3 – Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

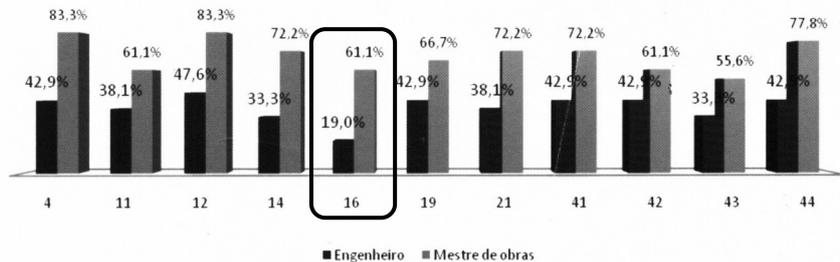
- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis 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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

Edifício Habitacional

**concretagem
de pilares
*obra nova***

137



138



139



140



141

Reparo Estrutural !?

A black and white photograph of a construction site. A worker wearing a hard hat and work clothes is kneeling on the floor, working on the base of a concrete column. The background shows other columns and structural elements of a building under construction.

Todo reparo estrutural deve ser realizado com argamassa, graute ou concreto com resistência bem superior à da peça. No mínimo **PHD Engenharia**

142

Reparo Estrutural !?



Todo reparo estrutural deve ser realizado com argamassa, graute ou concreto com resistência bem superior à da peça. No mínimo **PhD Engenharia**

143



144

CONSTRUTOR

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

145

Edifício Areia Branca

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

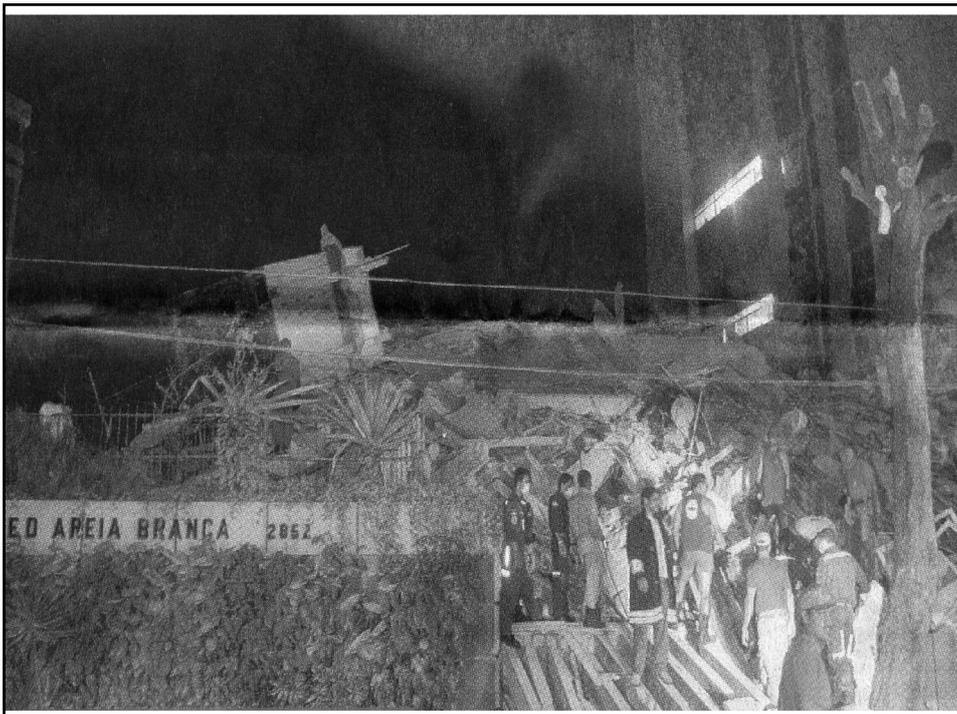
146



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

147



148



Escombros - manhã seguinte do desabamento

149



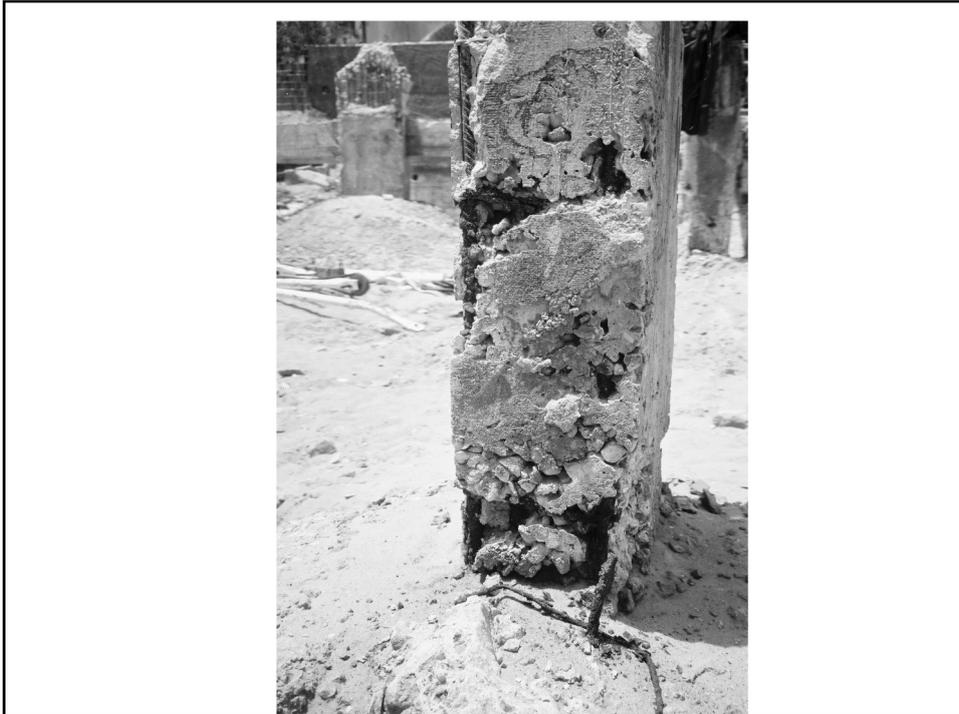
150



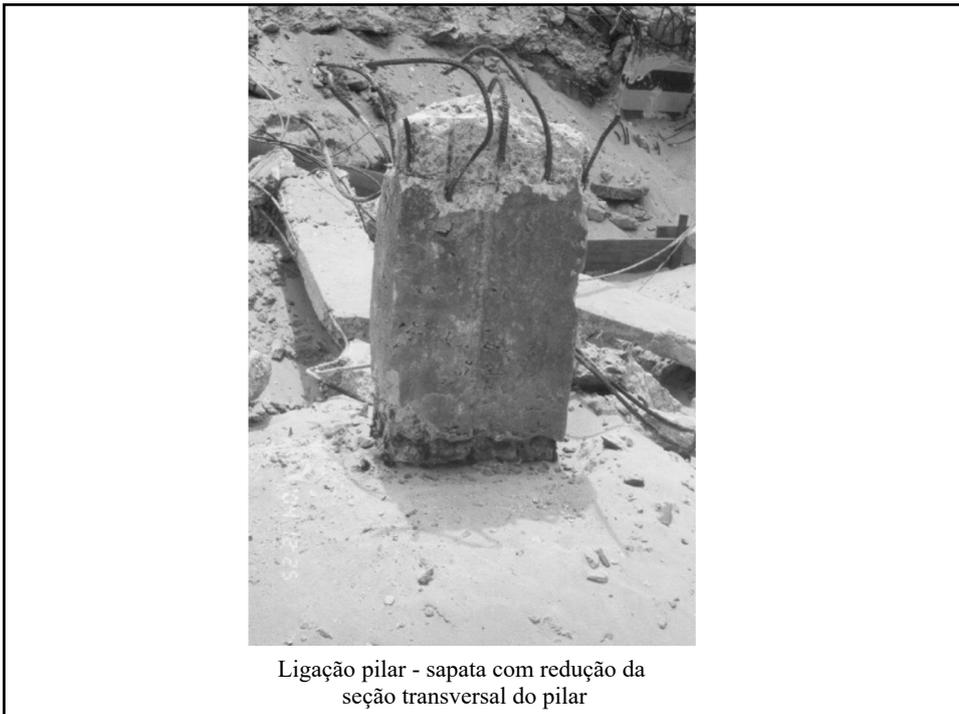
151



152



153



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

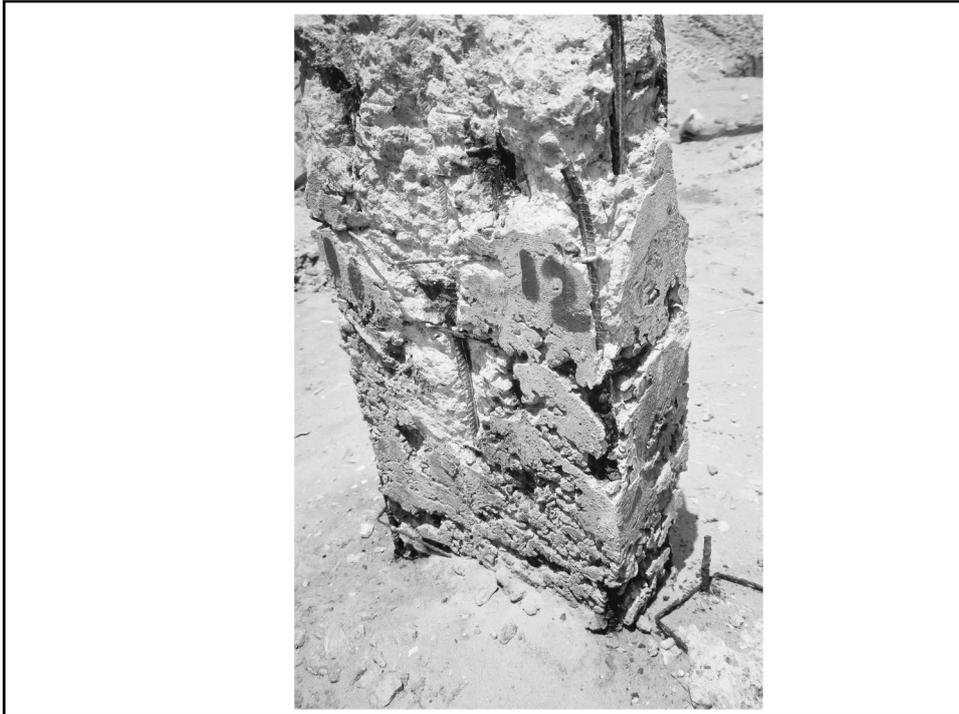
154



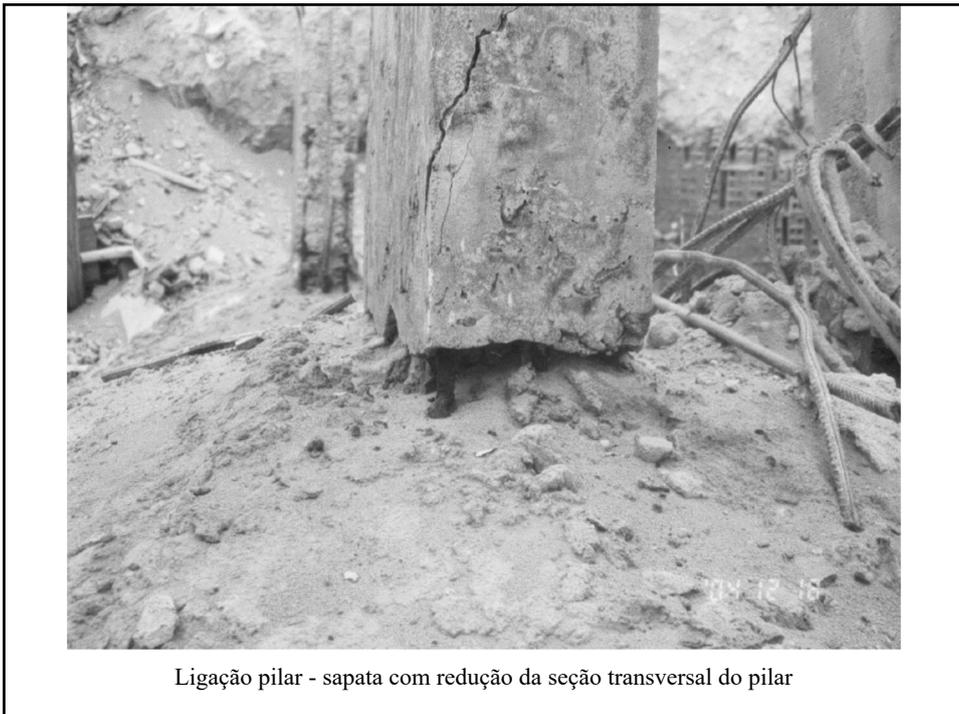
155



156



157



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

158



159

CONSTRUTOR

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

160

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

161



162



163



164



165



166



167



168



169



170

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

171

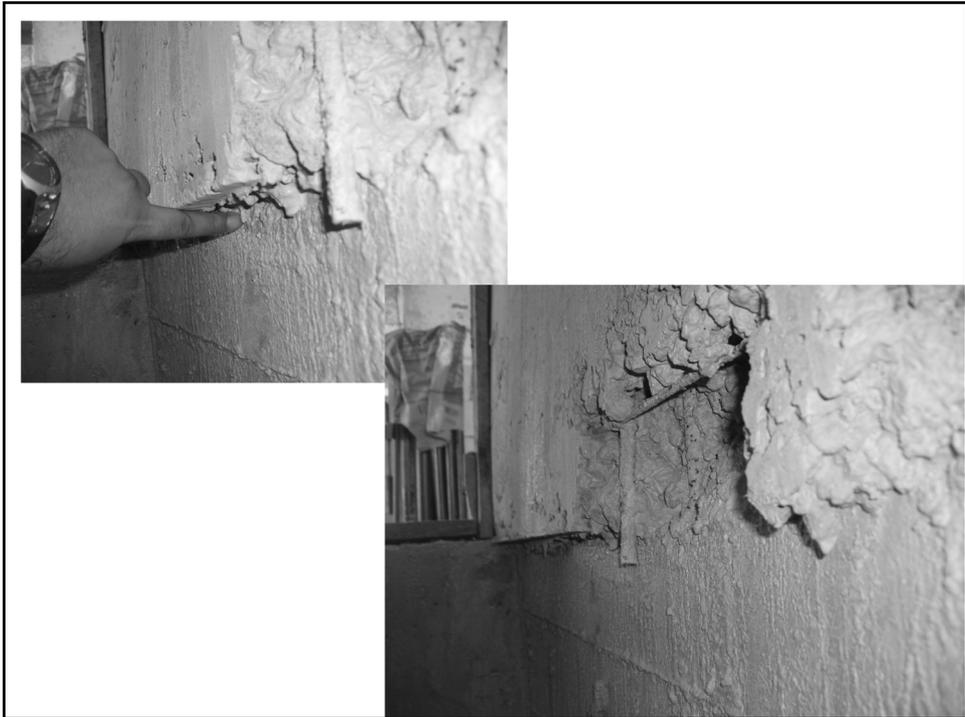
CONSTRUTOR

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

172



173



174

Sistema de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

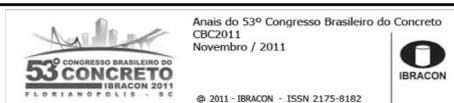
“Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas as dimensões e a posições das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo esteja conforme o projeto.”



direitos reservados

PhD Engenharia

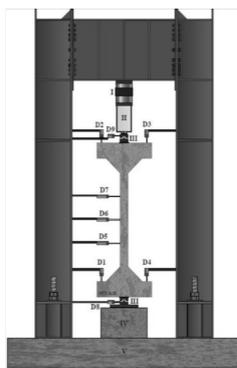
175



2.2. Sistema de Ensaio

O esquema de vinculação utilizado no ensaio foi a de um pilar bi-articulado com excentricidades idênticas em suas extremidades na direção de menor inércia da seção transversal, com aplicação de carga incremental até a ruptura. A carga exoctrônica foi aplicada com o auxílio de um atuador hidráulico de 2000 kN de capacidade, atuado por uma bomba elétrica, e as cargas foram medidas com o auxílio de uma célula de carga com capacidade também de 2000 kN.

Foram realizados passos de carga de 20 kN até haver uma decompressão da fibra menos comprimida ou quando o concreto estivesse próximo a uma deformação específica de 2 ‰, aplicando-se então passos de carga de 10 kN para um melhor entendimento do fenômeno até o momento da ruptura. A Figura 2 mostra um esquema do posicionamento do pilar na estrutura de reação durante a realização do ensaio. Os ensaios foram realizados no laboratório de Estruturas da Universidade de Brasília – UnB.



- I – Célula de carga
- II – Atuador Hidráulico
- III – Aparelho de apoio
- IV - Bloco de concreto
- V – Laje de reação
- Dn - defletômetros

Figura 2 – Pilar posicionado no pórtico de reação com a instrumentação

ANAIS DO 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2011 – 53CBC

4

Estudo Experimental e Numérico de Pilares de Concreto Armado Submetidos a Flexo-compressão Normal

Carlos Eduardo Luna de Melo (1);
Galileu Silva Santos (2);
Yosiaki Nagato (3);
Guilherme Sales Soares de A. Melo (4)

- (1) Professor, Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, email: carlosluna@unb.br
(2) Doutorando em Estruturas, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: galileueng@yahoo.com.br
(3) Professor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: nagato@unb.br
(4) Professor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: melog@unb.br

176

grande excentricidade, com esmagamento do concreto e escoamento da armadura. Foi verificado para todos os pilares que a ruína dos mesmos aconteceu após a ruptura do concreto na face mais comprimida. Nos pilares com maior excentricidade da força, a armadura junto à face T chegou a escoar antes do esmagamento do concreto.

Tabela 2 - Carga, deslocamentos e deformações últimas e modos de ruptura

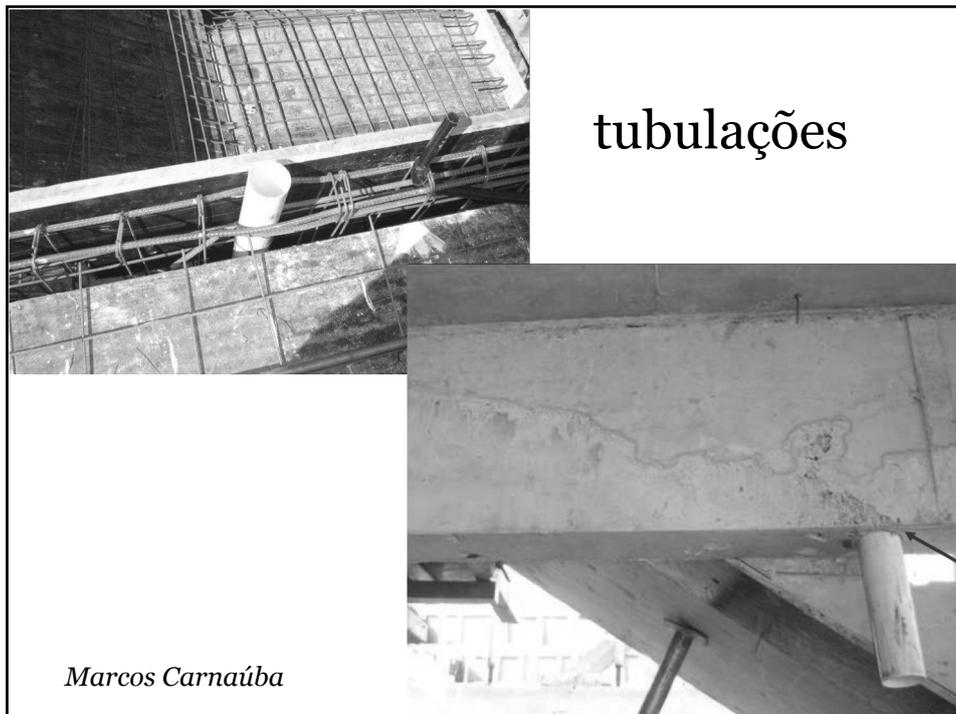
Modelos	e_{inicial} (mm)	$F_{u,exp}$ (kN)	$D6_{,max}$ (mm)	ϵ_c (‰)	ϵ_s (‰)	Modo de Ruína
PFN 00-2.5	0	1078,2	4,87	-2,20	-1,60	Ruína frágil com esmagamento do concreto. (Domínio 5)
PFN 15-2.5	15	670,4	14,72	-2,15	-0,20	
PFN 24-2.5	24	360,8	14,60	-1,60	0,18	Ruína por flexo-compressão com grande excentricidade, com ruptura do concreto, sem escoamento da armadura. (Domínio 4, 4a)
PFN 30-2.5	30	336,0	72,59	-1,60	0,75	
PFN 40-2.5	40	246,0	27,49	-1,90	1,85	Ruína por flexo-compressão com grande excentricidade, com ruptura do concreto e escoamento da armadura. (Domínio 3)
PFN 50-2.5	50	201,2	43,60	-2,70	3,00	
PFN 60-2.5	60	164,8	39,71	-3,00	1,30	

3.2. Deformações específicas das armaduras

A convenção adotada para o sinal das deformações foi de negativa para compressão e positiva para tração. A Figura 4, à seguir, mostra a média das deformações aferidas ao longo dos ensaios, nas armaduras próximas às faces comprimidas (C) e tracionadas ou menos comprimidas (T).

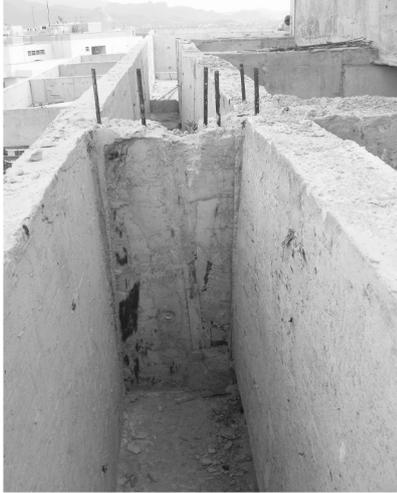
Para os pilares com pequena excentricidade. PFN 00–2.5 e PFN 15–2.5. percebe-se que

177



178

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



PhD Engenharia

179

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



PhD Engenharia

180



181



182



183



184

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

185

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

186

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

187

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

188

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

189

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

190

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

191

Por que ocorre isso?

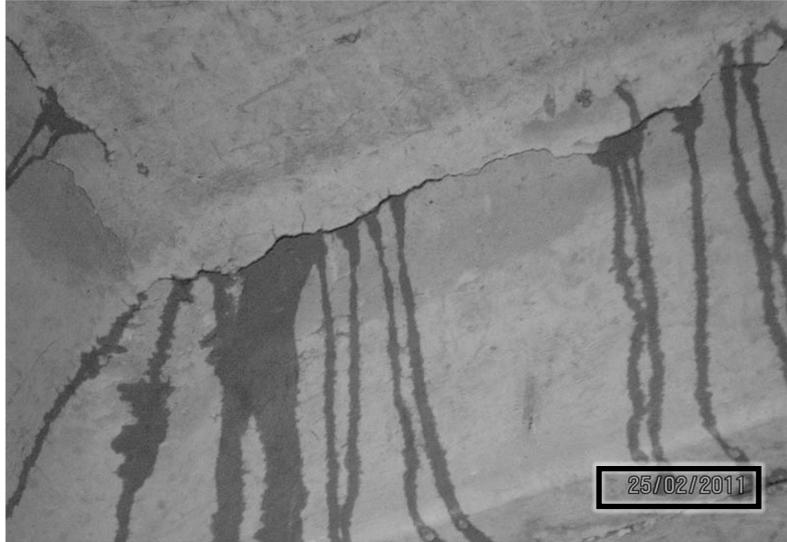


direitos reservados 2012

e o controle da execução?

192

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

193

Qual a
MISSÃO do
Construtor?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

194

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

195

Estruturas de Concreto para Edificações

Atividade profissional regida por normas técnicas:

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

196

Documentos exigidos por algumas empresas no CONTRATO

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

197

Documentos Exigidos para Pagamentos

cópia dos seguintes documentos relativos a competência do mês imediatamente anterior:

- ✓ GPS (Guia da Previdência Social – INSS);
- ✓ 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);
- ✓ GRF (Guia de Recolhimento do Fundo de Garantia);
- ✓ Folha de Pagamento mensal completa dos funcionários;
- ✓ Comprovante de recolhimento do ISS (Imposto sobre Serviços)
- ✓ Declaração do contador comprovando a escrituração contábil regular da empresa.
- ✓ Declaração do contador atestando que não há recolhimento de GPS e de FGTS;
- ✓ Declaração do contador atestando que não há retirada de pró-labore do(s) sócio(s) da empresa;
- ✓ ART do CREA referente ao serviço

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

198

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 6120:2000 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações*
- ✓ *NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações*
- ✓ *NBR 6123:1990 Forças devidas ao Vento em Edificações*
- ✓ *NBR 8953:2011 Concreto para Fins estruturais. Classificação*
- ✓ *NBR 15200:2012 Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio*
- ✓ *NBR 15421:2006 Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto. Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

199

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *ACI 315:1999 Details and Detailing of Concrete Reinforcement*
- ✓ *NBR 7191:1982 Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado*
- ✓ *NBR 15575:2008 Desempenho de Edifícios Habitacionais*
- ✓ *NBR ISO 14044:2009 Avaliação do Ciclo de Vida*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

200

ECA 1. Recomendações para o Projeto

Uma diretriz geral, encontrada na literatura técnica, ressalta que a durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores identificados como regra dos 4C:

Composição ou traço do concreto;
Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura;
Cura efetiva do concreto na estrutura;
Cobrimento das armaduras.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

201

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **EXECUÇÃO**:

- ✓ *NBR 14931:2004 Execução de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

207

Documentos Importantes

ECA 3. Recomendações para Execução

- Forma estanqueidade, empuxo
- Armadura estribos, encontros, ganchos
- Transporte
- Cura
- Retirada escoramento
- Definir responsabilidades
- Quem recebe?
- Quem comanda?
- Quem adensa?
- Quem cura?
- Plano de concretagem (juntas?)
- Plano de controle
- Como agir com não conformidades

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

208

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **CONTROLE**:

- ✓ *NBR 12655 Concreto de Cimento Portland. Preparo, controle e recebimento*
- ✓ *NBR 15146:2011 Controle tecnológico de concreto. Qualificação de pessoal*
- ✓ *NBR 12654:2000 Controle Tecnológico de Materiais Componentes do Concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

209

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **OPERAÇÃO (uso) e MANUTENÇÃO:**

- ✓ *NBR 14037:2011 Diretrizes para Elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção das Edificações*
- ✓ *NBR 5674:1999 Manutenção de Edificações*
- ✓ *NBR 13752:1996 Perícias de Engenharia na Construção Civil*
- ✓ *NBR 7680:2007 Concreto. Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

210

Desafios

concretagem inclinada

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

211



212



213



214



215



216



217

Existem muitas informações importantes que devem constar nos projetos estruturais

direitos reservados aos

PhD Engenharia

273

NOTAS:

1 - CONCRETO:

RESISTÊNCIA $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$

RELAÇÃO AGUA/CIMENTO $< 0,55$

EXECUÇÃO COM CONTROLE RIGOROSO, CONFORME NBR-6118 ITEN 7.4.7.4

MÓDULO DE ELASTICIDADE SECANTE $E_{cs}=30 \text{ GPa}$

2 - DAR CONTRA FLECHA NAS VIGAS DE :

1,0 cm - V3f, V4b, V5a, V5e, V6c, V8a, V13b, V17a, V18a, V20b, V22a, V23a, V27
V29b, V29c, V29d, V30a, V30b, V30c, V30d, V37e, V46b, V51b, V63a, V63

1,5 cm - V2a, V2b, V3d, V3e, V10b, V24a, V27a, V29a, V40a, V41a, V49a, V50a, V

3 - DAR CONTRA FLECHA NAS LAJES DE:

1,0 cm - L1, L5, L6, L50, L66

2,0 cm - L14, L15, L24, L57, L58, L59

NOTAS:

1 - CONCRETO:

RESISTÊNCIA $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

2 - ACOS:

CA-50A e CA-60B

3 - COBRIMENTOS:

LAJES: HOR. = 2.5 cm e VERT. = 2.0 cm

VIGAS = 2.5 cm e PILARES = 4.0 cm

ATENÇÃO:

É importante que também esteja presente no projeto as idades de desfôrma ou movimento de escoramento.

PhD Engenharia

274

E se faltar alguma informação no projeto?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

275

Como obter sucesso na concretagem?

Cabe ao ENGENHEIRO da obra definir as características que estão ligadas a aplicação do concreto, que envolvem a consistência, o diâmetro máximo do agregado, teor de argamassa, condições que variam com as dimensões das peças, metodologia para lançamento e adensamento...

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

276

Especificação do concreto

- Consumo mínimo de cimento (NBR 12655:2006):

Tabela 2 — Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

- Propriedades requeridas em projeto: resistência característica, módulo de elasticidade do concreto e a durabilidade da estrutura;
- Consumo máximo de água;
 $C = 0,55 \times 320 = 176 \text{ l/m}^3$
- Teor de argamassa adequado;
- Slump apropriado.



277

Todo concreto com função estrutural deve ser obrigatoriamente controlado (fundações, pilares, vigas e lajes).

321

A estrutura representa
aproximadamente
30% dos custos totais
da obra e 100% de sua
SEGURANÇA!

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

322

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**

323

Comprometimento!

Do your best!

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

324



325

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-7881-4014

direitos reservados 2012

PhD Engenharia