

TECNOLOGIA DO CONCRETO PARA ESTRUTURAS



Paulo Helene
Diretor PhD Engenharia

Consumo de aço:

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

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: $0,25\text{m}^3/\text{m}^2$

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: $2,5\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a }10\text{m}^2/\text{m}^3$


material + mo	andares	m ³ da estrutura	%
armadura + mo			
concreto + mo	0 a 5		
forma + mo			
total			
armadura + mo			
concreto + mo	6 a 15		
forma + mo			
total			
armadura + mo			
concreto + mo	16 a 40		
forma + mo			
total			

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...”*

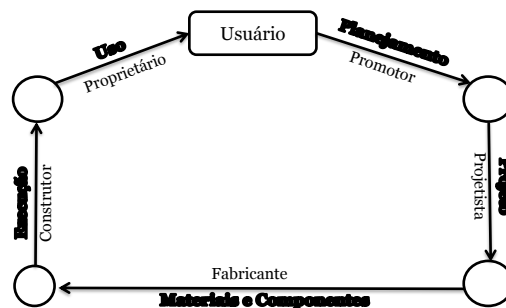
- ◆ todos os intervenientes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e obras possam apresentar.
- ◆ no entanto, segundo a Justiça, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final, ou seja, **o Construtor**.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

9

“pentágono do processo de produção e uso na construção civil

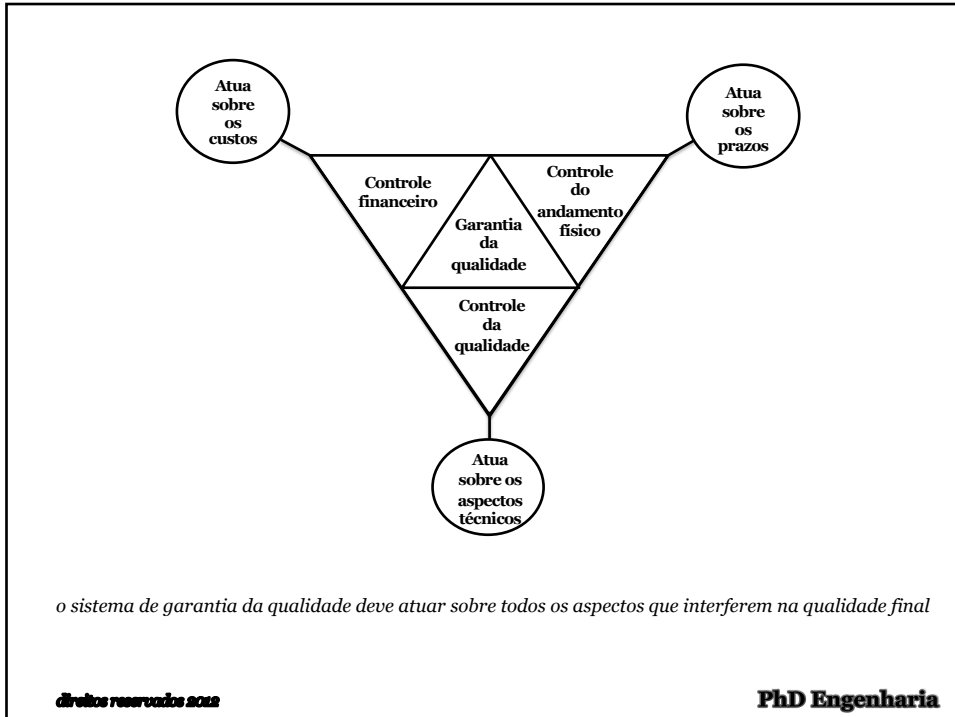


como implantar ou caminhar em direção à
Garantia da Qualidade *técnica*?

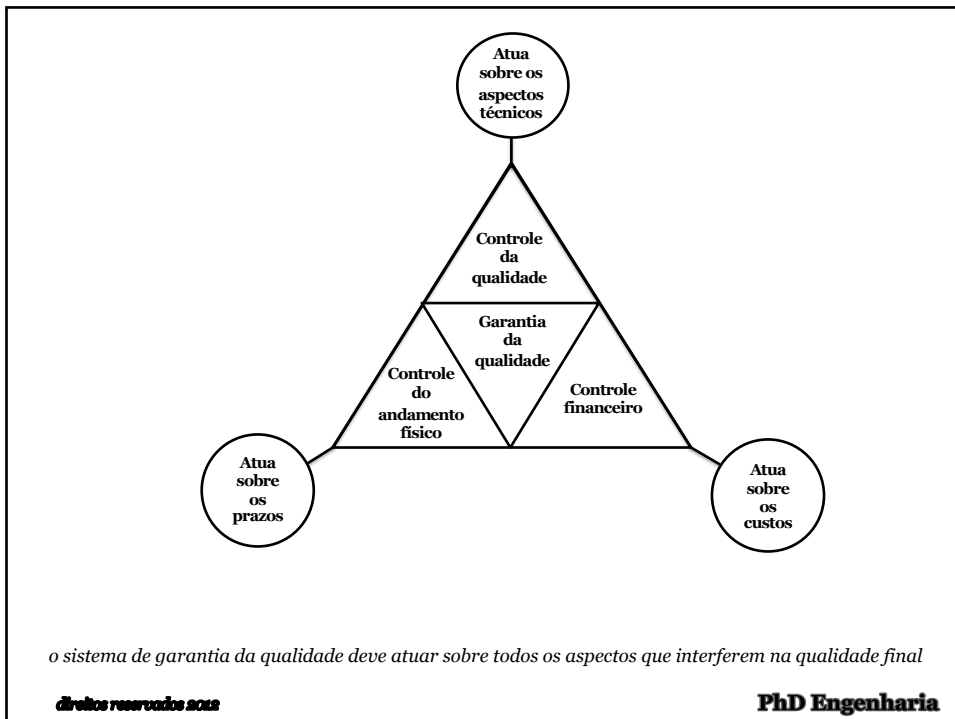
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

10



11



12

Garantia da Qualidade

a) Definição da qualidade → *a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.*

- ✓ **as estruturas de concreto devem ser seguras, estáveis, duráveis e sustentáveis**
- ✓ **$f_{ck} = 40\text{MPa}$; Gama $z < 110$; $a/c < 0,50$; $c > 30\text{mm}$...**
- ✓ **procedimento: amostragem, sazonalidade, ensaio...**
- ✓ **critério de julgamento: atributos ou estatístico**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

13

Garantia da Qualidade

a) Definição da qualidade → *a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.*

b) Treinamento e motivação das equipes → *na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da certificação de mão de obra.*

- ✓ **SENAI, FATEC, IBRACON... para mão de obra**
- ✓ **PECE, NGI, ABECE, IBRACON, PhD ... → para engenheiro**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

14

Garantia da Qualidade

a) Definição da qualidade → a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.

b) Treinamento e motivação das equipes → na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da certificação de mão de obra.

c) Gestão do sistema → há necessidade de domínio das práticas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades técnicas.

✓ **NGI, PhD, IBRACON, ABECE ... para engenheiros e engenheiras**

direitos reservados ABECE

PhD Engenharia

15

Home » Revistas » Edição 2159 / 7 de abril de 2010
Índice » Seções » Panorama » Brasil » Negócios » Internacional » Geral » Guia » Artes e Espectáculos » ver capa

Automóveis

Os 5 defeitos da Toyota

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

Luís Guilherme Barucho

Fotos: Paul Sakuma/AP e Everett Kennedy/Blom/Getty Images



ONDE ESTÁ O ERRO?
Eiji Toyoda (à esq.) criou a linha de montagem mais eficiente do pós-guerra. Daí 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 Kichiro 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**
- ✓ **Qual o papel da NGI, PhD e outras?**

18

Edifício Comercial

2009
fissuras em lajes
obra nova

19



20



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

21



22



23

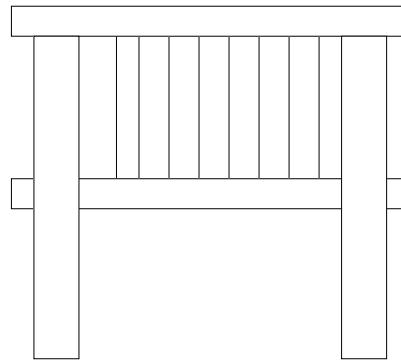


24

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

dimensionada para 150kg/m²

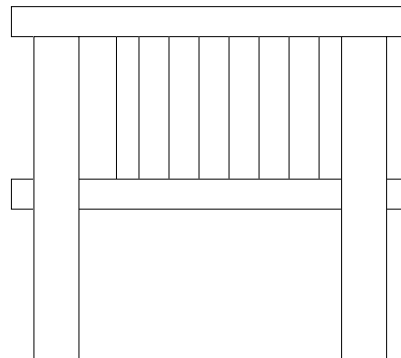
1 ano de idade



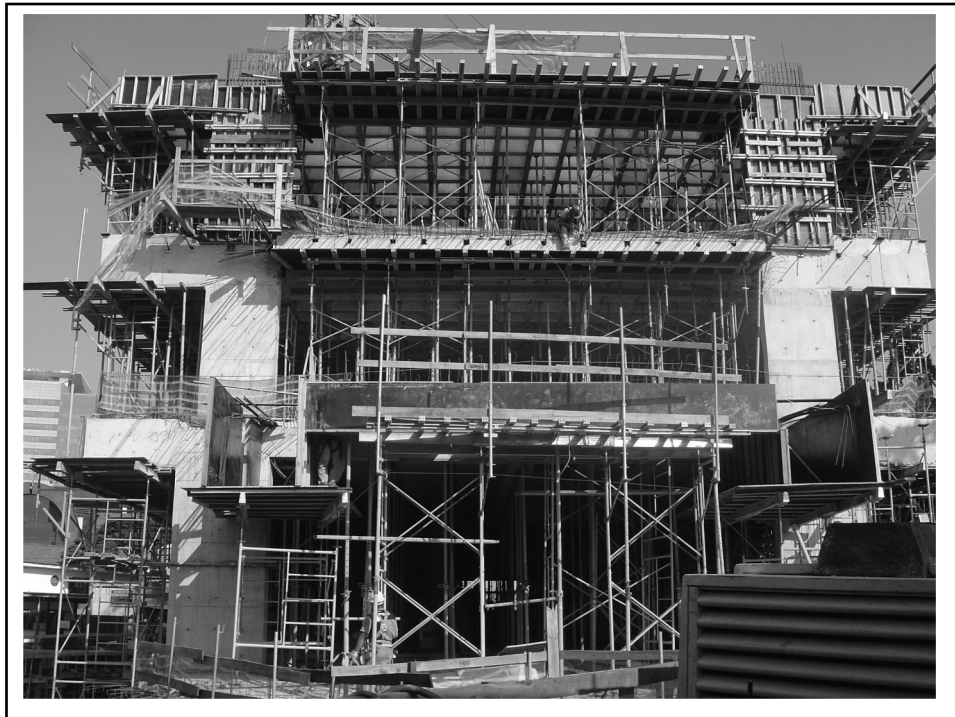
25

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

1 ano de idade



26



27

***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**

28



29



30

- 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

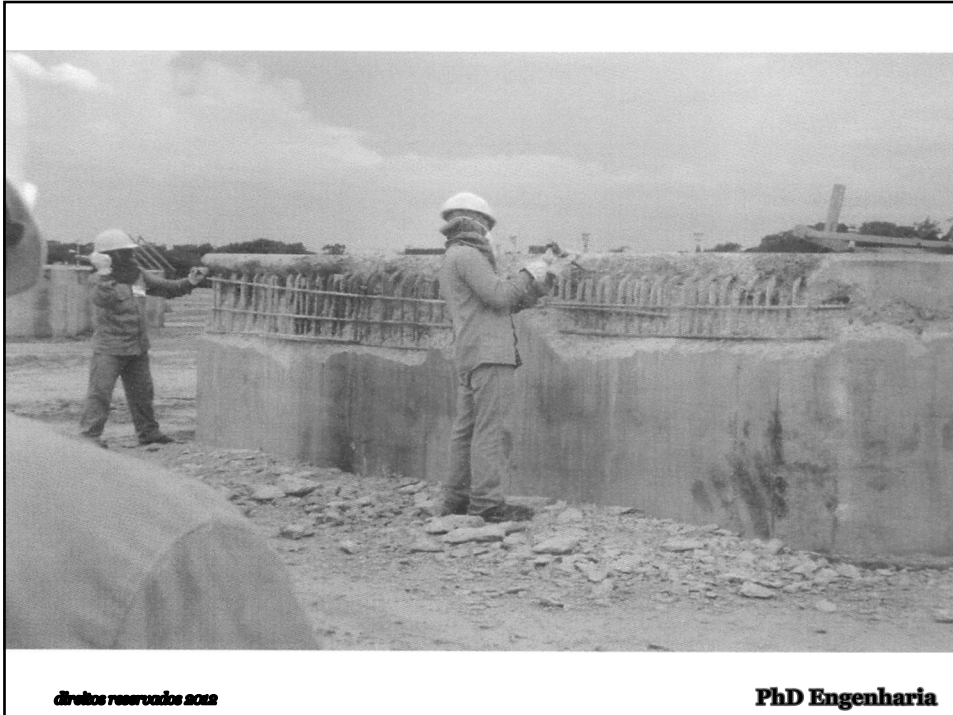
31

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...**

32



33

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

Edifício habitacional

8º andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

34



35



36



37



38



39



40

- 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

41

Dados do Edifício:

36pavimentos + 5subsolos

Edifício em uso há 1ano

Fissurou 18 andares

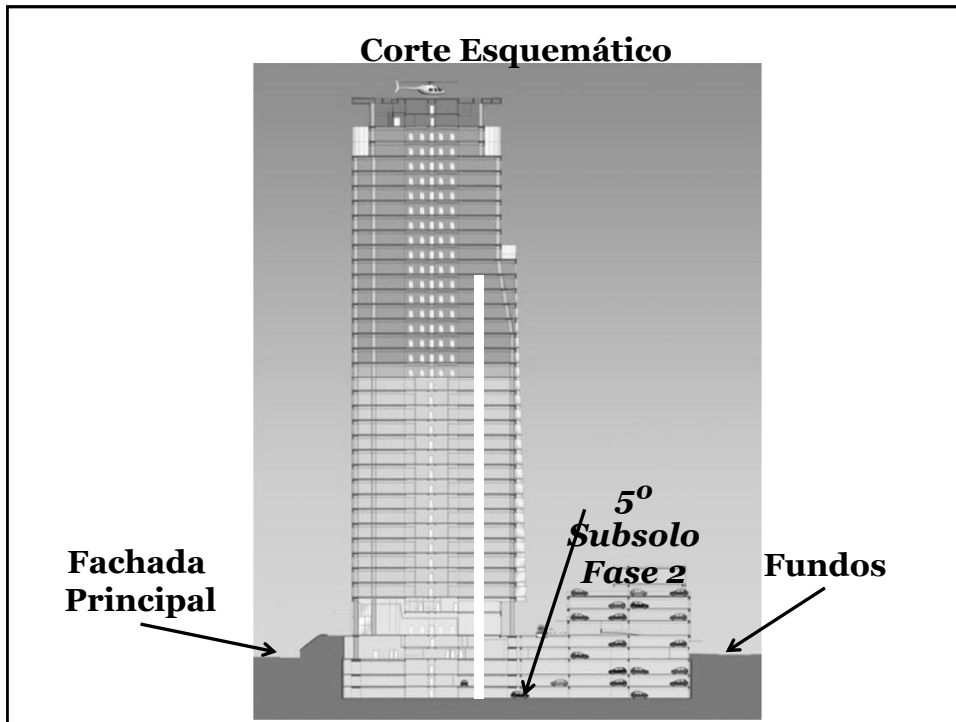
Pilar P1 Esforços de projeto:

Normal: 1.253tf

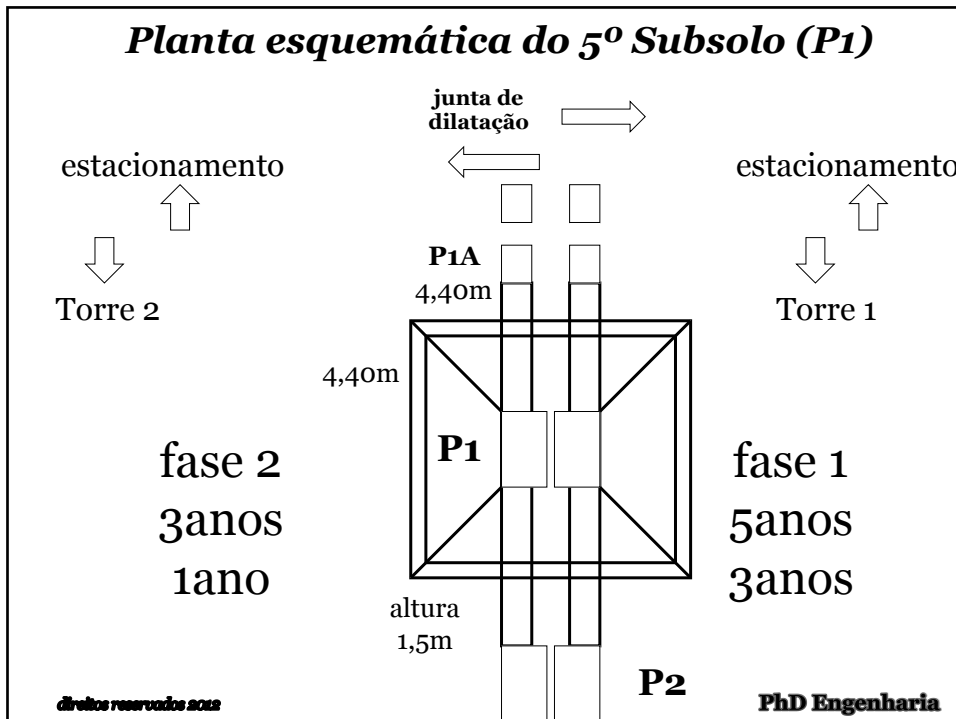
Mx: 55tf.m

My: 8tf.m

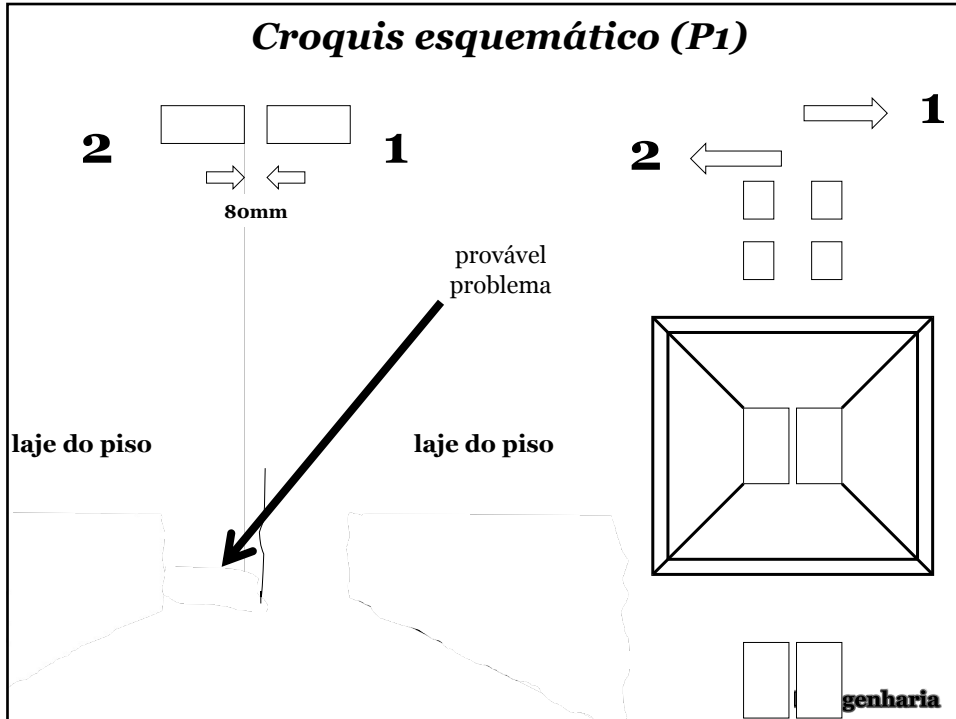
42



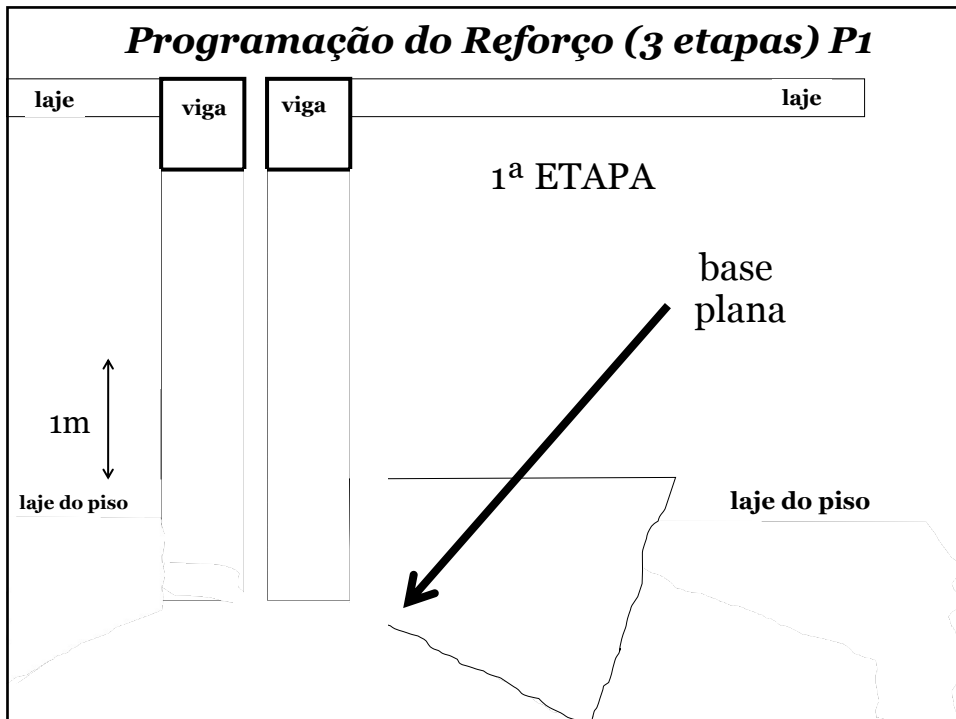
43



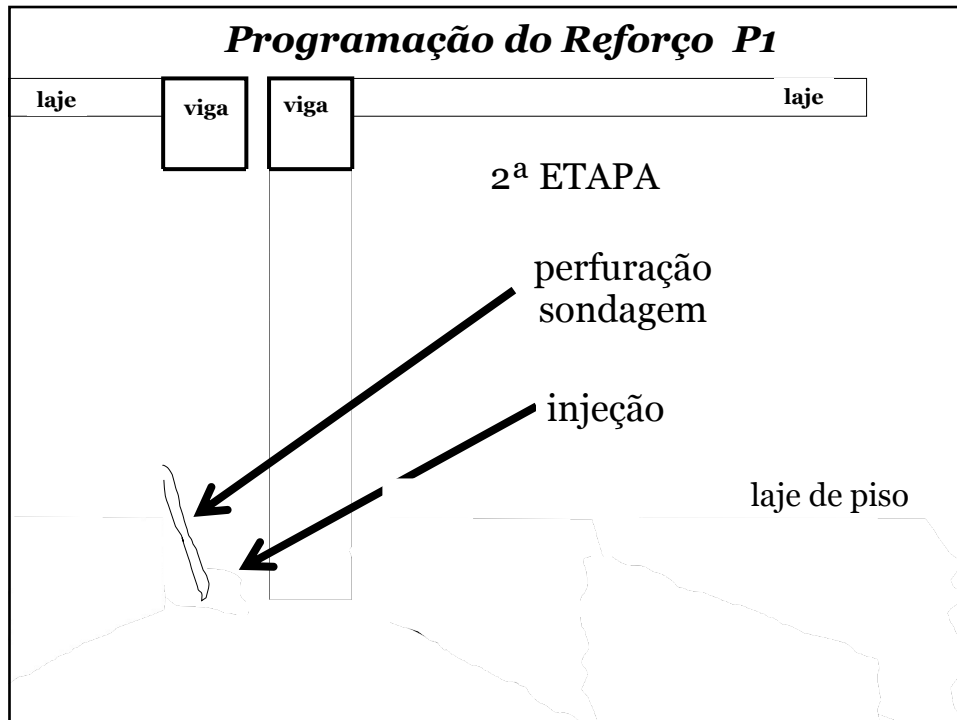
44



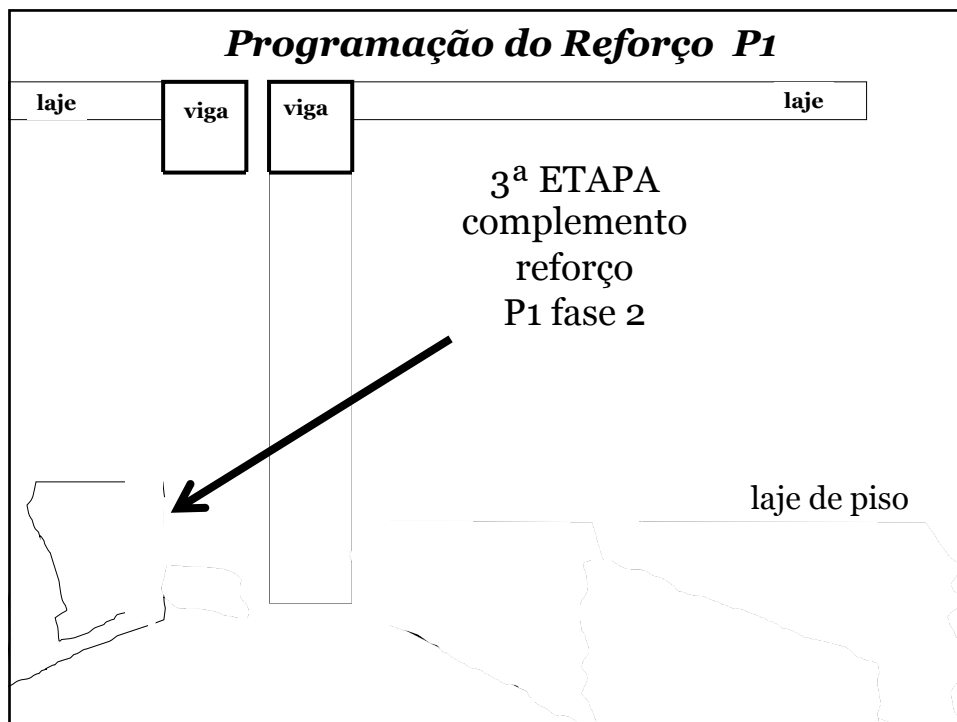
45



46

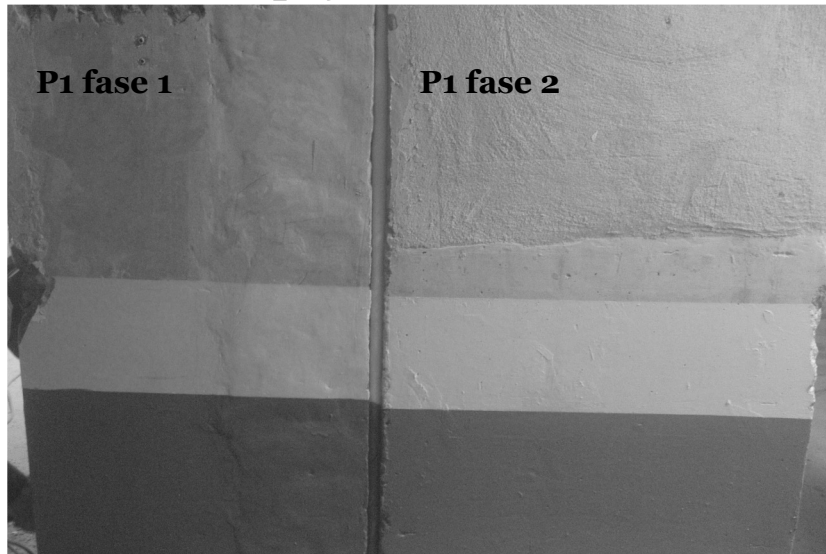


47



48

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

49

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

50

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

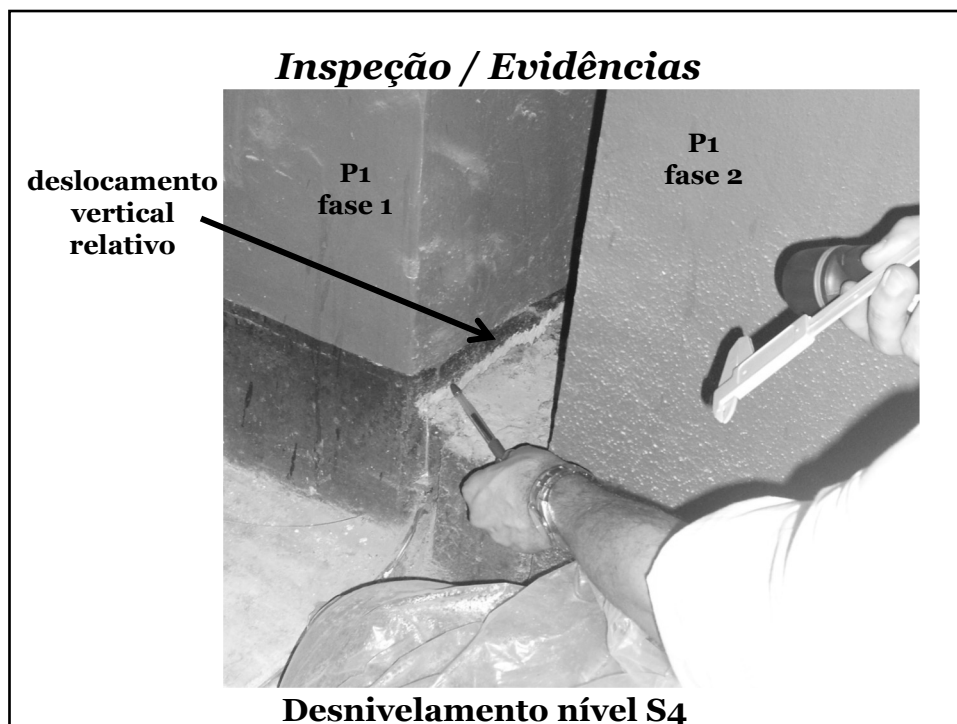
51

Inspeção / Evidências

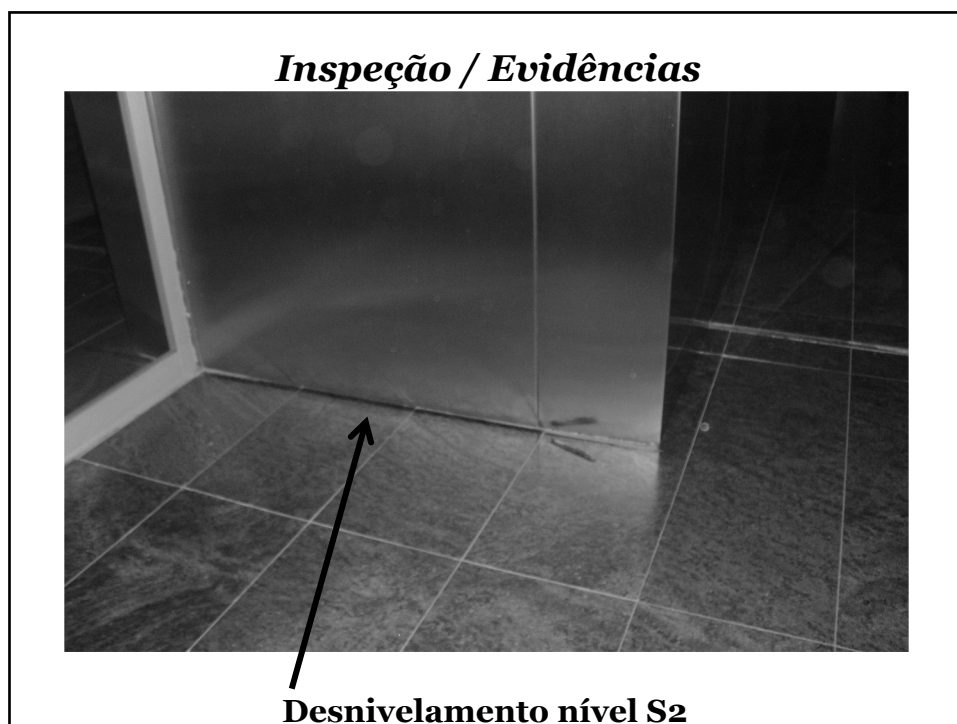


Fissuras em Vigas

52

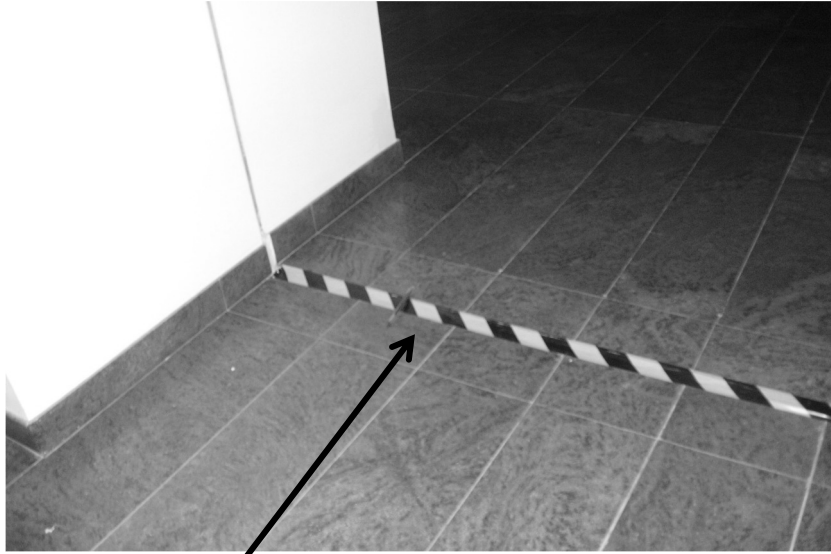


53



54

Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S3

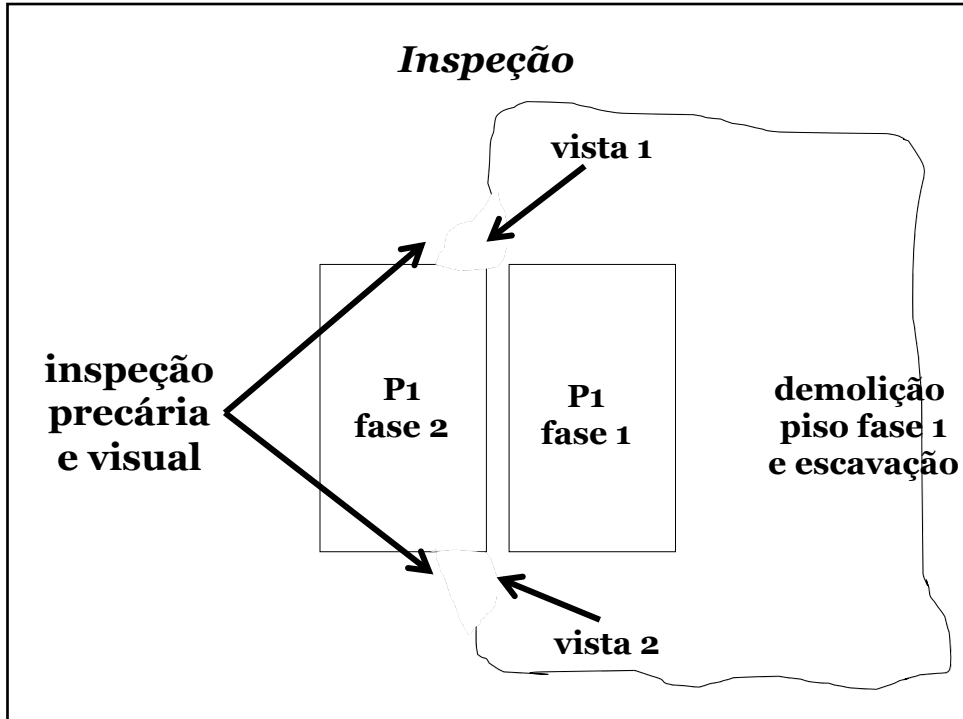
55

Inspeção / Evidências



Desnivelamento e fissuras em vigas

56

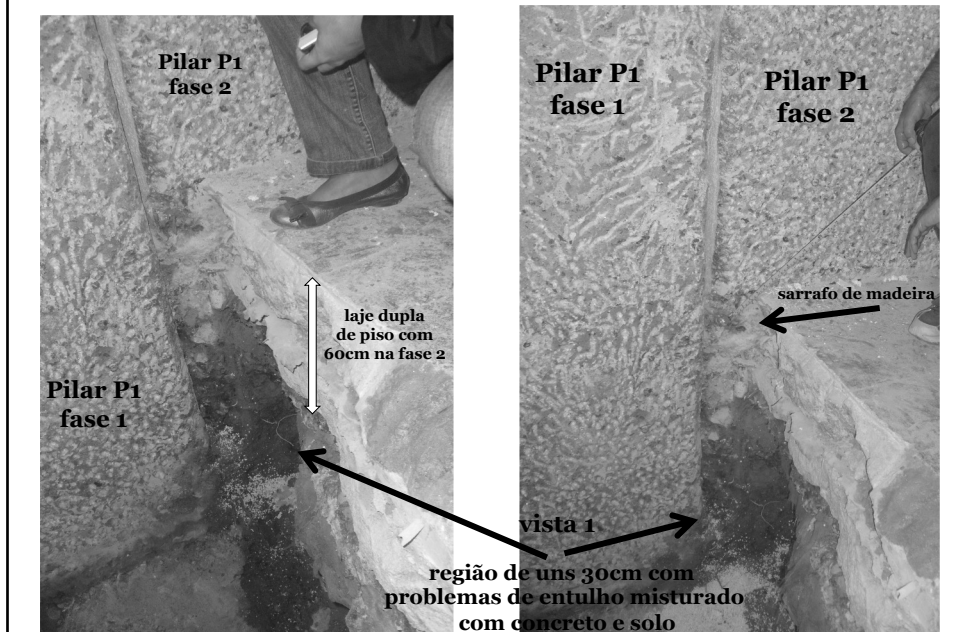


57



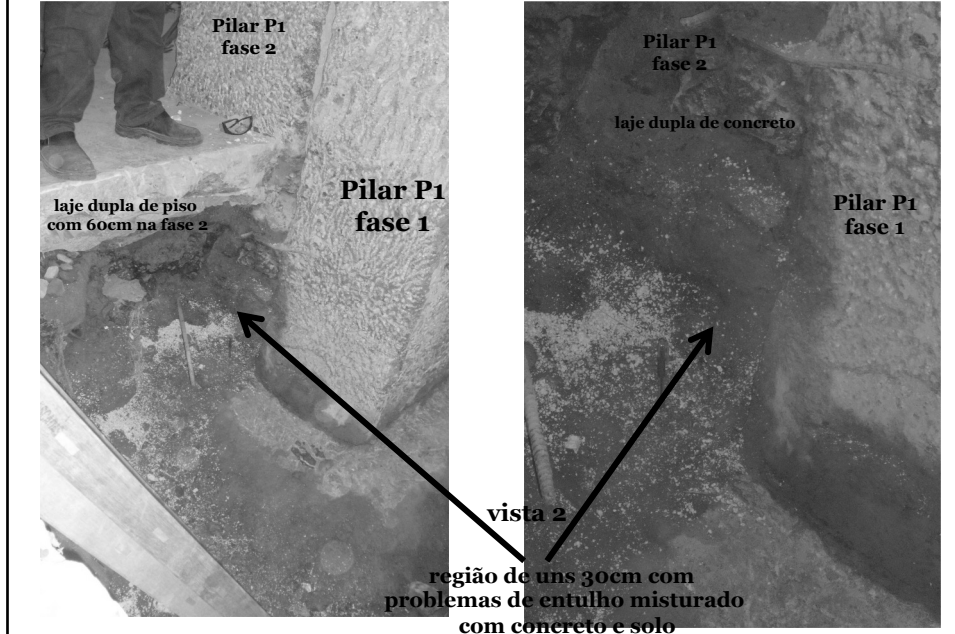
58

Inspeção / Diagnóstico preliminar



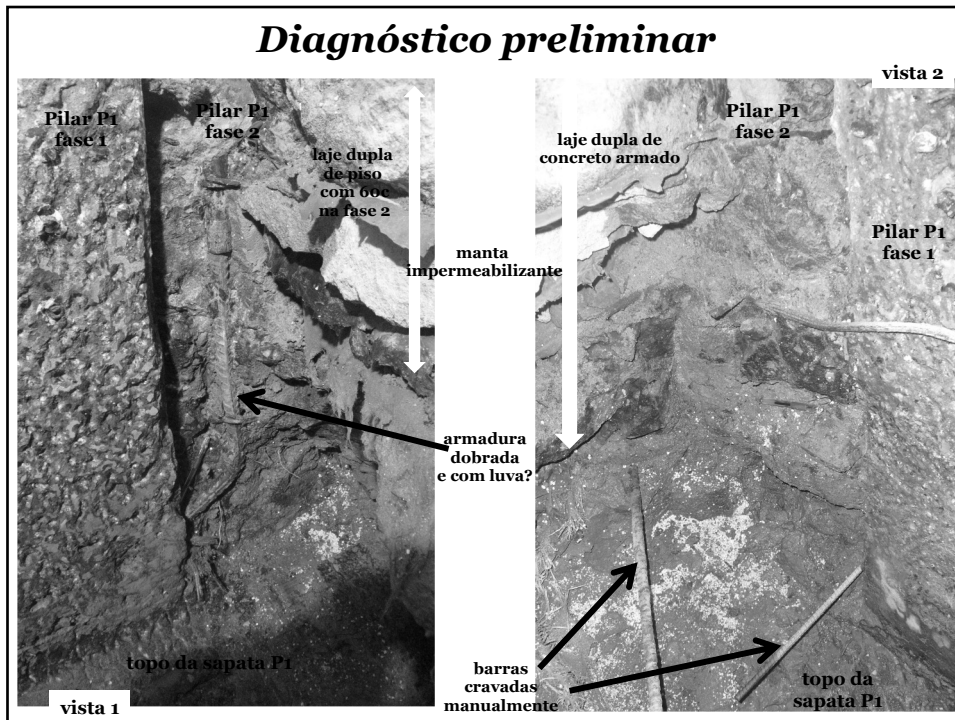
59

Inspeção / Diagnóstico preliminar



60

Diagnóstico preliminar



61

4. Preparação da fôrma



62

7.Desfôrma



direitos reservados SCS

PND Engenharia

63



64



65



66



67



68



69



70

Pilar P1 acabado



71

Controles

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

72

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

73

*Hipóteses
prováveis...*

74



75

Edifício Habitacional

armadura de
pilares
obra nova

76



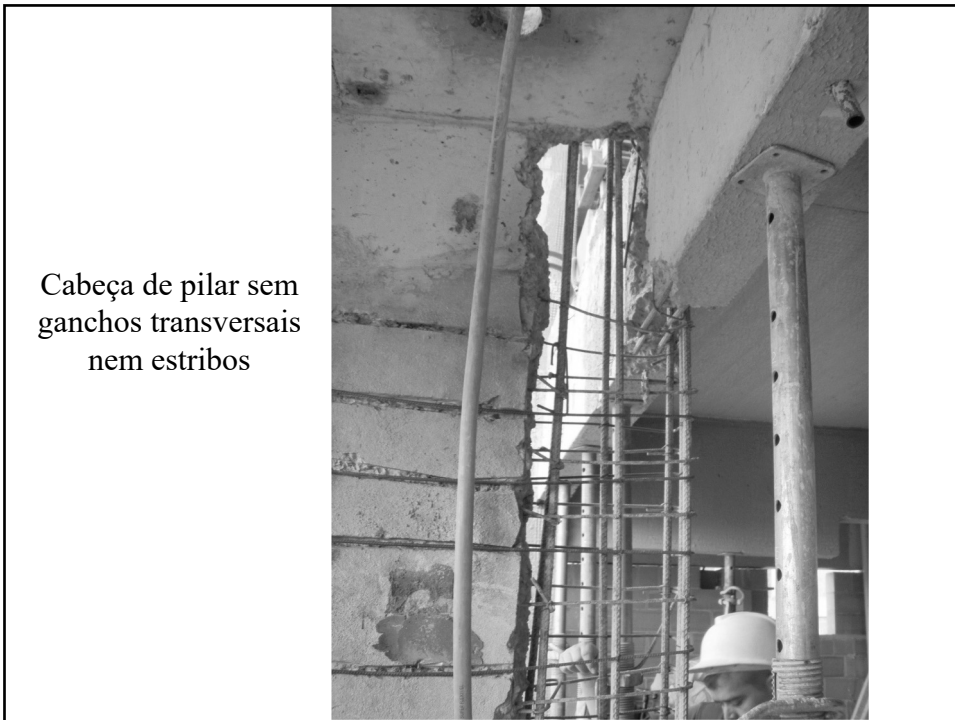
77



78



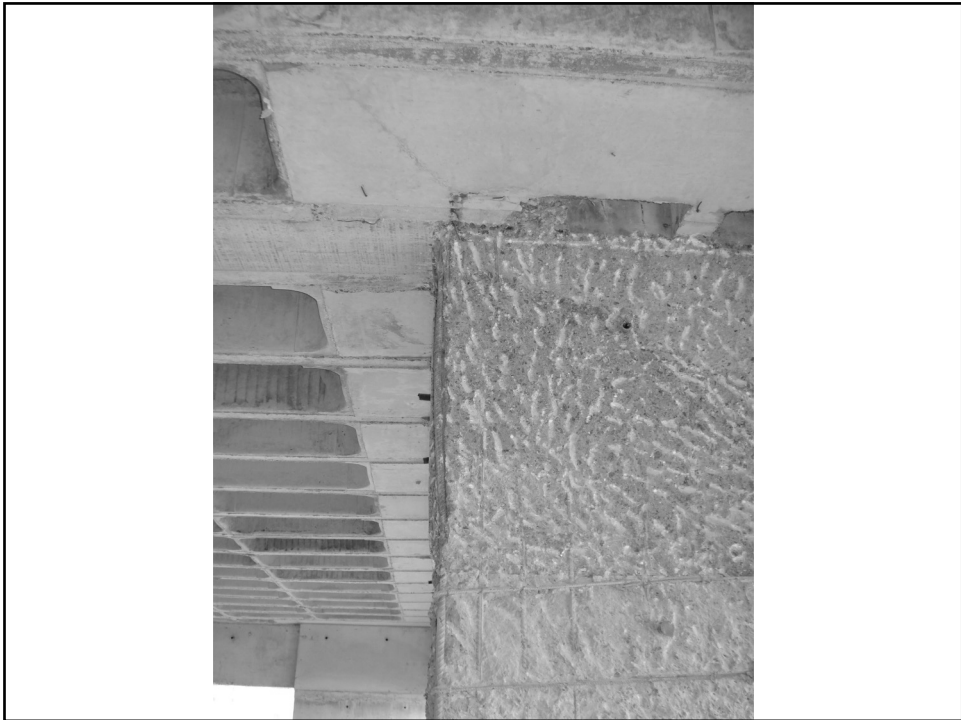
79



80



81



82



83

Qual o papel do Construtor?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

84

- ✓ 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

85

terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

86

outro caso desastroso!

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

87

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 %

88

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.

89



90

Edifício Real Class



Belém do Pará

34 pavimentos

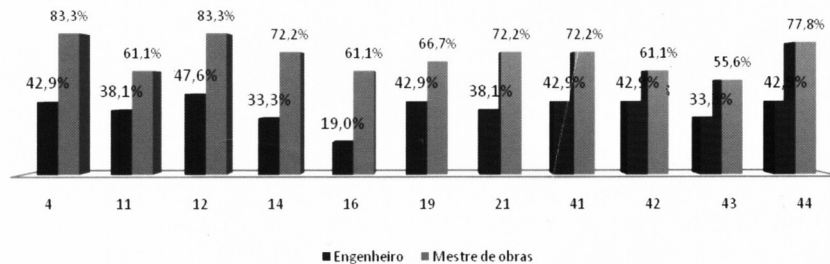
105m 20.01.2011 35MPa

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

91

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 sequência 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.

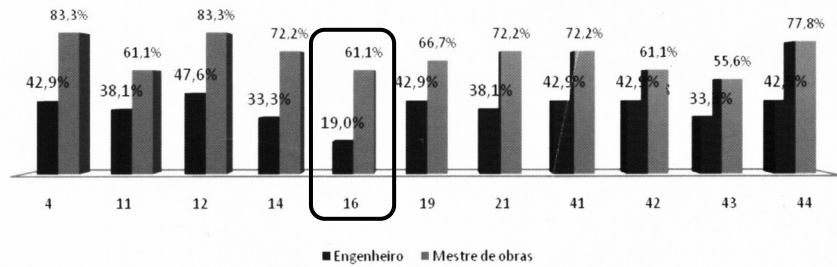
Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

92

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 pre-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 freqüência 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 aos

PhD Engenharia

Edifício Habitacional

concretagem de pilares *obra nova*



95



96



97



98

Reparo Estrutural !?



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

99

Reparo Estrutural !?



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

100



101

CONSTRUTOR

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

102

Edifício Areia Branca

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

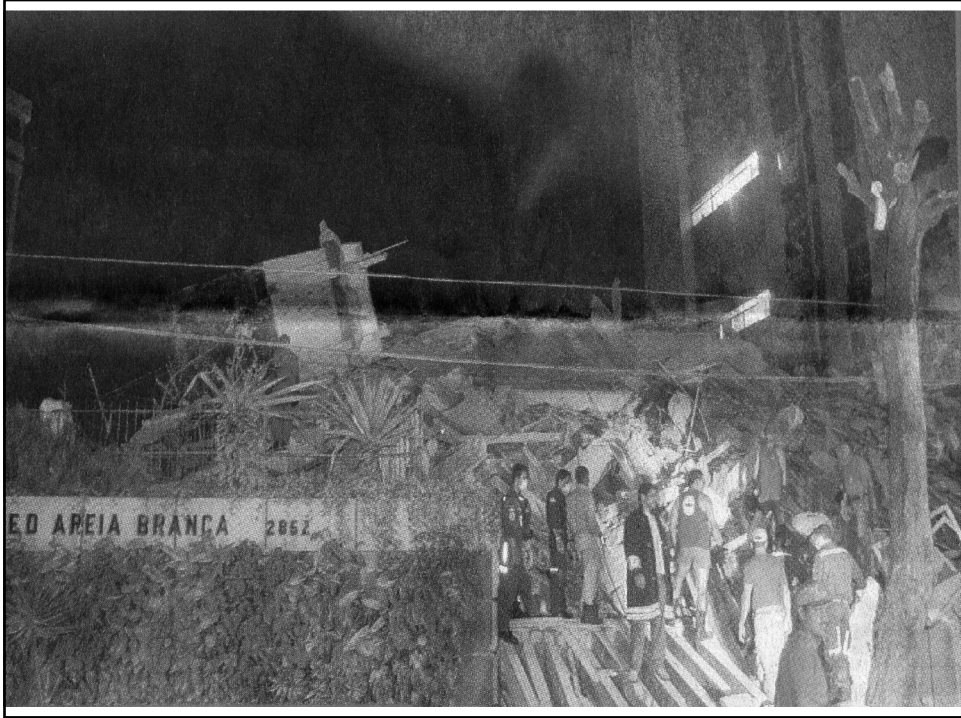
103



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

104



105



Escombros - manhã seguinte do desabamento

106



107



Edificações Vizinhas

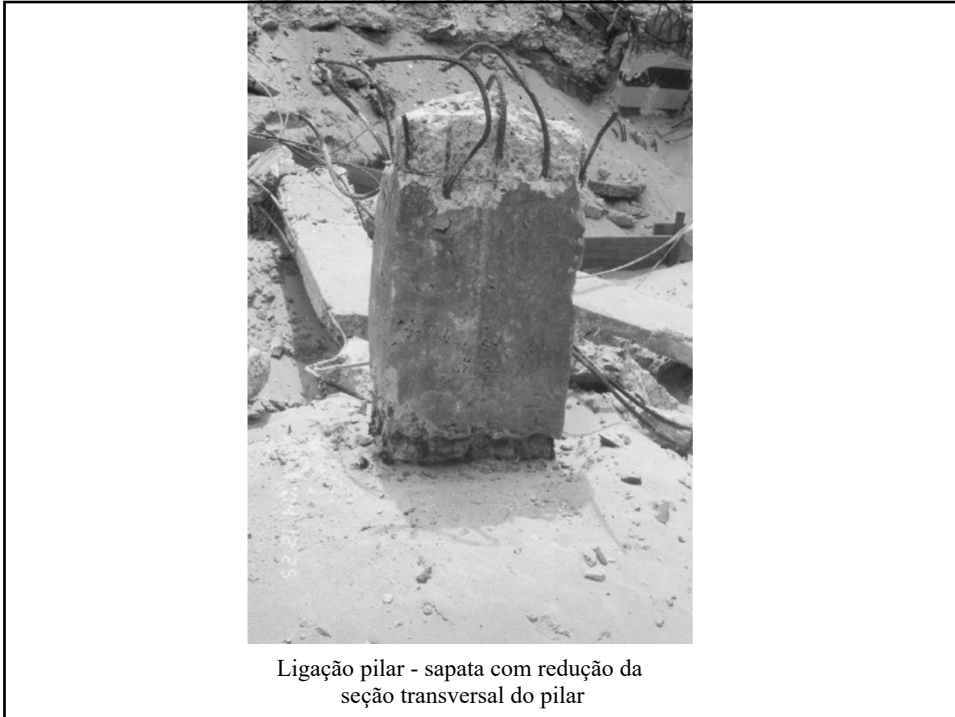
108



109



110



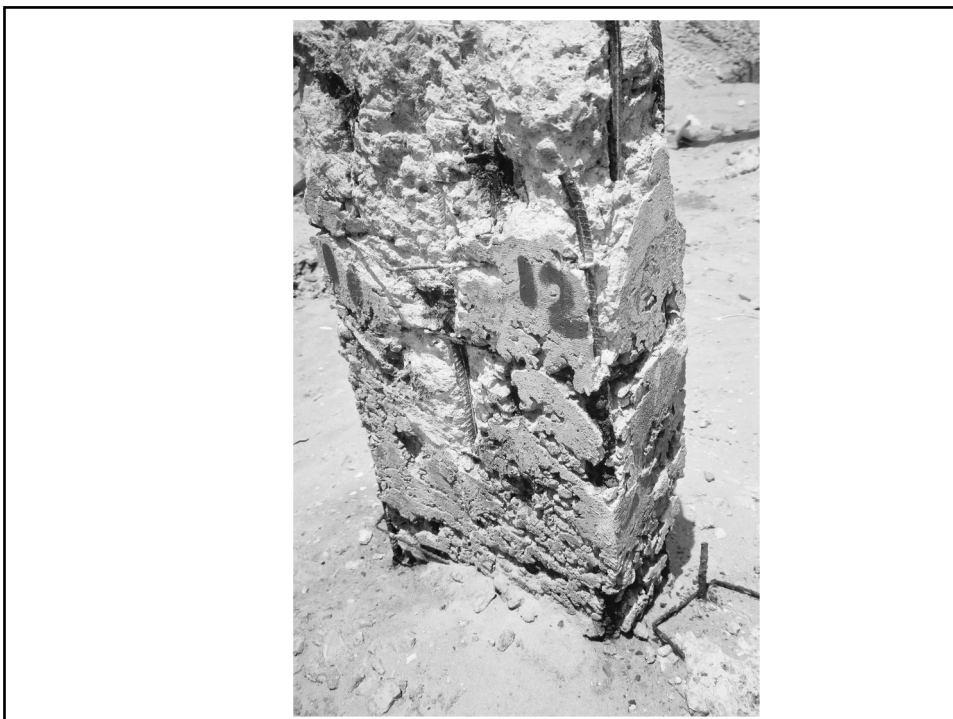
111



112



113



114



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

115



$> 20\text{cm!!!}$



116

CONSTRUTOR

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

117

Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

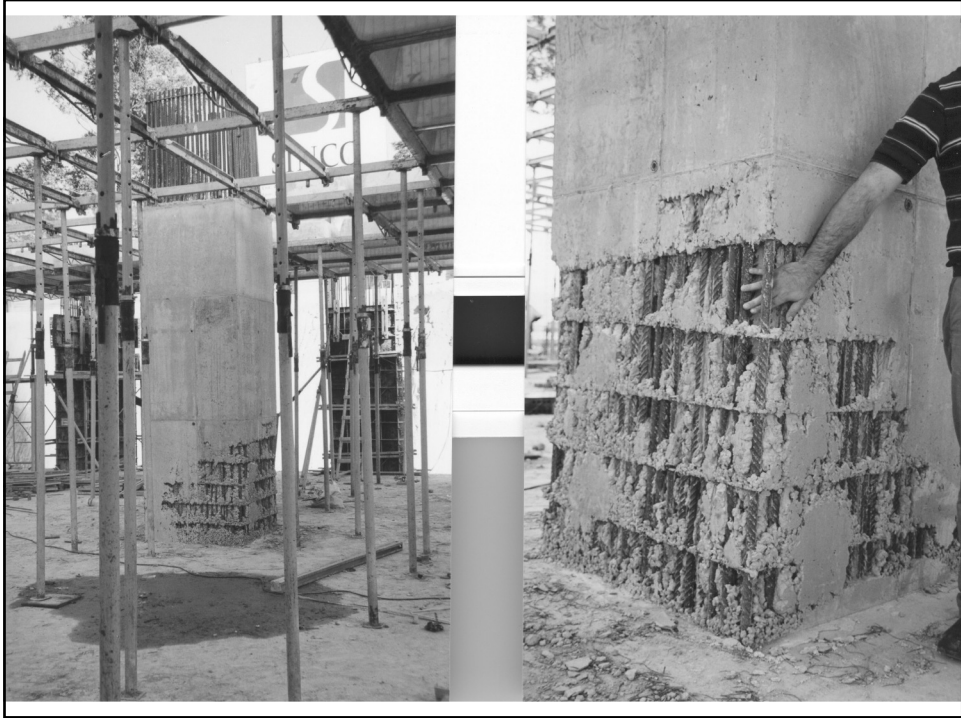
50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

118



119



120



121



122



123



124



125



126



127

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

128

CONSTRUTOR

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

129



90mm
desaprumo



130



131

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

132

2.2. Sistema de Ensaio

O esquema de vinculação utilizado no ensaio foi o 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 excêntrica 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.

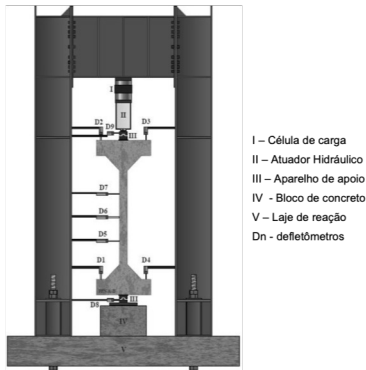


Figura 2 – Pilar posicionado no pórtico de reação com a instrumentação

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

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)	D _{6,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



135



136

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2022



PhD Engenharia

137



10 anos de idade...

138



139



140



141

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

142

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

143

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

144

Por que ocorre isso?

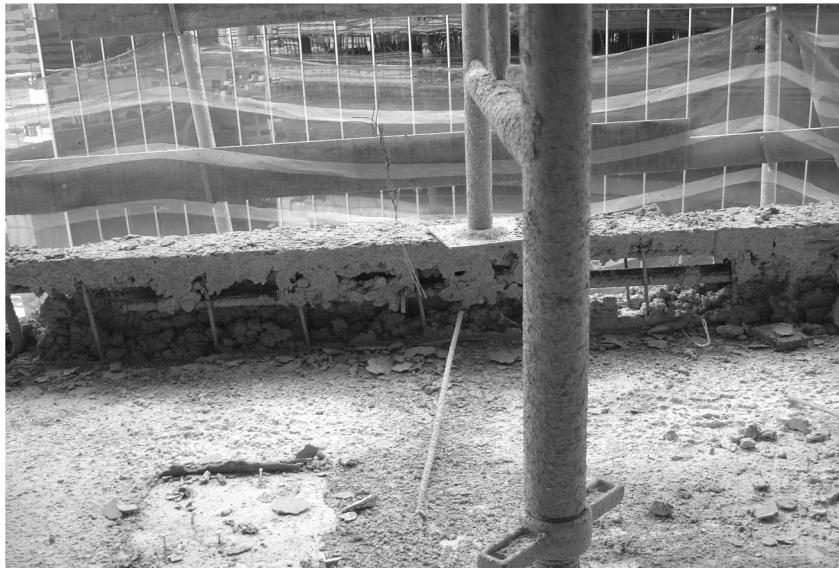


direitos reservados 2012

PhD Engenharia

145

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

146

Por que ocorre isso?

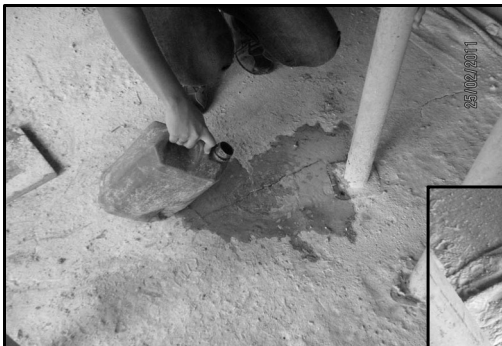


direitos reservados 2012

PhD Engenharia

147

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

148

Por que ocorre isso?

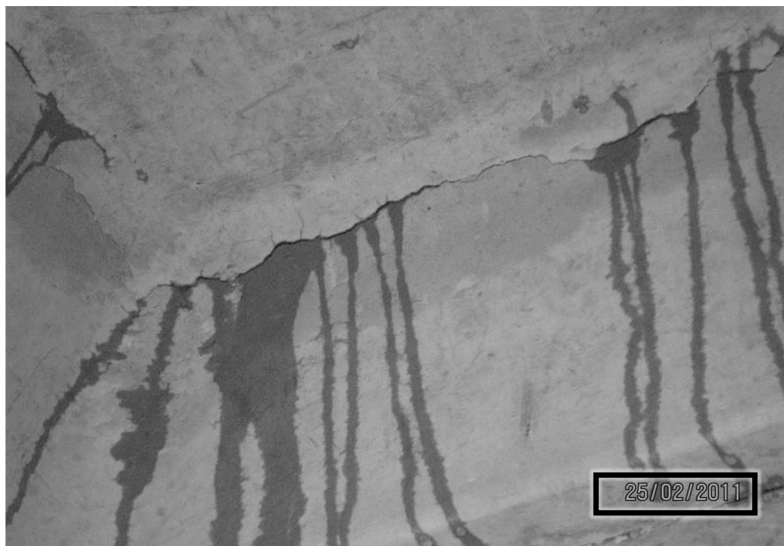


direitos reservados 2012

e o controle da execução?

149

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

150

Qual a MISSÃO do Construtor?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

151

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

152

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

153

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

154

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

155

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

156

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

157

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

158

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
 - > Combinar com pré-moldado, ...
 - > Escalas, detalhes, ...
 - > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
 - > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
 - > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
 - > Espessura mínima de lajes
 - > Vigas de fachada devem ser vergas também
 - > Vigas evitar variação de inércia
 - > Garagens, CAP, Térreo, Cobertura
 - > Reservatório de água:
- Durabilidade classe, cobrimento, ... NBR 6118; NBR 12655
- Ambientes internos secos e revestidos:
- classe I $c_{nom} \geq 25\text{mm}/20\text{mm}$ $f_{ck} \geq 25\text{MPa}$
- Ambientes internos úmidos:
- classe II $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$ $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$
- Até 1km da praia:
- classe III $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$ $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
- São Paulo, Cubatão, Santos, “industrial”:
- classe III $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$ $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
- Em geral:
- classe II $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$ $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

159

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 7212:1984 Execução de Concreto Dosado em Central*
- ✓ *NBR 9999:2000 Cimentos tipo I, II, III, IV e V*
- ✓ *NBR 7211:2009 Agregados para Concreto*
- ✓ *NBR 15577:2008 Agregados. Reatividade Álcali-Agregado*
- ✓ *NBR 15900:2009 Água para amassamento do concreto*
- ✓ *NBR 13956:1997 Sílica ativa para uso em cimento Portland, concreto, argamassa e pasta de cimento Portland*
- ✓ *NBR 15894:2010 Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

160

Estruturas de Concreto para Edificações

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 11768:2011 Aditivos químicos para concreto de cimento Portland*
- ✓ *NBR 7480:2007 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado*
- ✓ *NBR 15823:2012 Concreto Auto-Adensável*
- ✓ *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

161

Documentos Importantes

ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
 - ✓ slump
 - ✓ cimento
 - ✓ adições
 - ✓ resistência
 - ✓ relação a/c
- ✓ Como encomendar o concreto
 - ✓ Slump
 - ✓ Bombeável até 25 andares
 - ✓ Classe de agressividade
 - ✓ Pedir carta de traço

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

162

Documentos Importantes

ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
- ✓ Como encomendar o concreto

Carta de traço submetida pela Concreteira à Construtora:

- ❖ o traço em massa seca de materiais por m^3 de concreto adensado;
- ❖ a massa específica do concreto em kg/m^3 ;
- ❖ o consumo de cimento por m^3 ;
- ❖ o teor de argamassa seca;
- ❖ o D_{max} do agregado graúdo;
- ❖ a consistência do concreto fresco (*slump*);
- ❖ a classe de concreto C20; C25; C30; C35; C40; C45 ou C50;
- ❖ o módulo de elasticidade secante do concreto em Gpa a $0,4 \cdot f_{ck}$;
- ❖ o consumo de água por m^3 ;
- ❖ a relação água/materiais cimentícios;
- ❖ a classe de agressividade à qual esse concreto atende

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

163

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

164

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

165

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

166

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

167

Desafios

concretagem inclinada

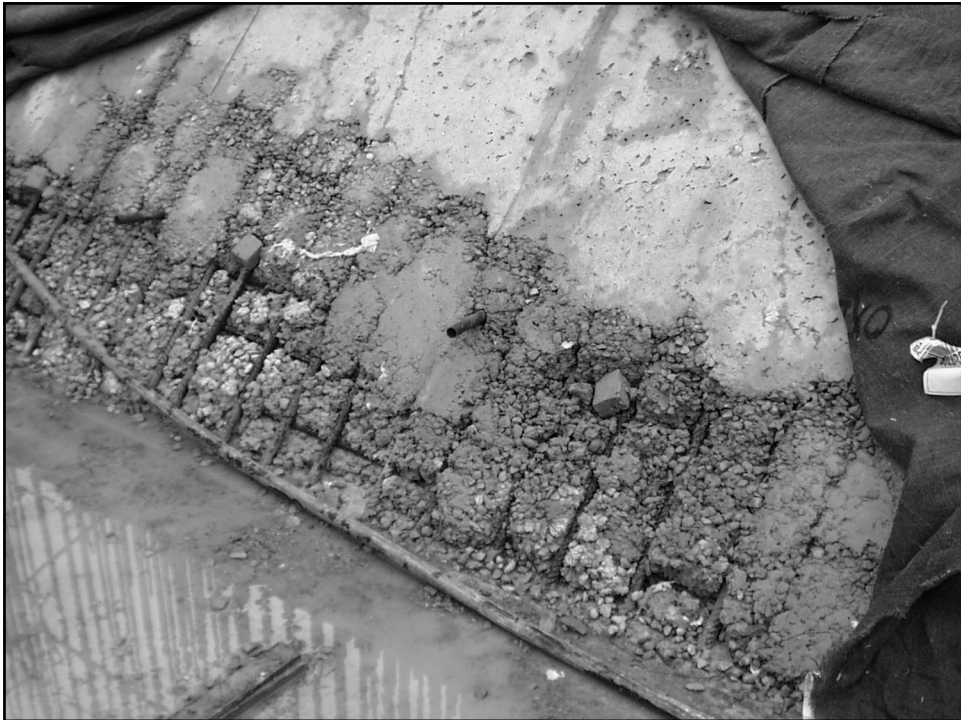
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

168



169



170



171



172



173



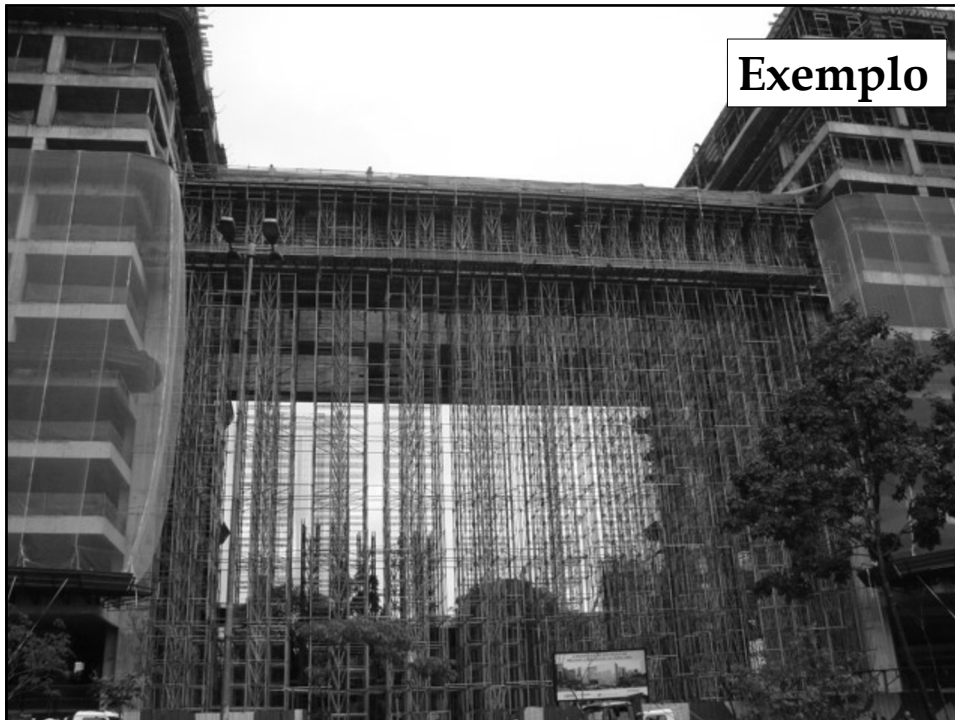
174

dicas de bem construir

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

175



186

Exemplo

✓ dimensões da viga: 44,40m x 2,5m* x **6,0m**

✓ geometria "Viga T"

✓ volume de concreto: 800m³ (concreto massa)

✓ concreto: f_{ck} 50MPa (autoadensável)

✓ uso de gelo: 100% (somente umidade dos agregados)

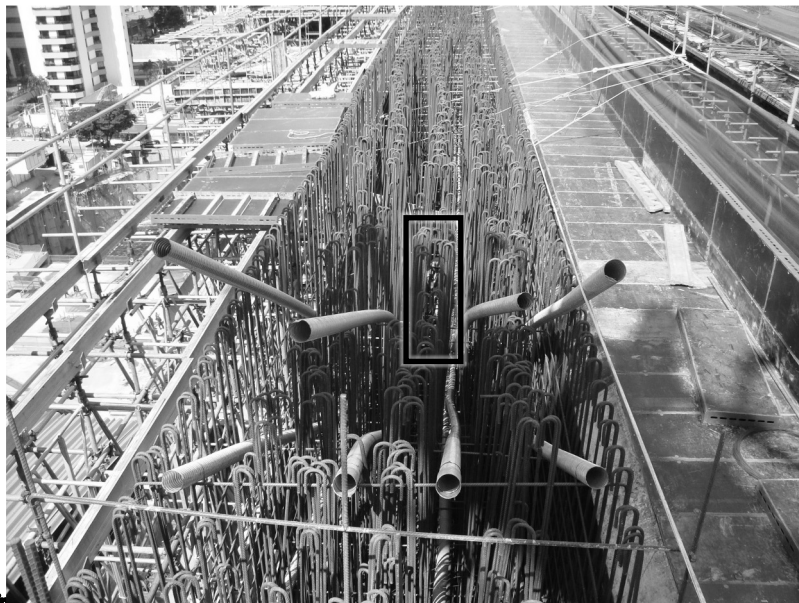
o estudo de dosagem deve atender estas condições

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

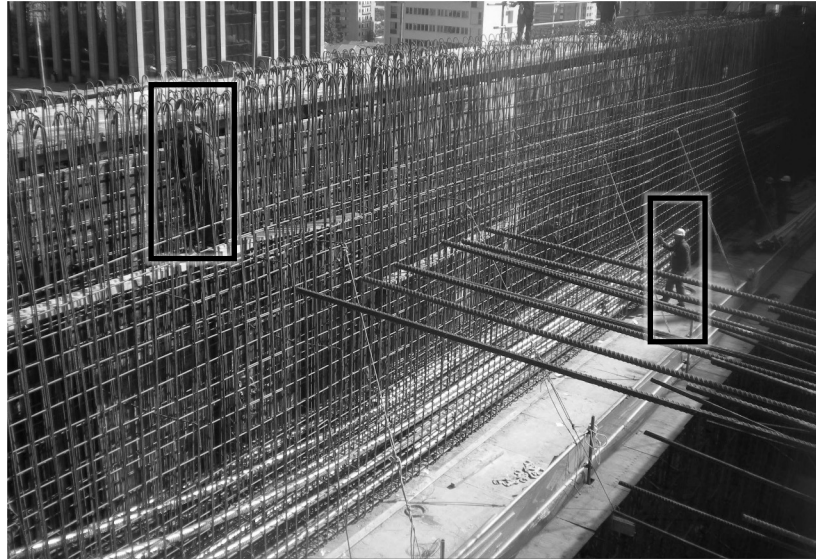
187

Por que concreto autoadensável?



188

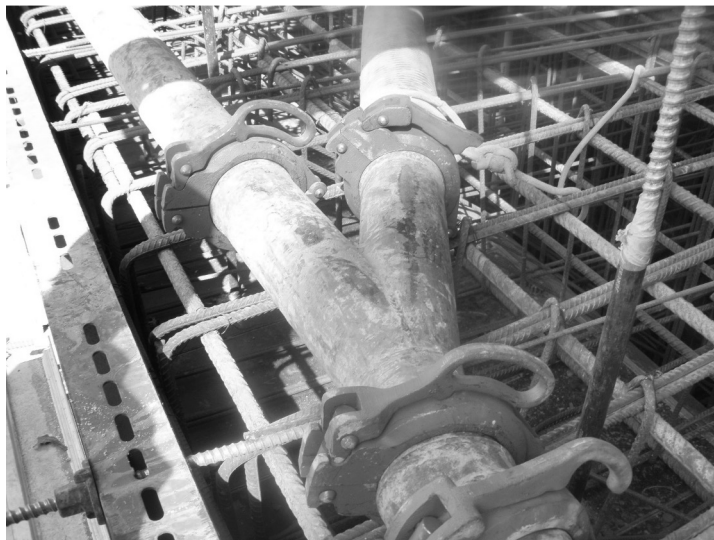
Por que concreto autoadensável?



e por que concretar em uma única vez?

189

Distribuição uniforme: esforços



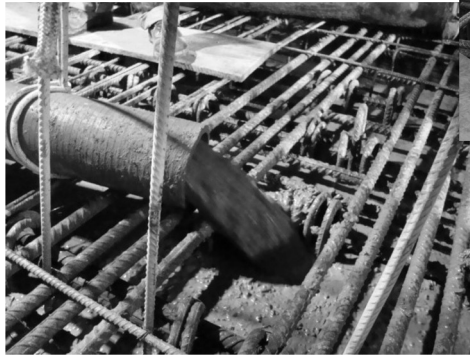
recursos planejados

PhD Engenharia

190

Lançamento correto (h = 6m)

**Procedimento
normalizado
NBR 14931:2004**



direitos reservados 2022



PhD Engenharia

191

Procedimento recomendado

**E se chover durante
a concretagem?**



**Obrigatório proteção
provisória ...**

PhD Engenharia

192

Resultado:

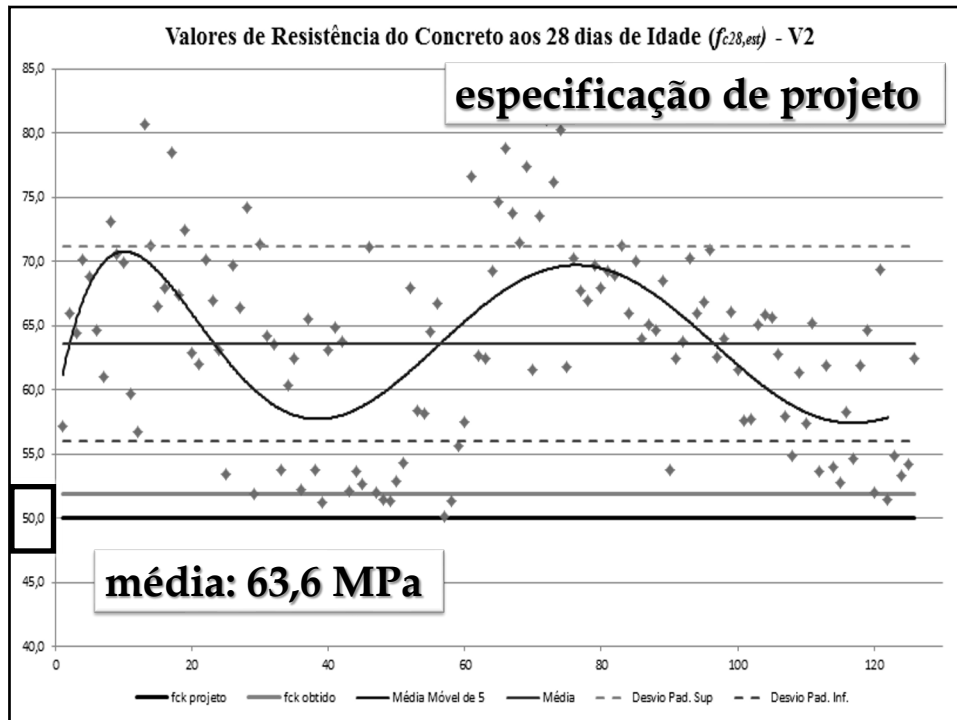


193



consumo: 365kg de cimento por m³
 f_{ck} especificado em projeto: 50MPa

194



195

Estanqueidade de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

“A superfície interna das fôrmas deve ser limpa e deve-se verificar a condição de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa.”

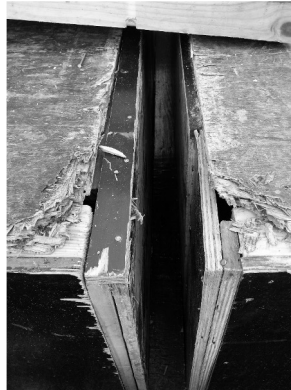
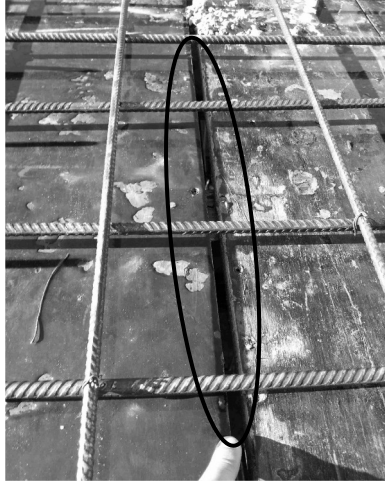


196

Estanqueidade de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

“A superfície interna das fôrmas deve ser limpa e deve-se verificar a condição de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa.”



PhD Engenharia

197

Cobrimento da armadura

ABNT NBR 14931:2004

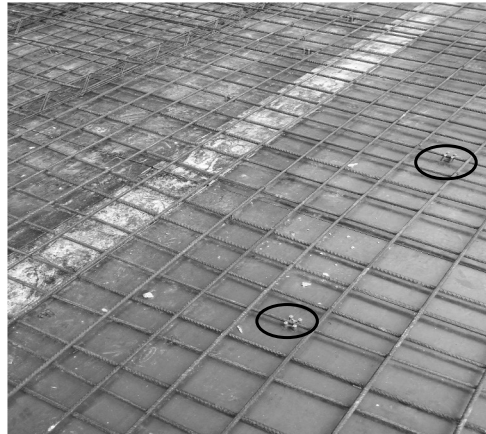
“O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores.”



198

Cobrimento da armadura

Verificar o cobrimento especificado em projeto, garantindo o uso generalizado de pastilhas e posicioná-las preferencialmente no encontro das armações.



Estacionamento localizado de espaçadores

199



"do Laboratório de Pesquisa em Construção de Obras"

Confecção de pastilhas de argamassa base cimento para estruturas de concreto aparente, empregado como forma caixas de ovos.

Deve se empregar como fôrmas caixas de ovos, como por exemplo, as do protótipo da Fig. 1 e Fig. 2, confeccionado na PhD em 13/02/2012.



Fig. 1 – Caixa de ovos.

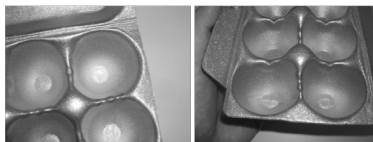


Fig. 2 – Detalhe dos sulcos internos (fôrmas das pastilhas).

As espessuras (alturas) devem ser adaptadas ao caso específico da obra e podem ser demarcadas no interior dos sulcos arredondados. Precedentemente ao preenchimento da fôrma com argamassa, deve se aplicar material desmoldante nas superfícies para posterior remoção das pastilhas (sem quebra de suas arestas). A fôrma já demarcada e com desmoldante aplicada pode ser observada na Fig. 3.

200

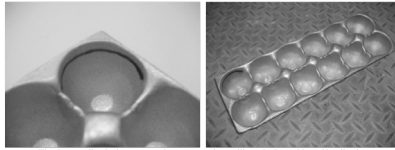


Fig. 3 – Detalhe da demarcação da espessura da pastilha e do desmoldante já aplicado.

É importante adensar a argamassa logo após o lançamento na forma. Isso pode ser obtido através de processos mecânicos ou manuais, como, por exemplo, uso de mesa vibratória ou equivalente. A argamassa sendo preparada e vertida nas respectivas formas pode ser observada na Fig. 4.



Fig. 4 – Detalhe da argamassa sendo preparada e vertida na forma de caixa de ovos.

Também devem ser posicionados no interior da argamassa ainda fresca fios de arame galvanizado, com comprimento suficiente grande para amarração nas barras de aço mais externas, por pastilha. Devem-se posicionar duas tiras de arame galvanizado em formato “U” no centro da pastilha e perpendiculares entre si, conforme Fig. 5.

201

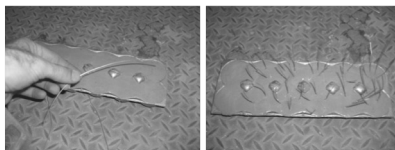


Fig. 5 – Posicionamento dos arames galvanizados no interior das pastilhas.

As quatro pontas remanescentes devem possuir comprimento suficientemente grande para serem amarradas na armadura, conforme observado na Fig. 6. Esclarece-se que o arame utilizado deve obrigatoriamente ser galvanizado para evitar a corrosão do mesmo, uma vez que seu revestimento será inferior ao mínimo especificado em projeto. No protótipo, foi utilizado arame n° 18 (1,24mm), devido a sua maleabilidade (somente como exemplo).

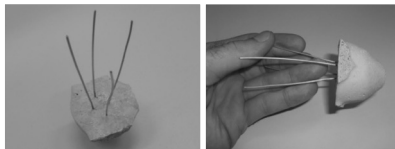


Fig. 6 – Detalhe da pastilha confeccionada.

O local mais adequado para fixação das pastilhas é no cruzamento das barras das armaduras, de modo que cada ponta de arame passe por cada um dos quatro quadrantes formados e sejam amarrados, travando assim a pastilha em todas as direções, conforme Fig. 7 e 8.

202

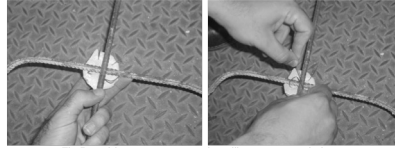


Fig. 7 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.

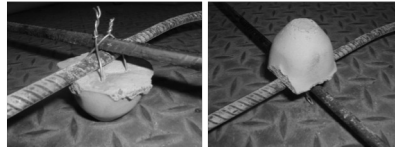


Fig. 8 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.

Nota-se que o procedimento de amarração da pastilha, no cruzamento das barras de aço, minimiza a movimentação da mesma em qualquer direção, durante, por exemplo, a montagem das formas ou do lançamento do concreto.

PhD Engenharia Ltda, Rua Visconde de Ouro Preto 201, Consolação, São Paulo, SP 01303-060, Brasil
Fone / Fax: 0511 2501 4802 / 23 e 2151 4781 NEWTEL: 0511 7881 4514 ID: 5578721029
www.phdengenharia.com.br

203

Lançamento do Concreto



ABNT NBR 14931:2004 item 9.5.1:
“O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação de seus componentes.”

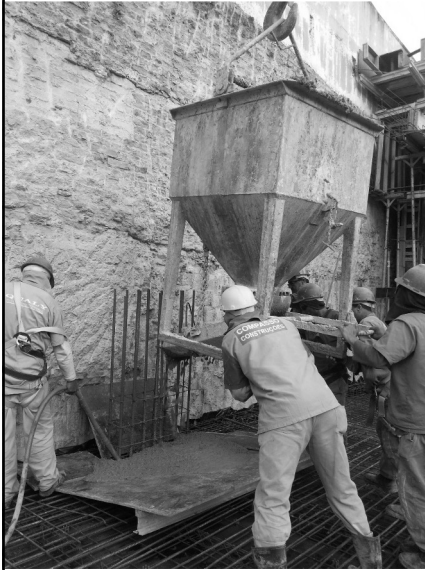
“Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2m.”

Pilar Parede 3,30m

PhD Engenharia

204

Lançamento do Concreto



direitos reservados SOCS

Pilar 5,70m

Prever dispositivos:

- Janela Intermediária;
- Funis com tremonha;
- Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados;

PhD Engenharia

205

Lançamento do Concreto



direitos reservados SOCS

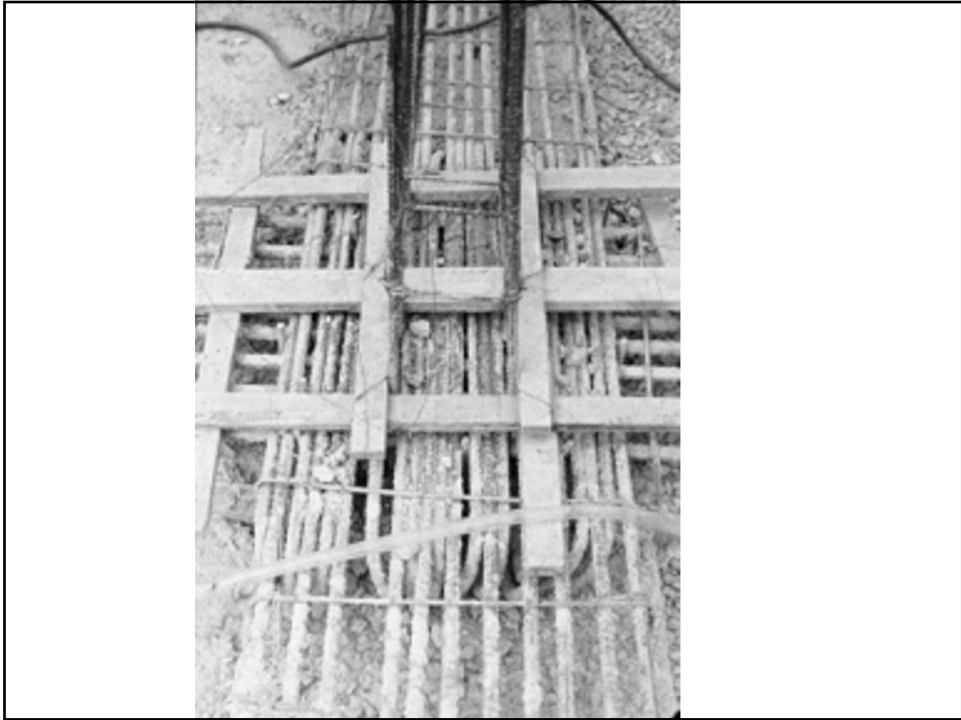
Pilar 5,7m

ABNT NBR 14931:2004 item 9.6.1

“Em *TODOS* os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar, durante o adensamento.”

PhD Engenharia

206



207



208

Adensamento do Concreto

Cuidados quanto ao uso do vibrador:

- Introduzir o vibrador rapidamente e retirá-lo lentamente;
- Fazer o uso preferencialmente na posição vertical;
- Evitar mover, vibrar demais ou espelhar o concreto nas fôrmas com auxílio do vibrador em operação, a fim de não causar segregação nem exsudação exagerada;
- Evitar encostar o vibrador nas barras da armadura;
- Evitar encostar nas paredes das fôrmas.

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

209



210

Fatores de correção por compactação em função do excesso de poros. **adensamento**

porcentagem de ar em excesso	fator de correção por compactação
1,0	1,08
1,5	1,13
2,0	1,18
2,5	1,23
3,0	1,28
3,5	1,33
4,0	1,39
4,5	1,45
5,0	1,51

Concrete Society Technical Report N° 11 "Concrete core testing for strength". Concrete Society, Maio de 1976. **PhD Engenharia**

211

adensamento

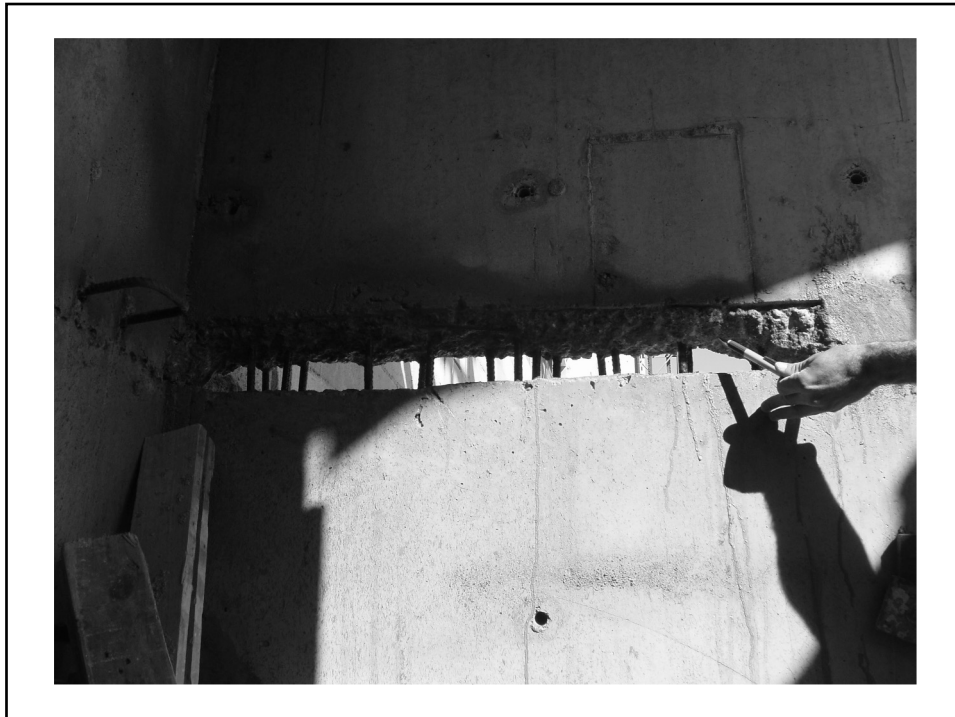
Segundo *ACI 214:2010* e livros texto de concreto, para cada 1% a mais de porosidade (volume de vazios) do concreto em relação à porosidade medida no concreto bem adensado do corpo de prova padrão, a resistência cai de 5% a 7%

Isso pressupõe que a porosidade (*ASTM C 642*) tenha sido medida no corpo de prova moldado e também no concreto da estrutura

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

212



213

Cura do concreto

Durante a concretagem:
Fazer o uso do aspersor de água (tipo WAP), simultaneamente com a concretagem, de modo a umedecer faixa já sarrafeada bem como a parte que está sendo concretada.

PhD Engenharia

214

Cura



215

Cura



216



217

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

218

Cura do concreto



219

Cura do concreto



220

Cura do Concreto



Após o endurecimento do concreto inicial (perceptível ao tato), cobrir o local com manta encharcada de água mantida pressionada sobre toda a superfície concretada e, manter saturada a cada 2h

Manter este procedimento cuidadoso por pelo menos 3 dias consecutivos.

PhD Engenharia

221

Cura do Concreto



Laje sem procedimento de cura adequado.

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

222

Efeito da cura na resistência

cura para $\Theta = (23 \pm 2)^\circ\text{C}$

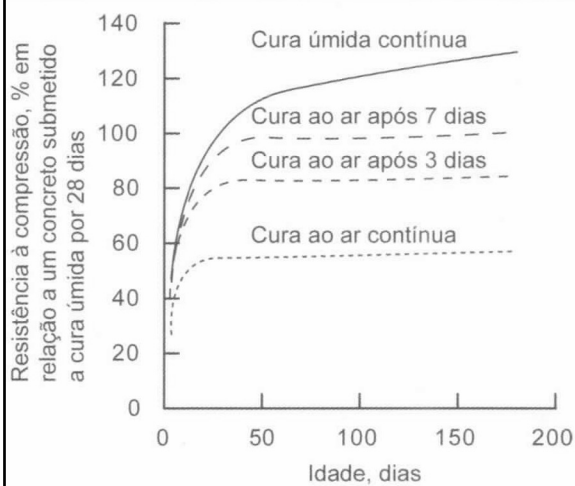


Figura 3-8 Influência das condições de cura sobre a resistência (*Concrete Manual*, 8th ed., U.S. Bureau of Reclamation, 1981).

A idade da cura não trará nenhum benefício para a resistência do concreto, a menos que a cura seja processada na presença de umidade.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. IBRACON. 3^{ra} Edição. p. 62. 2008.

direitos reservados 2008

PhD Engenharia

223

cura

referência	condição	coeficiente k_3
ACI Materials Journal	$> 30^\circ\text{C}$	1,10
ACI Materials Journal	$< 15^\circ\text{C}$	1,05
Bureau of Reclamation	ao ar	1,60
Concrete Society	usual obra	1,20
Concrete Society	membrana cura	1,10

direitos reservados 2008

PhD Engenharia

224

Central de Concreto



225

Normas Vigentes

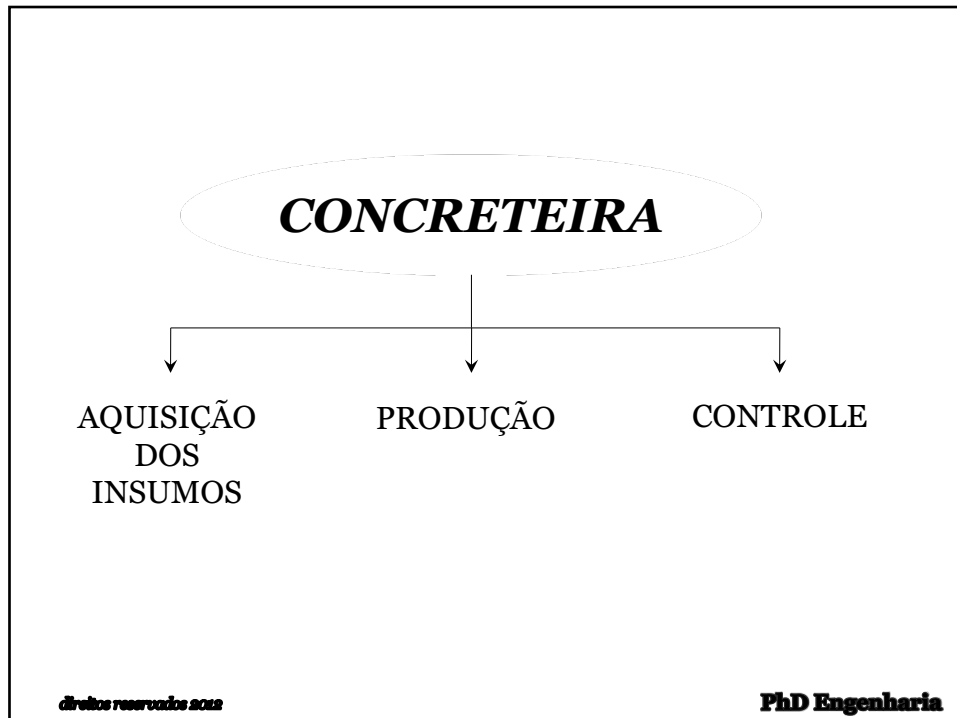
- ABNT NBR 7211:2009
“Agregados para concreto –
Especificação”
- ABNT NBR 7212:2010
“Execução de concreto
dosado em central”
- ABNT NBR 15577:2008
“Agregados - Reatividade
álcali-agregado” Partes 1 a 6.



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

226



227

Concreto dosado em Central (ABNT NBR 7212)

É um produto que depende de muitas variáveis:

- Estudos de dosagem;
- Aferição/calibragem balanças de pesagem dos insumos;
- Aferição/calibragem prensas;
- Conformidade laboratório que realiza o ensaio de ruptura;
- Cimento (uniformidade, temperatura, NF, ensaio de resistência mecânica, tipo, classe);
- Adições;
- Aditivos (uniformidade, compatibilidade, procedimentos);
- Água (aferição do hidrômetro e umidade areia);
- Automatização da balança.

ETG

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

228

Há conhecimento da natureza, procedência, armazenamento, coleta, curva granulométrica, determinação de materiais pulverulentos, torrões de argila, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos e reatividade álcali-agregado???



direitos res

É medida a umidade da areia toda semana???

genharia

229

Como garantir a qualidade do concreto? (NBR 6118:2007)

Primeiramente, através dos resultados de resistência à compressão dos corpos-de-prova, porém os mesmos precisam ser no mínimo:

- amostrados;
- rastreados;
- curados;
- rompidos;
- e interpretados corretamente por toda uma equipe previamente qualificada, usando equipamentos aferidos.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

230

Existem muitas informações importantes que devem constar nos projetos estruturais

direitos reservados aos

PhD Engenharia

231

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

232

E se faltar alguma informação no projeto?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

233

Por desconhecer o material, o cimento, o fornecedor, até mesmo a modalidade de preparação do concreto, para o Calculista fica difícil determinar o comportamento do concreto quanto ao crescimento da resistência e valores de módulo de deformação, que são escopo da Tecnologia do Concreto.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

234

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 2022

PhD Engenharia

235

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.



236

Quem controla o concreto?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

237

Controle de recebimento

- ✓ **O laboratório deve ser acreditado pelo INMETRO (RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios)**
- ✓ **O laboratório deve possuir em seu Escopo de Acreditação os ensaios mínimos para realização do controle do concreto em obra**
- ✓ **A mão de obra laboratorial deve ser qualificada (ABNT NBR 15146:2011)**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

238



239

Laboratório

- ABNT NBR NM 33:1998 “Concreto - Amostragem de concreto fresco”
- ABNT NBR NM 67:1998 “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”
- ABNT NBR 5738:2003 “Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova”
- ABNT NBR 5739:2007 “Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos”
- ABNT NBR 7680:2007 “Concreto - Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto
- ABNT NBR 15146-1:2011 “Controle tecnológico de concreto — Qualificação de pessoal Parte 1: Requisitos gerais”

direitos reservados 2012 **PhD Engenharia**

240

Laboratórios de Controle Tecnológico em Obra

Atualmente, no Estado de São Paulo, apenas 15 laboratórios que realizam ensaios ligados à Construção Civil são acreditados pelo INMETRO. (Pesquisa realizada em 17/02/2012).

Desses, somente 1 laboratório possui em seu Escopo de Acreditação todos ensaios para realização do controle do concreto na obra (NM33, NM67, NBR 5738, NBR 5739 e NBR 7680).

1 laboratório	→	100% dos ensaios
7 laboratórios	→	88% dos ensaios
1 laboratório	→	75% dos ensaios
2 laboratórios	→	63% dos ensaios
2 laboratórios	→	50% dos ensaios
2 laboratórios	→	25% dos ensaios

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

241

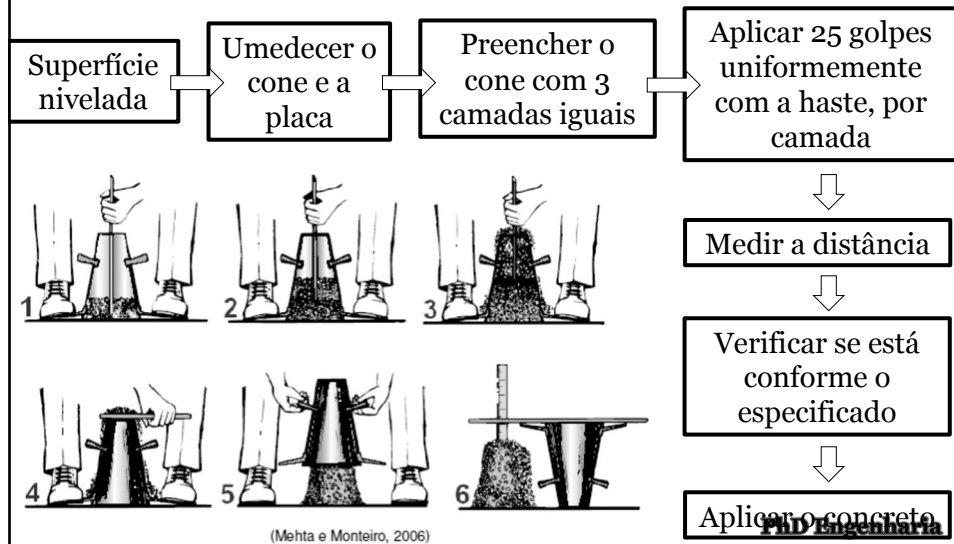
No recebimento do caminhão betoneira quais os ensaios realizados?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

242

Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67:1998)



243

Os caminhões são liberados sem tirar o slump?



244

O que o faria rejeitar o concreto que chega à obra?

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

245

Valor do slump acima do especificado na carta de traço e NF



PhD Engenharia

246

A coleta de concreto é realizada apenas na usina?

A coleta de concreto é realizada na entrada da obra?

A amostra do concreto é retirada no início da descarga ao invés do terço médio ou terço final?



direitos reservados ao

hD Engenharia

247

O concreto é coletado de acordo com ABNT NBR 5738:2003?



hD Engenharia

248

**Os cp's são moldados adequadamente?
Após a moldagem não é adicionado mais água no
caminhão?**



direitos re

genharia

249

***Quantos corpos-de-prova são
coletados?***

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

250

Exemplo de Plano de Controle para a quantidade de corpos-de-prova moldados

- ✓ 2 CP's cilíndricos (10x20cm) para ruptura aos 28 dias de idade;
- ✓ 1 CP cilíndrico (10x20cm) para ruptura aos 63 dias de idade.

A ruptura com idade de 63dias, em muitos casos, pode ser útil para isentar um procedimento de extração de testemunho (procedimento parcialmente destrutivo) nas estruturas de concreto passíveis de não conformidade.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

251

Os corpos-de-prova são transportados no mesmo dia?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

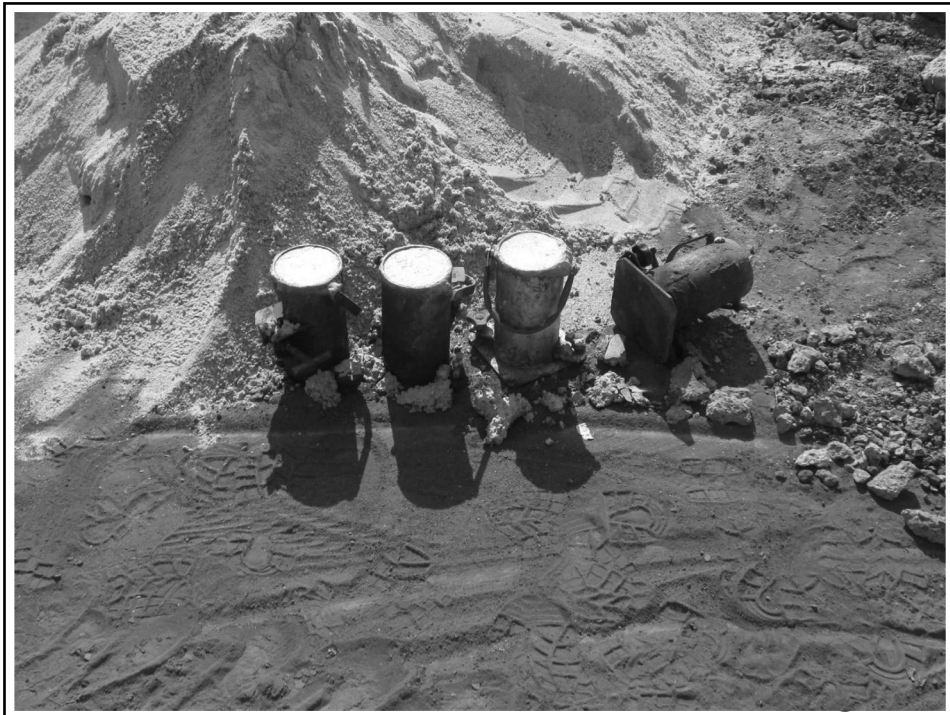
252

Os corpos-de-prova ficam no sol?

direitos reservados aos

PhD Engenharia

253



254



255



256

Os corpos-de-prova são mal transportados?

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

257



258

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.

259



260

Os corpos-de-prova são curados conforme a NBR 5738:2003?

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

261

Em laboratório

Tanque descoberto e sem controle da temperatura



direitos r

genharia

262

Em laboratório



263



264

Em obra

Tanque coberto com água, cal e temperatura controlada



direitos re

genharia

265

Os corpos-de-prova são identificados?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

266



Sistema de Codificação Eletrônica

Os erros de extravio são praticamente eliminados, assim como as falhas no armazenamento ou trocas involuntárias de amostras e confusão nos resultados de ensaios

267

***Os corpos-de-prova são
capeados ou
retificados?***

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

268



269

26

3.1.3. Falhas no arremate da superfície dos corpos de prova

Para a realização do ensaio de resistência à compressão é necessário que as superfícies de contato dos corpos de prova onde se aplicam as cargas sejam planas, paralelas e perpendiculares ao eixo longitudinal de modo que o carregamento seja uniformemente distribuído.

Ao longo dos anos o capeamento das faces dos corpos de prova de concreto foi realizado com enxofre obtendo-se bom desempenho no processo. No entanto, com a necessidade de aumento da durabilidade das estruturas de concreto, aumento das cargas e vãos das pontes e viadutos os projetistas vêm aumentando as resistências características especificadas em projeto – fck.

Para concretos com resistências acima de 30 MPa o capeamento com enxofre começa a interferir negativamente minorando a resistência potencial, pois, o módulo de deformação do enxofre é menor que o módulo de deformação do concreto o que acarreta distribuição desuniforme das cargas no ensaio de resistência à compressão (ZANETTI, 2011).



Figura 13

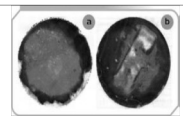


Figura 14

Figura 13 – Diferença na espessura no capeamento com enxofre; Figura 14 – Concentração de cargas em corpos de prova preparados com capa de enxofre. Fonte: Zanetti, 2011.

Na figura 13 mostra-se o capeamento com diferença de espessura para concretos acima de 30 MPa o baixo módulo de deformação do enxofre imprime carga concentrada onde na face do corpo de prova a camada de enxofre está mais fina.

270

3.1.5. Utilização de retífica em substituição ao capeamento com enxofre

A utilização de retífica nas faces do corpo de prova é previsto pela NBR 5738 ABNT 2003 e deveria ser praticada para concretos com resistência superior a 30 MPa. Entretanto, a troca de capeamento por retífica deve vir acompanhada de certos controles de verificação do processo para garantia da eficiência do mesmo.

A respectiva norma estabelece parâmetros para aceitação da falha de planicidade das faces do corpo de prova no qual o valor máximo admitido é uma falha inferior a 0,05 mm em qualquer uma das faces (topo ou base).

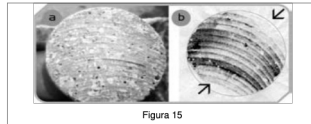


Figura 15(a) - Falha na retificação e preparo das faces do corpo de prova.
Figura 15(b) - Diagnóstico de falha na distribuição de carga com uso do papel carbono.
Fonte: Zanetti, 2011.

A figura 15a mostra as ranhuras deixadas pelo disco de retificação na face do corpo de prova de concreto e a figura 15b mostra as falhas de distribuição de cargas em função das ranhuras produzidas pela retífica e, consequentemente, a concentração de cargas pontuais evidenciadas pelos pontos mais escuros. Ocorrendo por consequência da distribuição desuniforme de carga a minoração da resistência do concreto.

271

3.1.6 Utilização do capeamento elastomérico confinado

O capeamento elastomérico confinado tem sido utilizado em algumas obras. O Capeador é composto por um par de almofadas e um par de bases metálicas com anel que envolve a almofada de Neoprene.

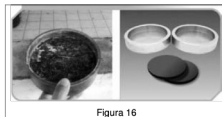


Figura 16: Capeador elastomérico confinado.
Fonte: Zanetti, 2011.

As normas americanas ASTM C 1231/C/2000 e 1231/M/ 2000 prescrevem sobre o uso do neoprene como almofada de capeamento elastomérico confinado dentro de certas condicionantes. Dentre as recomendações está a dureza (Shore A) do neoprene e a espessura da borracha que não deve ser inferior a 13,0 mm. Também desníveis transversais ao diâmetro das bases dos corpos de prova não devem exceder a 5,0 mm.

Capeamento elastomérico confinado - ASTM C 1231/C e ASTM 1231/M			
Condicionantes para uso de borrachas de policloropreno confinado - (Neoprene), para teste de resistência à compressão do concreto.			
Resistência do concreto (MPa)	Dureza Shore A neoprene	Teste de qualificação	Quantidade de vezes a utilizar
10 a 40	50	Não requerido	100
17 a 50	50	Não requerido	100
28 a 50	60	Não requerido	100
50 a 80	70	Requerido	50
Acima de 80	-	Não permitido	-

A dureza do neoprene depende da intensidade da resistência a ser avaliada, e a almofada tem um número máximo de reutilizações definidas pela norma.

Tabela 02: Condicionantes para uso de borrachas de neoprene confinado para teste de resistência à compressão do concreto.

Fonte: ASTM C 1231/C (2000) e ASTM 1231/M (2000)

272

A prensa do laboratório é aferida e calibrada?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

273



274

Há um acompanhamento posterior, por parte da obra, dos ensaios de resistência à compressão?

direitos reservados aos

PhD Engenharia

275

Planilha de Controle do Concreto

Conformidade com 28 dias (ok?)

OBRA

PADRÃO RESISTÊNCIA:		2 cp's 3 dias, 2 cp's 7 dias e 2 cp's 28 dias (resistência à compressão)										Traço 1: código 04011 - Consumo: 325kg/m³, slump: 90-10mm, a/c: 0,55											
PADRÃO MÓDULO:		2 cp's a cada 2 pavimentos (módulo de elasticidade)										Traço 2: código 054111 - Consumo: 318 kg/m³, slump: 120-20 mm, a/c: 0,58											
elemento / área / esp.												Traço 3: código 060111 - Consumo: 330kg/m³, slump: 140-30mm, a/c: 0,53											
												Traço 4: código 227111 - Consumo: 280kg/m³, slump: 90-10mm, a/c: 0,65 (R _{ck} =25MPa)											
												Traço 5: código 227111 - Consumo: 391 kg/m³, slump: 90-10mm, a/c: NE (fcm=33 MPa)											
Data	Horário de Saída (JORN)	Horário de Chegada (OBR)	Horário de Saída da Obra	Tempo duração na obra	Nota Fiscal	Fiscal/CODIGO	Volume (m³)	Traço	R/A	RPA	Slump (padrão) (mm)	Mortizagem (pp)	Aplicação (Elementos)	Resistência à compressão				Mod. El.		Cont. 3 dias	Cont. 7 dias	Cont. 28 dias	Qual do Proj. Res do Testamento
														3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	28 dias (GPa)	Cont. 3 dias	Cont. 7 dias				
06/12/2010	07:00	07:33	08:16	1:16	17459	DDN0561	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	31,8	38,8	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	07:16	07:52	08:32	1:17	17460	ENB4973	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Termo	-	33,3	38,7	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	08:11	08:53	09:07	0:56	17461	DDN6531	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	34,7	39,1	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	08:59	09:27	09:47	0:48	17462	ENB6501	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	34,1	37,6	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:02	09:32	10:06	1:04	17463	MSA4053	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Termo	-	34,4	40,6	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:10	10:06	10:13	1:03	17465	MSJ3953	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	35,4	38,2	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:12	09:43	10:28	1:16	17464	ENB4953	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	34,5	37,9	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:23	10:14	10:43	1:20	17466	MSA4029	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	35,8	41	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:23	10:44	10:59	1:36	17467	DDN6581	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Termo	-	32,9	37,6	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:37	11:18	11:37	2:00	17472	DDN6591	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Termo	-	33	36,1	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	09:56	11:49	12:06	2:10	17475	DDN4952	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Termo	-	34,2	35,4	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	11:45	13:30	13:53	2:08	17483	MSJ3953	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Termo	-	33	40,4	NA	-	OK	OK				
06/12/2010	13:26	14:25	15:15	1:49	17488	DDN4952	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Termo	-	32,8	38,7	NA	-	OK	OK				
03/01/2011	19:42	20:12	21:00	1:18	18304	ENB4973	8	1	35	145	4	Lajes 152 Vigas do Termo	-	24,8	33,6	NA	-	OK	OK	ndo ok		sim	
10/01/2011	09:00	09:38	10:17	1:17	66025	DDN6841	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Termo	-	36,4	43,9	NA	-	OK	OK				

276

Mapeamento do Concreto (rastreadabilidade)



277

As resistências estão dentro do esperado?

$$f_{ck,est} \geq f_{ck} ?$$

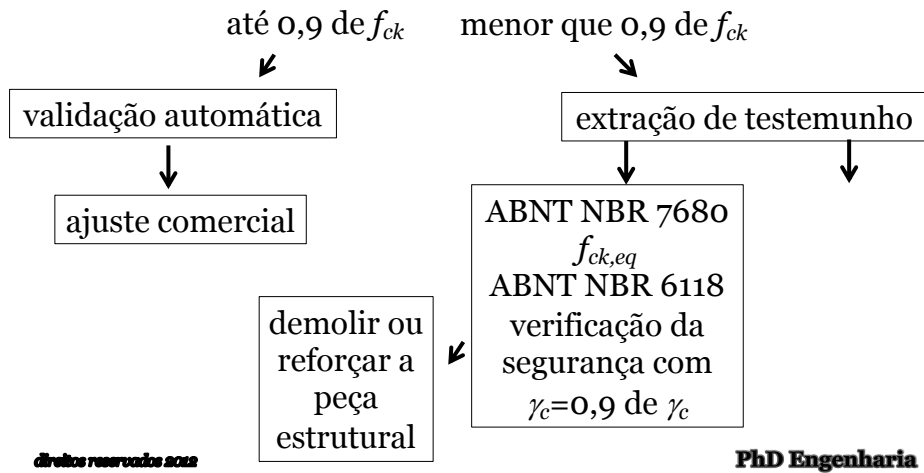
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

278

Concretos não-conformes (como proceder?)

AÇÕES



279

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

280

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

281

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

282