

Coordenação técnica:  Núcleo de Gestão e Inovação






**edificação
SEGURA**
PROGRAMA NACIONAL
DE REDUÇÃO DE RISCOS
E AUMENTO DA VIDA ÚTIL
DE ESTRUTURAS DE
EDIFICAÇÕES

55CBC2013 IBRACON 30 de outubro de 2013 Gramado RS



Os Principais Mecanismos de Deterioração que Prejudicam a Vida Útil da Estrutura



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidade de São Paulo USP
Conselheiro Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures
Presidente de honor ALCONPAT*

55CBC2013 IBRACON 30 de outubro de 2013 Gramado RS

NBR 6118:2003

"mecanismos de deterioração e envelhecimento"

6.3.2 Concreto

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → piritas/ferruginosos

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

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

3

Incidente - 27/08/2013 07h51
Atualizado em 27/08/2013 17h55

Teto do prédio da ExpoGramado desaba por causa da neve

De acordo com os bombeiros, o local segue isolado. Não houve feridos

Da Redação

Foto: Flávio Prestes/GES-Especial



Gramado - Parte do teto do prédio onde ocorre a ExpoGramado desabou durante a madrugada desta terça-feira. De acordo com o Corpo de Bombeiros de Gramado, o incidente aconteceu em função do peso da neve. O local, na Avenida Borges de Medeiros, foi isolado e não houve feridos. O conserto depende da melhora do tempo.

confira o tempo

A neve é registrada desde a noite de ontem em diversas cidades gaúchas. De acordo com a Metsul, o fenômeno foi confirmado em mais de 30 municípios.

4

NBR 6118:2003

"mecanismos de deterioração e envelhecimento"

6.3.2 Concreto

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

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

5

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



Cobertura do
Prédio da FAU-USP



Edifício da
Engenharia Civil
POLI.USP

6

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

Como evitar, Prevenção, Profilaxia

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

Como Corrigir ?

Inspeção e Diagnóstico:

- Origem
- Mecanismo
- Agentes causadores
- Prognóstico

Intervenção Corretiva:

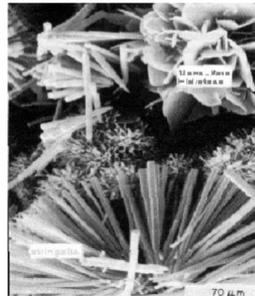
- Materiais
- Equipamentos
- Mão de obra
- Procedimentos

Manutenção

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reações expansivas

Sulfatos, SO_4^{-2}



9

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado AAR



10



11



12



13



14

6.3.3 Aço → **Corrosão de Armaduras**

Despassivação por carbonatação

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

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



15



16

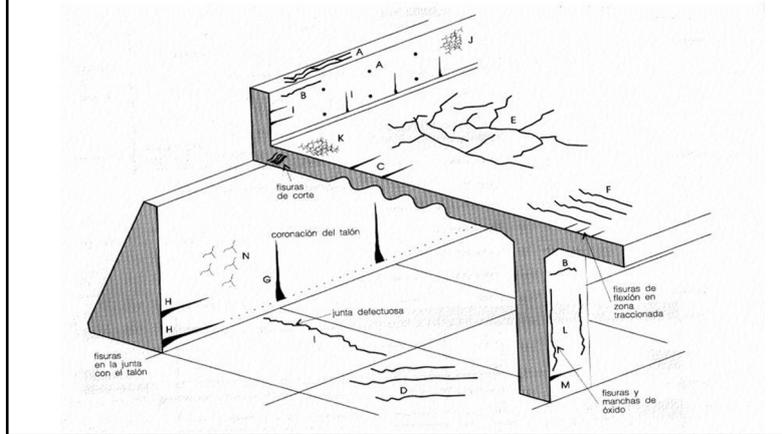
6.3.3 Aço →
***Corrosão de
Armaduras***

Despassivação
por cloretos



6.3.4 Estructura

fissuras: térmicas, retração, ações, construtivas



Programa de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil das Estruturas

6.3.2 Concreto

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

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

21

*A profissão do Engenheiro Civil
é uma profissão de*

“confiança pública”

*...e confiança não se impõem,
deve ser conquistada...*

22

Engenheiro Civil

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
 - de MATERIAIS
 - de EXECUÇÃO
 - de CONTROLE
 - de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
 - e, Complementares (NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMs)
- que têm força de lei por conta do CDC

PhD Engenharia

23

A Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).”

PhD Engenharia

24

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor CDC, estabelece no Capítulo IV, artigo 12:

“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”

no artigo 23:

“A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.”

PhD Engenharia

25

Edifício Comercial

2009

fissuras e flechas

em lajes

obra em construção

26



27

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

dimensionada para 150kg/m²

1 ano de idade

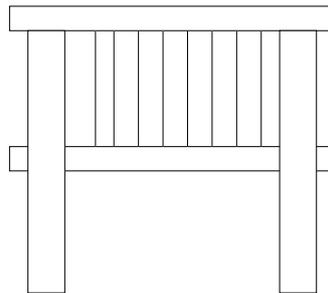
28



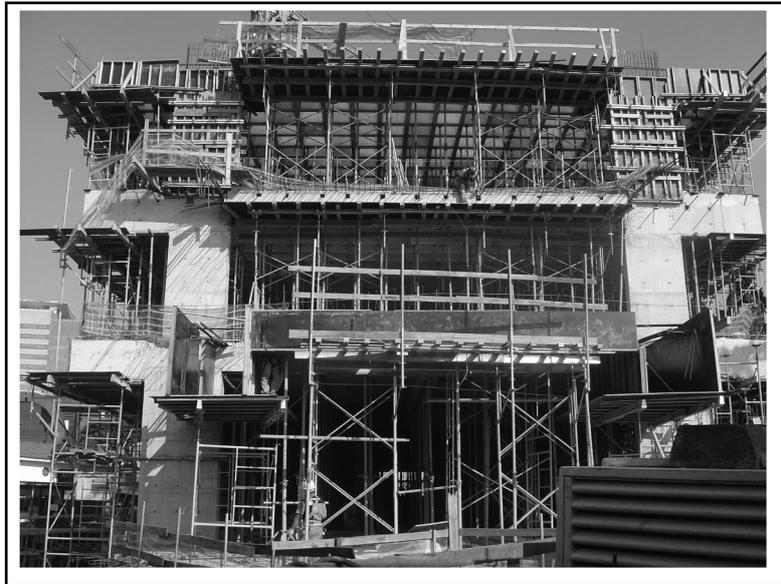
29

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

1 ano de idade



30



31

Shopping Center

11.06.2013

colapsou 40.000m²

4 lajes protendidas

3 pavimentos

vãos 7,5m x 7,5m

obra em construção

32



33



34



35



36



27

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
Laje em processo de concretagem	✓	L5	✓
Laje parcialmente tensionada	✗	L4	✓
	Laje sem Re-escoramento	L3	✓
		L2	✓
		L1	✓

Escoramento correto executado em toda a obra com exceção do trecho específico do L5 da asa afetada.

38

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.

Divisão Entre Estruturas

3

PRÓXIMOS PASSOS

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

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!

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

39

RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE O DESABAMENTO DA OBRA DO SHOPPING RIO POTY

Teresina, Piauí
Setembro de 2013

Praça Demóstenes Arellano, 3767 / Centro • Teresina/PI • CEP: 64000-120
Fone: (86) 3107-9252 • Fax: (86) 3107-9123 Página 1/22

40

4. DESCRIÇÃO SUCINTA DO ACIDENTE

A estrutura tem desenvolvimento em planta com forma complexa. A planta é dividida em dezolho (18) setores, denominados por letras maiúsculas (Setor A, Setor B, ..., Setor R). No acidente, ocorreu desabamento dos setores H, I, L, M, N, P e Q (Figura 1).

Um maior detalhamento do acidente encontra-se no Relatório Técnico da empresa B. Contarini Engenharia (Documento de referência 3.1).



Figura 1 – Distribuição dos setores da região colapsada.

De acordo com as informações colhidas pela Comissão, o acidente ocorreu durante a madrugada. Não houve vítimas fatais, pois os poucos operários que se encontravam na obra no momento do acidente conseguiram se esquivar do local a tempo, tão logo perceberam o problema, havendo apenas um operário que sofreu algumas lesões.

A área da parte colapsada tem cerca de 40.000 m², e possui terno, três pavimentos e laje de cobertura, ou seja, quatro lajes.

No Anexo I apresentam-se fotografias da estrutura colapsada.

5. CONSTATAÇÕES

5.1. Fundações

O Relatório de Estudos Geotécnicos disponível (Documento de Referência 3.2) abrange os setores B (SP2 e SM01), C(SP3), G(SP4), H, M(SP5, SP6 e SM03), E (SM02) e Q (SM04). Outros relatórios, abrangendo os demais setores, foram apresentados posteriormente à Comissão.

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

Página 5/22

41

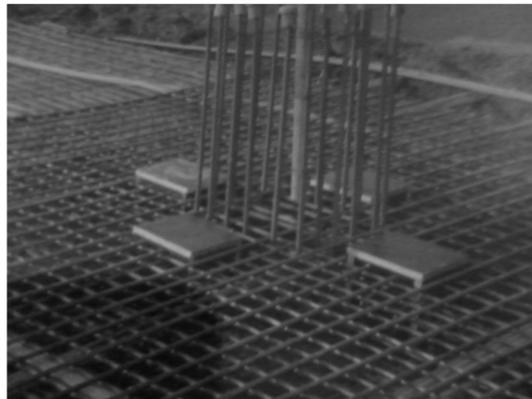
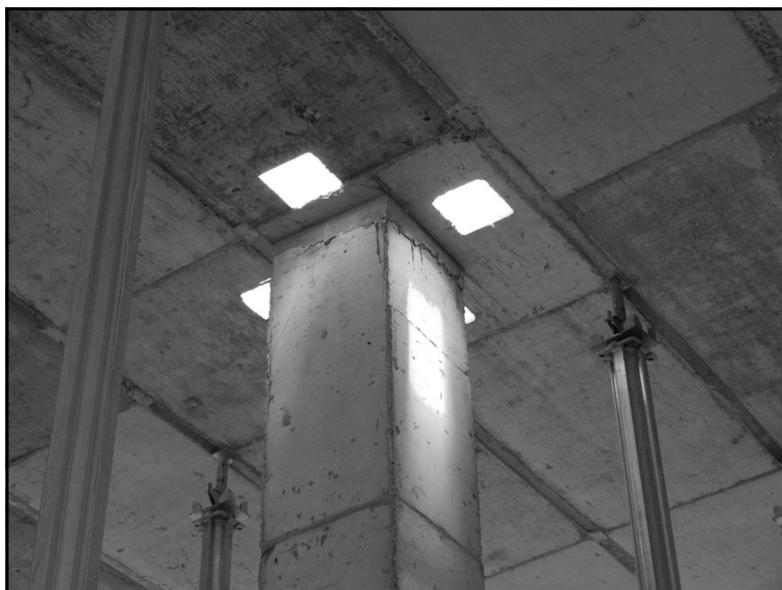
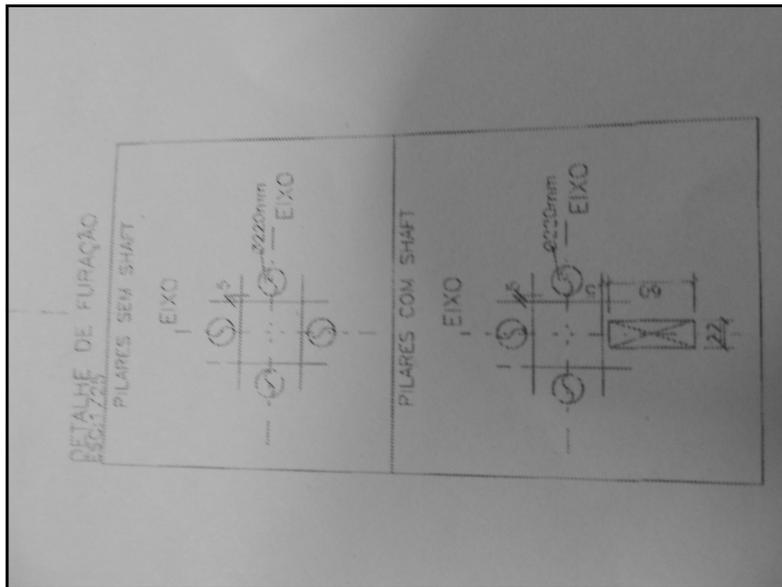


Figura 3 – Barras da armadura negativa seccionadas para permitir execução de furos.

42





45



46

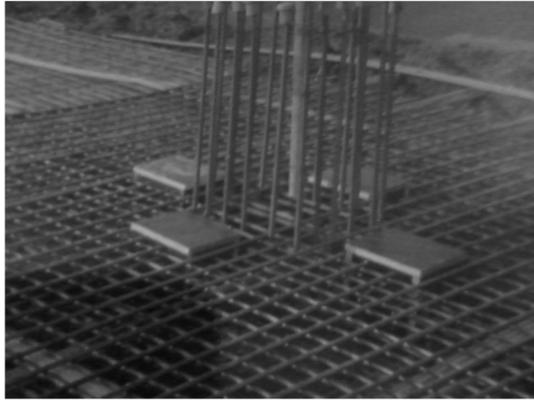


Figura 3 – Barras da armadura negativa seccionadas para permitir execução de furos.



48



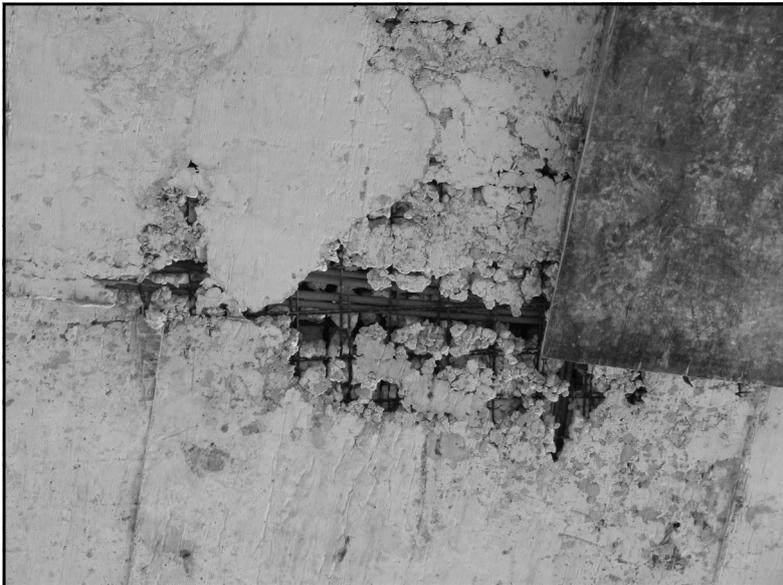
49



50



51



52



53



54

***Irresponsabilidade
ou
Incompetência?***

Caso 2:

edifício da Diretoria da Construtora

8º andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

57



58



59



60



61



62

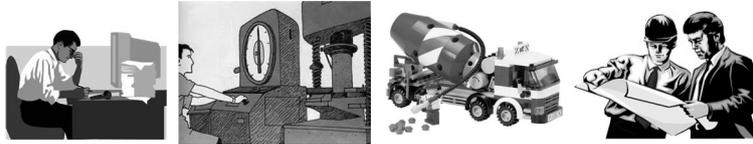


63



64

A origem e os intervenientes



**projetista
estrutural
“executivo”**

**controle
concreto**

**fornecedor do
material**

**construtor
(execução)**

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

Edifício Habitacional

**armadura de
pilares
*obra nova***



67



68



69



70

outro caso desastroso!

PhD Engenharia

71

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 %

72

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.

73



74

Edifício Real Class



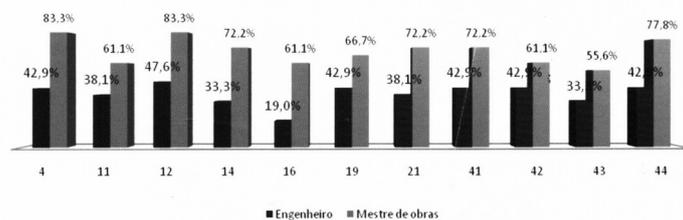
Belém do Pará

34 pavimentos

105m 20.01.2011 35MPa

75

Figura 3 – Desvios de função

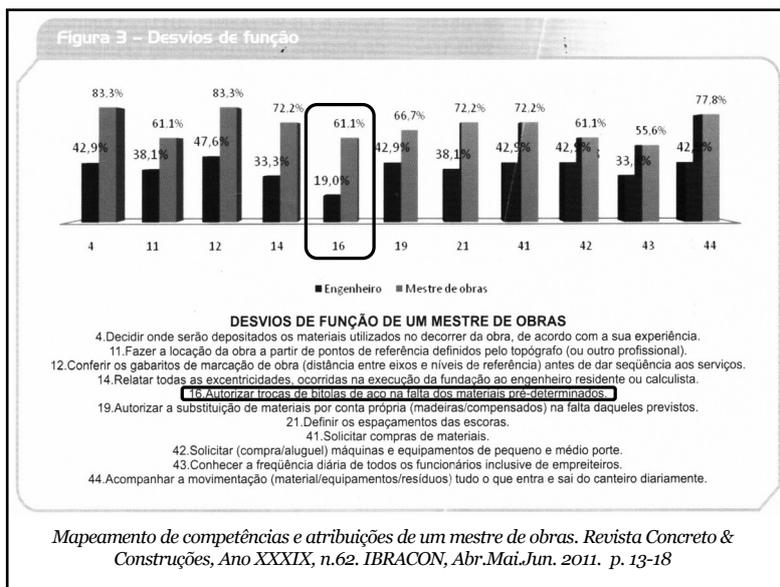


DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 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 da 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.

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

76



77

**Projeto, Execução e
 Controle
 comprometidos com a
 qualidade ...**

PhD Engenharia

78

**Inspeção Periódica com
Diagnóstico seguida de
Intervenção Corretiva e
Manutenção
Programada**

PhD Engenharia

