



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

*Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidade de São Paulo*

Carlos Brites

*Diretor PhD Engenharia
Doutor em Ciências pela POLI-USP*

Campinas

18 de outubro de 2016

São Paulo / SP

1

A origem e os intervenientes



**projetista
estrutural**



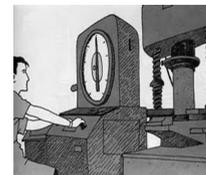
**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(controle)**

**atribuição de incumbências
ABNT NBR 12655:2015**

2

Ponderação

**É possível uma interação entre os intervenientes para conceber uma estrutura de concreto, mantendo os padrões de construtibilidade, desempenho, durabilidade e vida útil?
Quem realmente é responsável?**

conscientização

3

Visão sistêmica da vida útil

Interação de três universos:



4

Engenharia e tecnologia (universo)

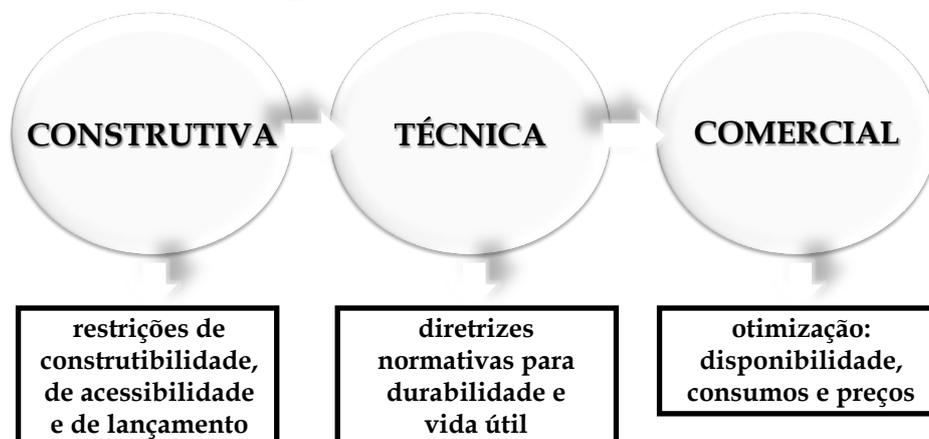


é possível interagir?

5

Visão ampla da aplicação

restrições e prioridades:



6

Ponderação

o que estamos realmente buscando quando implementamos um programa de garantia de qualidade em um empreendimento (obra) que envolve o material concreto armado em sua estrutura? quem realmente é responsável?

enfoque: conscientização

7

Algumas respostas

- ✓ **segurança e confiabilidade**
- ✓ **que não haja retrabalho**
- ✓ **que não haja desperdício de material**
- ✓ **que não haja desperdício de tempo (prazo)**
- ✓ **que sejam evitadas não conformidades**
- ✓ **verificar se está conforme o especificado em projeto**
- ✓ **verificar se está conforme o prescrito em norma**
- ✓ **que se evitem manutenções futuras desnecessárias...**

8

Algumas respostas

- ✓ **segurança e confiabilidade**
- ✓ **que não haja retrabalho**
- ✓ **que não haja desperdício de material**
- ✓ **que não haja desperdício de tempo (prazo)**
- ✓ **que sejam evitadas não conformidades**
- ✓ **verificar se está conforme o especificado em projeto**
- ✓ **verificar se está conforme o prescrito em norma**
- ✓ **que se evitem manutenções futuras desnecessárias...**

a imagem da empresa não tem preço

9

Controle do concreto e estrutura

**o que controlar em obra?
qual plano de amostragem?
que tipo de amostragem?
existe uma receita pronta?**

10

Controle do concreto e estrutura

1. controlamos o que está especificado em projeto

2. controlamos aquilo que desconfiamos

11



12

bolhas superficiais no concreto



restrições estéticas

13

Controle do concreto e estrutura

controlamos aquilo que desconfiamos



14

bolhas superficiais no concreto



restrições estéticas

15

Controle tecnológico

**fazemos direito?
como contratar?**

16

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)**

17



18

Controle do concreto e estrutura

**e por que as vezes não
surte o efeito desejado?**

19

As desculpas universais

- ✓ não está especificado em projeto
- ✓ não está no contrato
- ✓ não é viável
- ✓ não é exequível
- ✓ não é obrigatório
- ✓ faço 20 anos dessa forma
- ✓ não vou (ou não quero) fazer assim
- ✓ na região não tem esse produto
- ✓ não precisa fazer esse ensaio
- ✓ ninguém faz assim (ou o concorrente não faz assim)
- ✓ a responsabilidade é de quem fornece
- ✓ é muito caro...
- ✓ *a sua desculpa!*

20

As desculpas universais

- ✓ não está especificado em projeto
- ✓ não está no contrato
- ✓ não é viável
- ✓ não é exequível
- ✓ não é obrigatório
- ✓ faço 20 anos dessa forma
- ✓ não vou (ou não quero) fazer assim
- ✓ na região não tem esse produto
- ✓ não preciso fazer esse ensaio
- ✓ ninguém faz assim (ou o concorrente não faz assim)
- ✓ a responsabilidade é de quem fornece
- ✓ é muito caro...
- ✓ *a sua desculpa!*

temos que mudar essa postura

21

Premissas principais



muitos problemas poderiam ser evitados se essas duas premissas fossem cumpridas (ou discutidas)

22

Adendo

Controle “Tecnológico”

23

Documentos		<input type="checkbox"/>
Cimento	Nota fiscal ou comprovante que ateste a procedência e marca	√
	Informações da classe	√
	Ensaio de resistência mecânica à compressão aos 28 dias	√
	Ensaio pertinentes dependendo do tipo de cimento	√
Agregados miúdos	Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a areia é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente	√
	Curva granulométrica	√
	Massa específica	√
	Massa unitária	√
	Determinação de torrões de argila e materiais friáveis	√
	Determinação de impurezas orgânicas	√
	Determinação de material pulverulento	√
	Determinação de reatividade álcali-agregado (RAA)	x
Agregados graúdos	Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a brita é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente	x
	Curva granulométrica	√
	Massa específica	√
	Massa unitária	√
	Determinação de torrões de argila e materiais friáveis	√
	Determinação de material pulverulento	√
Determinação de reatividade álcali-agregado (RAA)	x	
Certificado de Análise do aditivo		√
Caracterização de água destinada a preparação do concreto		√

24

Reflexão

25

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.

26

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.

27

Por que não exigimos os ensaios e documentações?

28

Adendo

Canteiro de obras

29



30



Conferência da carta de traço

31

Campinas, 26 de Novembro de 2014.

6054516	FCX 50 MPA BR 1 ABAT 10+2		
MATERIAL	TIPO MOC	QDE	UN
3005513	ADITIVO POLIFUNCIONAL	4,286	Kg
3005733	AGUA	200	Kg
4254803	PEDRISCO MISTO	159	Kg
4254378	AREIA MEDIA	439	Kg
4345678	BRITA 1	1150	Kg
4254293	CIMENTO CP II E 40 GRANEL	476	Kg

- Esta carta de traço tem validade de 60 dias.
 - Os traços estão sujeitos a alteração sem aviso prévio, devendo manter as características técnicas previstas em contrato e não sua composição.

Estamos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.
 Atenciosamente,

- Esta carta de traço tem validade de 60 dias.
 - Os traços estão sujeitos a alteração sem aviso prévio, devendo manter as características técnicas previstas em contrato e não sua composição.

32



33



34



35



36



Fixação de espaçadores

37

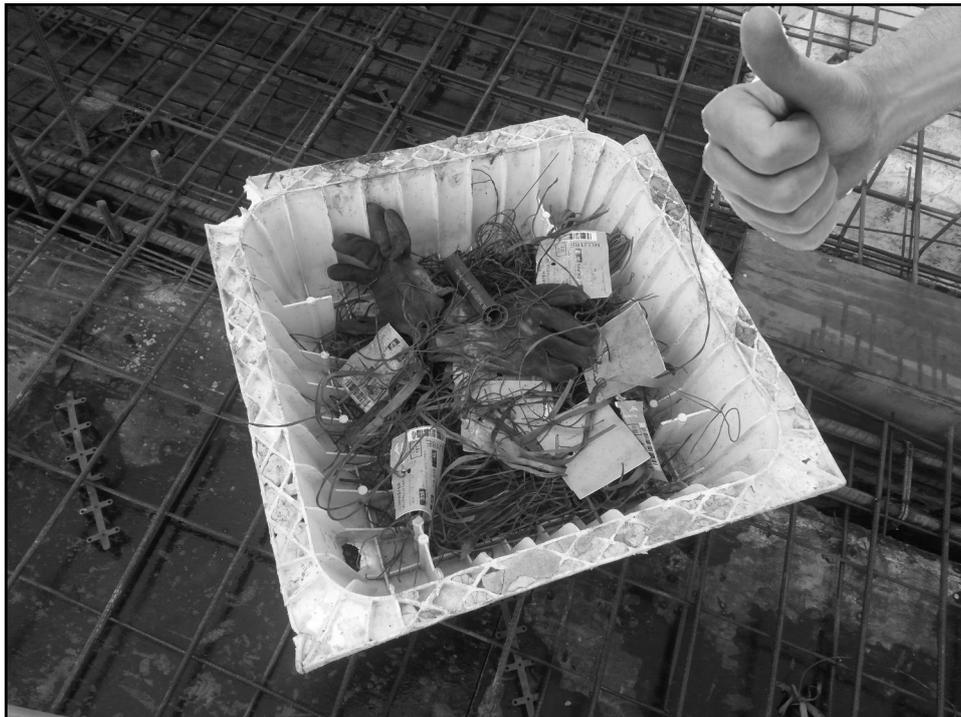


**Espaçador fixado à
armadura**

38



39



40



Rastreabilidade

41

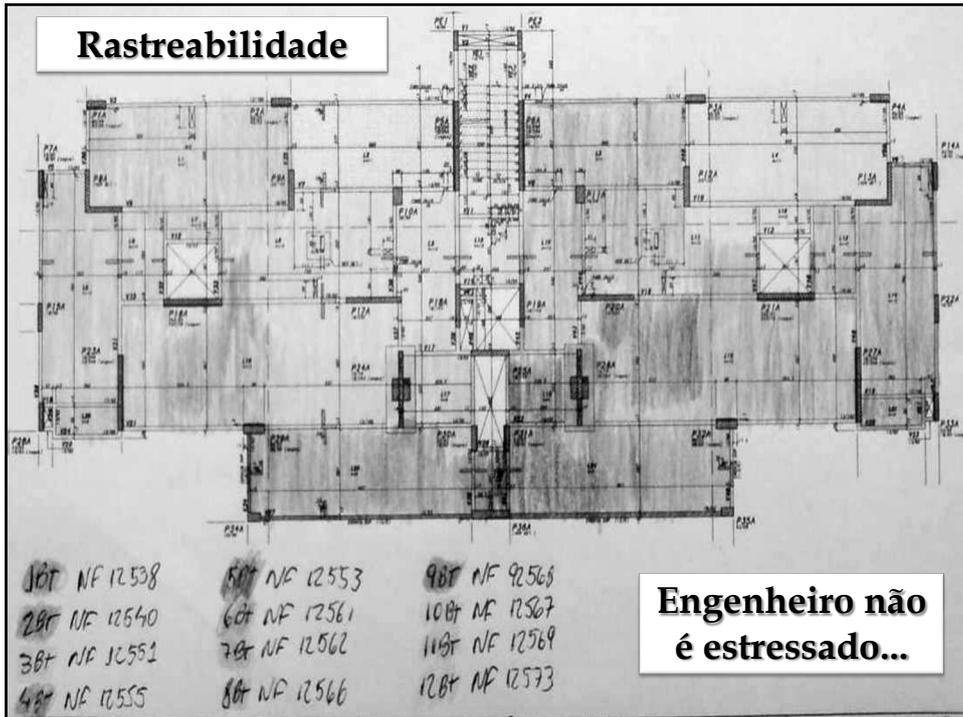


Adendo

42



43



44

acompanham

DATA	Nº PLACA	Nº CARRO	QUANT. M3	QUANT. ACUMULADO M3	ÁGUA FORTE (L)	ÁGUA ADICIONADA	SAGA CENTRAL	CHEGADA OBRA	REGISTRO DE DESGASTO	TEMPO CONCRETADO	FCR MPA	SLUMP CM	
25/05	2122	8m³	8m³	160	600	07:05	07:37	07:47	08:54		30	14,0	
25/05	2120	8m³	16m³	160	400	07:19	08:20	07:47	08:54		30	14,0	
27/05	2116	8m³	24m³	160	800	08:00	08:50	07:04	08:17	09:19	113425	30	15,0
27/05	2121	8m³	40m³	160	1400	08:20	09:50	09:21	09:35	09:37	113427	30	14,05
28/05	2122	8m³	48m³	160	500	10:20	10:36	10:37	10:48	10:07	113428	30	14,05
30/05	2119	8m³	56m³	160	900	10:55	10:50	10:53	11:08	10:49	113445	30	15,0
31/05	2121	8m³	72m³	160	900	11:22	11:13	11:17	11:30	11:10	113448	30	14,05
				720	1130	11:45	11:50	12:05	12:07	113451	30	14,0	
										113459	30	14,0	
										113462	30	14,0	

45

acompanhamento de concretagem

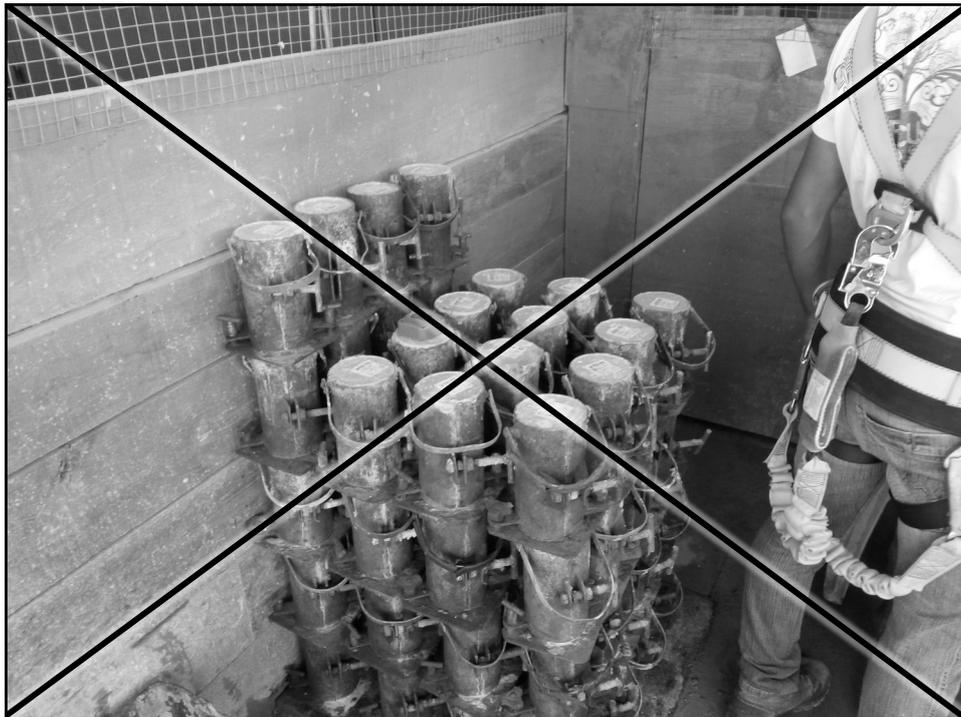
CARRÃO	QUANT. ACUMULADO M3	SAGA	CHEGADA OBRA	REGISTRO DE DESGASTO	TEMPO CONCRETADO	SAGA OBRA	NOTA FISCAL	FCR MPA	SLUMP CM	FORMA R202	LOCAL DE PROVA	LOCAL DE CONCRETAGEM
1	8	8m³	07:05	07:37	07:47	08:54		30	14,0			
2	16	16m³	07:19	08:20	07:47	08:54		30	14,0			
3	24	24m³	08:00	08:50	07:04	08:17	09:19	113425	30	15,0		
4	32	32m³	08:20	09:50	09:21	09:35	09:37	113427	30	14,05		
5	40	40m³	10:20	10:36	10:37	10:48	10:07	113428	30	14,05		
6	48	48m³	10:55	10:50	10:53	11:08	10:49	113445	30	15,0		
7	56	56m³	11:22	11:13	11:17	11:30	11:10	113448	30	14,05		
8	64	64m³	11:45	11:50	12:05	12:07	113451	30	14,0			
9	72	72m³	11:45	11:50	12:05	12:07	113459	30	14,0			
10	80	80m³	11:45	11:50	12:05	12:07	113462	30	14,0			

5º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0
 6º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0
 7º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0
 8º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0
 9º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0
 10º Água de Corte Usina = 150L
 Água Colocada na Obra = 0

46



47



48



49



50



51



52



53

Adendo

CONTROLE DE RECEBIMENTO

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

54

Ensaio de controle de recebimento (consistência)

✓ **Conforme ABNT NBR NM 67:1998**

✓ **SCC (autoadensável): ABNT NBR
15823:2010;**

55



Cone de Abrams
Slump-test ou Abatimento

56



57



58



59



60



Recebimento

61



Recebimento

62



63

Adendo

CONTROLE DE ACEITAÇÃO

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland - Preparo,
controle, recebimento e aceitação -
Procedimento”*

64

Brasil: ABNT NBR 12655:2015

Concreto de cimento Portland. Preparo, controle, recebimento e aceitação

Europa: Eurocode II

EN 206-1:2013 Concrete: Specification, performance, production and conformity

USA: ACI 318-14

Building Code Requirements for Structural Concrete

Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

item 26.12. Concrete evaluation and acceptance

65

Escopo: *estabelece os requisitos para*

- 1. Controle** de materiais, dosagem e produção do concreto;
- 2. Segurança:** controle da resistência do concreto à compressão;
- 3. Durabilidade e vida útil:** teor máximo de agressivos, a/c, $D_{máx}$, consumo, cobrimentos;
- 4. Controle de recebimento:** concreto fresco;
- 5. Controle e critério de aceitação:** concreto fresco e endurecido;
- 6. Não conformidade da resistência (segurança):** ABNT NBR 7680:2015

66



67



68

Unidade de Produto Unidade de Controle

Bolinha de gude



- **massa de cada bolinha**
- **diâmetro de cada bolinha**

69

Unidade de Produto Unidade de Controle

Concreto



- **metro cúbico**
- **corpo de prova**
- **metro quadrado**
- **pilar, viga, laje**

70

CONCRETO
Unidade de Produto

betonada
amassada
mistura-traço

CONCRETO
Unidade de Controle

resistência à compressão do cp
MPa, kgf/cm², psi
exemplar

71

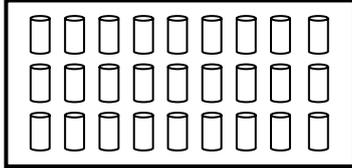
Amostragem ABNT NBR 12655:2015

- ✓ **As amostras são compostas por exemplares;**
- ✓ **Cada exemplar constitui-se de, no mínimo, dois CPs irmãos (mesma amassada, moldados no mesmo ato) para cada idade de ruptura;**
- ✓ **Resistência do exemplar (betonada): o maior dos valores obtidos dos CPs no ensaio de resistência à compressão;**
- ✓ **A amostragem pode ser total ou parcial.**

72

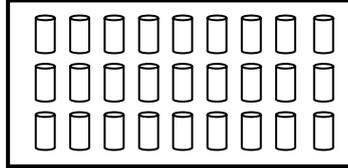
Amostragem ABNT NBR 12655

Universo,
População, Lote



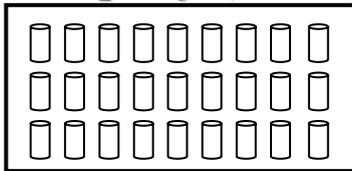
=

Amostra



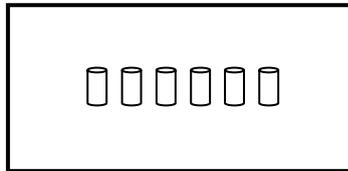
não há o
que
estimar

Universo,
População, Lote



≠

Amostra

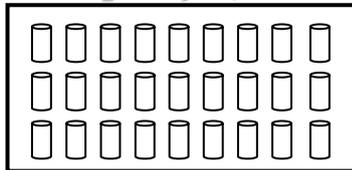


usar
estimador

73

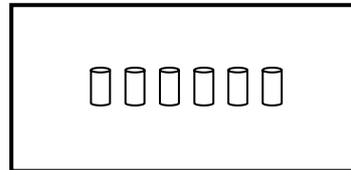
Amostragem ABNT NBR 12655

Universo,
População, Lote



≠

Amostra



✓ $6 \leq n < 20$:

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1} - f_m}{m-1}$$

onde

m é igual a n/2. Despreza-se o valor mais alto de n, se for ímpar;

f_1, f_2, \dots, f_m são os valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

✓ $n \geq 20$:

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times S_d$$

onde:

f_{cm} é a resistência média dos exemplares do lote, em MPa;

S_d é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, em MPa.

74

Amostragem total ABNT NBR 12655:2015

- ✓ **Todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada (unidade de produto):**

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada}$$

- ✓ *Não há o que estimar porque todo o lote (população) é conhecido.*

75

Conformidade dos lotes

- ✓ **O valor estimado da resistência característica dos lotes de concreto (amostragem parcial) ou dos exemplares (amostragem total) deve atender:**

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

76

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection. item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Laboratório de Controle deve ser acreditado pela norma ASTM C1077 e laboratoristas sejam certificados pelo ACI;
- CPs sejam retirados em conformidade com a ASTM 172, moldados e sazoados em conformidade com a ASTM C31 e ensaiados em conformidade com a ASTM C39;

77

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection. item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Recomenda que a amostragem obedeça a:
 - ≥ 1 exemplar por dia de concretagem;
 - ≥ 1 exemplar para cada 115m^3 de concreto;
 - ≥ 1 exemplar para cada 465m^2 de área superficial para lajes ou paredes;
 - Dispensado o controle para volumes inferiores a 38m^3 , desde que exista carta de traço aprovada;
 - Cada betonada fornece apenas um resultado;
 - Para representar um exemplar, obter a média de 2 corpos de prova cilíndricos de 15cm diâmetro por 30cm altura ou média de 3 corpos de prova de 10cm de diâmetro e 20cm de altura.

78

ACI American Concrete Institute

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete
Chapter 26. Construction Documents and Inspection, item 26.12.
Concrete evaluation and acceptance

- Como **critério de aceitação** exige:

$$f_{cm3,est} \geq f_{ck}$$

$$0,9 * f_{ck} \text{ para } f_{ck} > 35\text{MPa}$$

$$f_{ci} = f_{ck} - 3,5\text{MPa para } f_{ck} < 35\text{MPa}$$

79

Exemplo: Para $f_{ck} = 40\text{MPa}$

ACI 318-14:

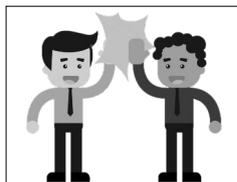
41,7

42,3

36

43,5

41,5



ABNT NBR 12655:2015:

41,7

42,3

39

43,5

41,5



80

fib Model Code 2010

No *fib* Model Code 2010

não **constam**

**procedimentos para controle da
resistência do concreto, salvo rápida
referência à ISO 22965 e à EN 206.**

81

Eurocode II:2004

Eurocode II também remete as diretrizes para controle e recebimento à *EN 206-1:2013 Concrete: Specification, performance, production and conformity*.

Chapter 8. *Conformity Control and Conformity Criteria*.

8.2.1 *Conformity control for compressive strength*

82

EN 206-1:2013

- Além da responsabilidade pela produção do concreto caber à Empresa de Serviços de Concretagem, também é necessário aferir a conformidade do concreto no recebimento e aceitação em obra;
- Recomenda que a amostragem siga a EN 12350-1 *Testing Fresh Concrete*.

83

EN 206-1:2013

- 8.2.1.2 Sampling and testing plan

Table 17 – Minimum rate of sampling for assessing conformity

Production	Minimum rate of sampling		
	First 50 m ³ of production	Subsequent to first 50 m ³ of production ^a , the highest rate given by:	
		Concrete with production control certification	Concrete without production control certification
Initial (until at least 35 test results are obtained)	3 samples	1 per 200 m ³ or 1 per 3 production days ^d	1 per 150 m ³ or 1 per production day ^d
Continuous ^b (when at least 35 test results are available)	---	1 per 400 m ³ or 1 per 5 production days ^{c, d} or 1 per calendar month	

^a Sampling shall be distributed throughout the production and should not be more than 1 sample within each 25 m³.

^b Where the standard deviation of the last 15 or more test results exceeds the upper limits for s_n according to Table 19, the sampling rate shall be increased to that required for initial production for the next 35 test results.

^c Or if there are more than 5 production days within 7 consecutive calendar days, once per calendar week.

^d The definition of a 'production day' shall be stated in provisions valid in the place of use.

84

EN 206-1:2013

Como critério de aceitação, 8.2.1.3

- *Conformity criteria for compressive strength*

- *Critério para resultados individuais:*

- ✓ Qualquer valor individual deve ser

$$f_{ci} \geq f_{ck} - 4 \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

- *Critério para resultados médios:*

- ✓ Produção inicial: a média de 3 resultados consecutivos deve ser

$$f_{cm3,est} \geq f_{ck} + 4 \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

- ✓ Produção contínua: a média de, no mínimo, 15 resultados consecutivos deve ser:

$$f_{cm,15,est} \geq f_{ck} + 1,48 * \sigma \quad \text{qualquer que seja o } f_{ck}$$

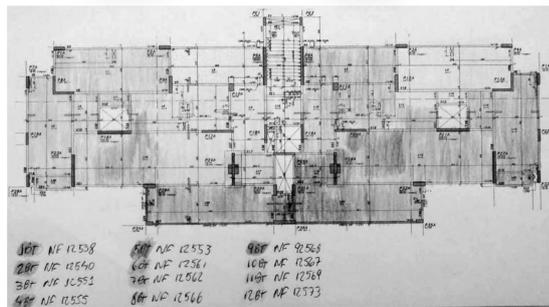
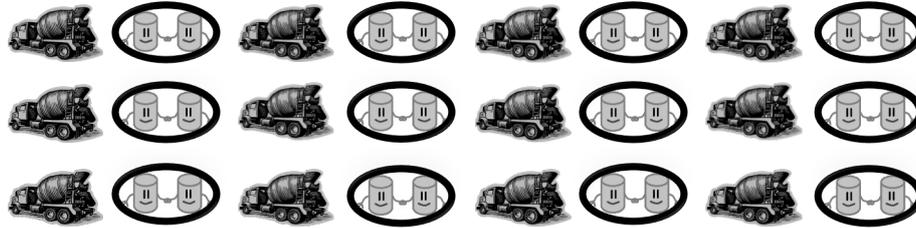
85

Resumo

- ✓ O procedimento de controle adotado no Brasil é o mais rigoroso do mundo !
- ✓ Com amostragem total conhecemos toda a população em exame ! Mais segurança que isso impossível !
- ✓ Com amostragem parcial estamos limitados a lotes máximos de 50m³ e de 100m³ para os quais são exigidos 6 exemplares, o que dá uma média de moldar um exemplar a cada 8m³ ou a cada 16m³ e, portanto, continua muito mais rigoroso que outros países !
- ✓ Não aceitamos nenhum valor f_{ci} abaixo de f_{ck} enquanto outros países aceitam 3,5MPa, 4MPa ou mais (10%) abaixo de f_{ck}

86

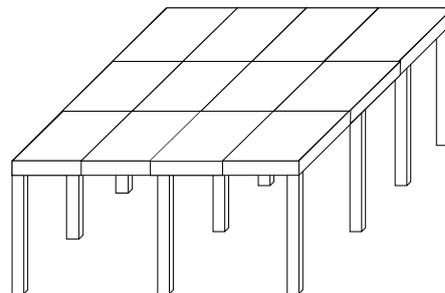
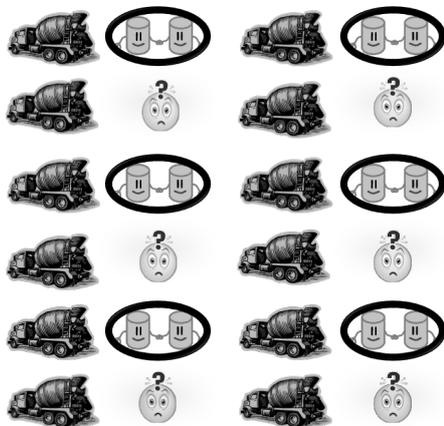
Amostragem total (conceito)



rastreabilidade

87

Amostragem parcial (conceito)



lotes com número de exemplares
 $6 \leq n < 20$

exemplo concretagem
de laje e vigas de um
andar

Tabela 7 – Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples ^b
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	três dias de concretagem ^c	

^a No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1

^b No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas

^c Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas. .

88

Aceitação do concreto

- ✓ O concreto deve ser aceito se atendidas todas as especificações de norma e de projeto



conformidade

89

Aceitação do concreto

- ✓ Em caso de não conformidade, consultar a ABNT NBR 7680:2015



não conformidade

90

Adendo

Laboratórios

91



92



93



94



**Neoprene em substituição ao
tratamento das superfícies dos corpos
de prova**

95



ABNT NBR 5738:2015, item 9.3.2.4

Outros processos podem ser adotados, desde que estes sejam submetidos à avaliação prévia por comparação estatística, com resultados obtidos de corpos de prova retificados por processo tradicional, e os resultados obtidos apresentem-se compatíveis.

96



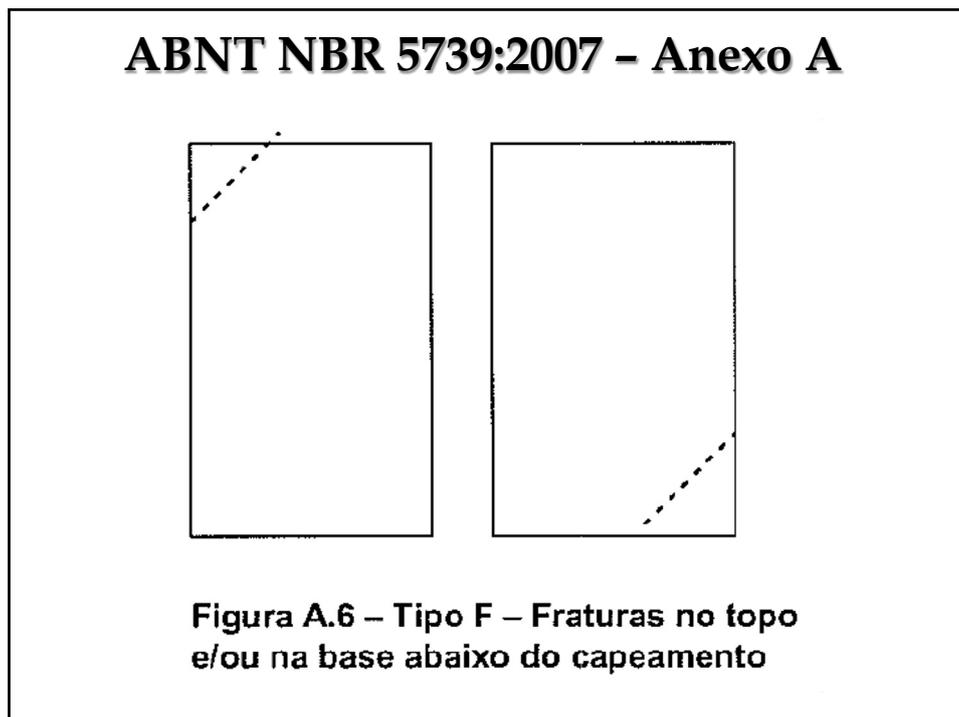
97



98



99



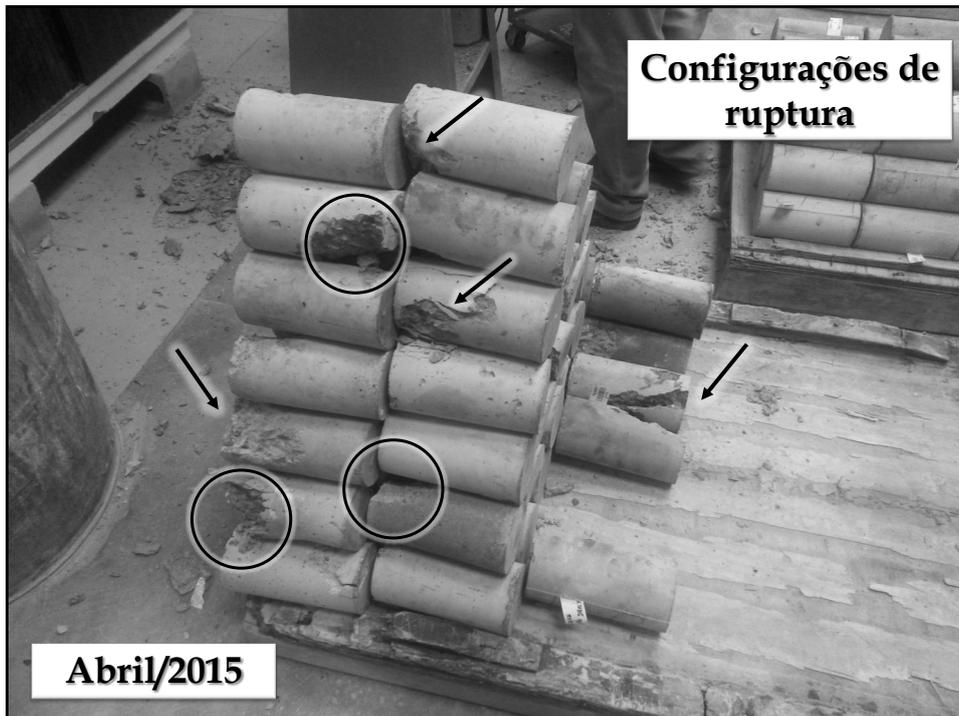
100

ABNT NBR 5739:2007 – Anexo A



Figura A.7 – Tipo G – Similar ao tipo F com fraturas próximas ao topo

101



102



103

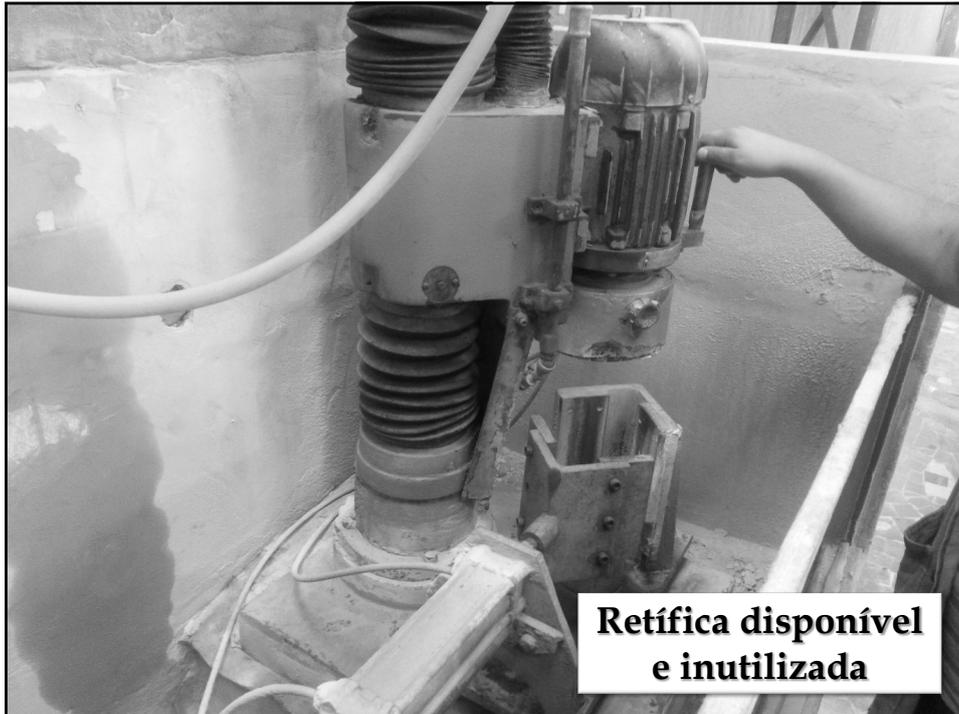
ASTM C1231/C1231M – 14

Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

**TABLE 1 Requirements for Use of Polychloroprene(Neoprene)
Pads**

Compressive Strength, ^A MPa [psi]	Shore A Durometer Hardness	Qualification Tests Required	Maximum Reuses
Less than 10 [1 500]		Not permitted	
10 to 40 [1 500 to 6 000]	50	None	100
17 to 50 [2 500 to 7 000]	60	None	100
28 to 50 [4 000 to 7 000]	70	None	100
50 to 80 [7 000 to 12 000]	70	Required	50
Greater than 80 [12 000]		Not permitted	

104



105

Argumentos do laboratório

- **Estudo interno comparativo realizado e apresentando resultados compatíveis [inclusive, procede-se com ensaios mensais (120 a 240 ensaios/mês)] (não apresentado)**
- **Estudo interno determinou a quantidade de 200 reutilizações (não apresentado)**
- **Falta de água decorrente da crise hídrica atrapalhava a utilização da retífica**

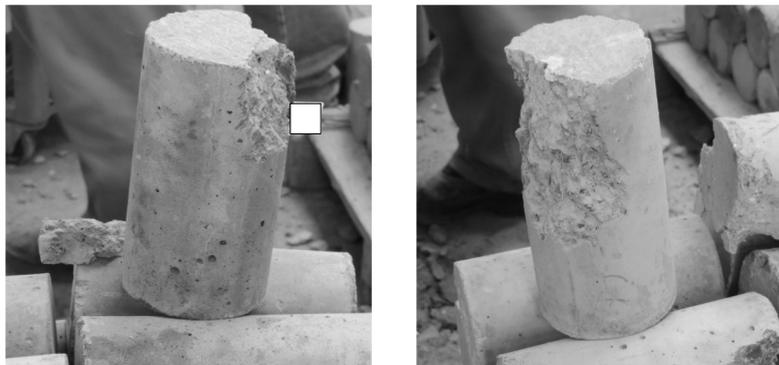
Taxa de não conformidade da resistência do concreto da obra (março/2015): $\approx 30\%$

Como determinar a validade de um estudo interno?

106

Resumo

À luz da normalização brasileira vigente (ABNT NBR 5739:2007), as configurações de ruptura obtidas pelos ensaios (tipo F e tipo G) indicam defeitos na moldagem e/ou arremate dos topos e bases dos corpos de prova, podendo ocasionar concentração de tensões nestas regiões



107

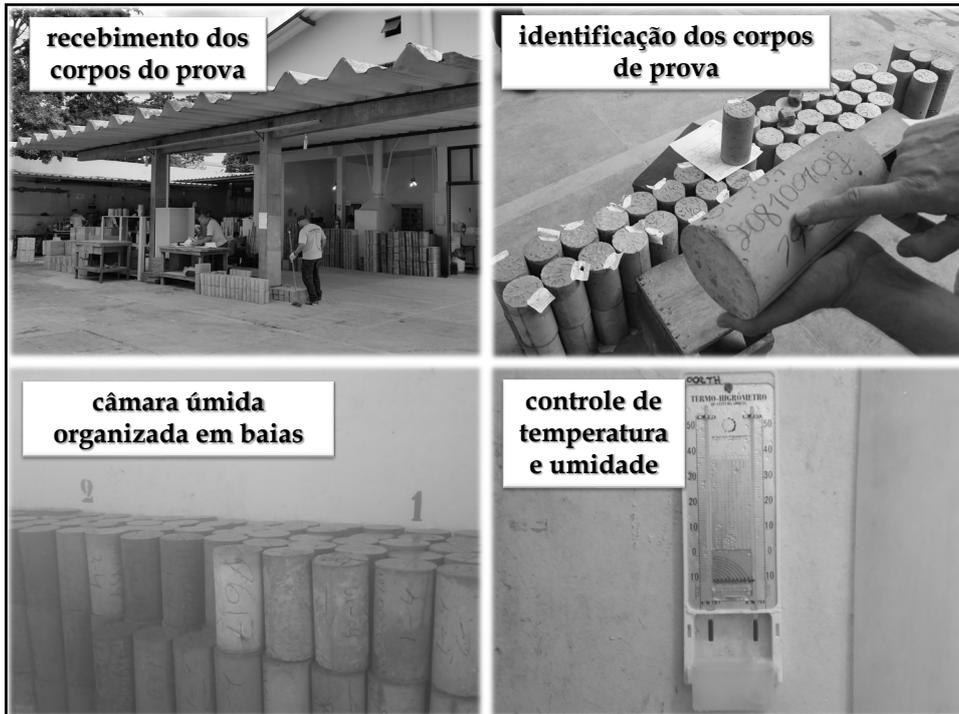
ordem	nota fiscal	consistência do concreto fresco	Resistência à Compressão		crescimento de 7 para 28 dias
			7 dias 7-Apr-09	28 dias 28-Apr-09	
1	206099	686	48.9	50.2	1.027
2	206100	736	53.6	54.8	1.022
3	206101	746	57.1	57.8	1.012
4	206102	753	51.0	51.4	1.008
5	206103	743	44.0	53.6	1.218
6	206105	726	56.2	57.7	1.027
7	206106	730	50.4	52.0	1.032
8	206109	750	56.5	57.0	1.009
9	206110	720	53.8	54.7	1.017
média em MPa			52.4	54.4	1.041
desvio padrão em MPa			4.0	2.6	0.063
coeficiente variação em %			7.7	4.8	6.056

108



**Laboratório não acreditado pelo INMETRO
Técnicos não certificados pela ABNT NBR 15146-1:2011**

109



**recebimento dos
corpos do prova**

**identificação dos corpos
de prova**

**câmara úmida
organizada em baias**

**controle de
temperatura
e umidade**

110



111



112



113



114



115

Adendo

**Empresa de serviços de
concretagem**

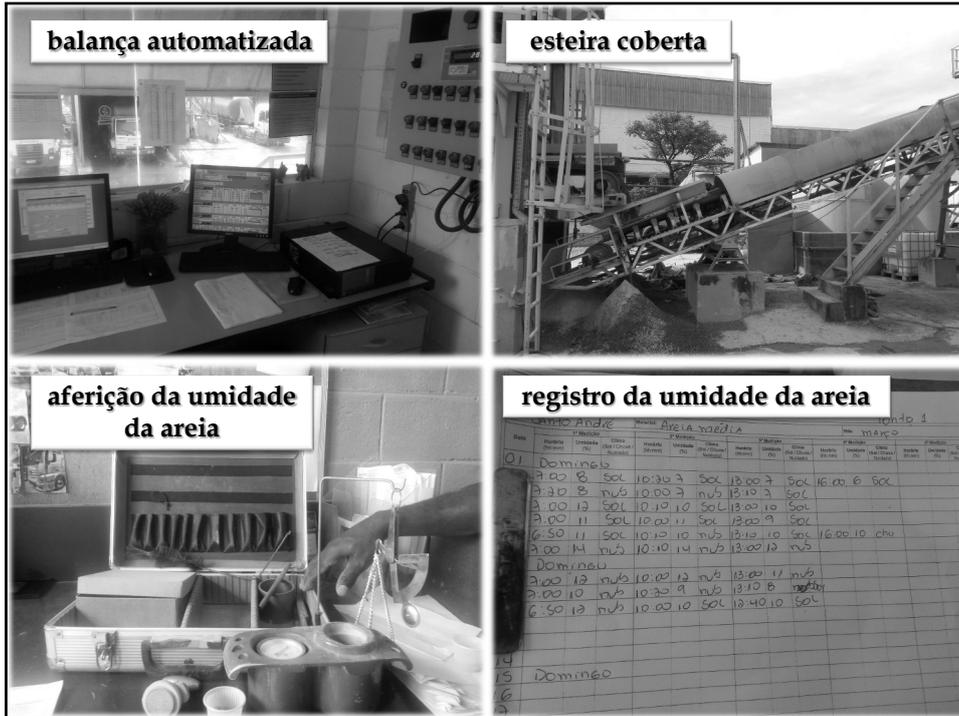
116



117



118

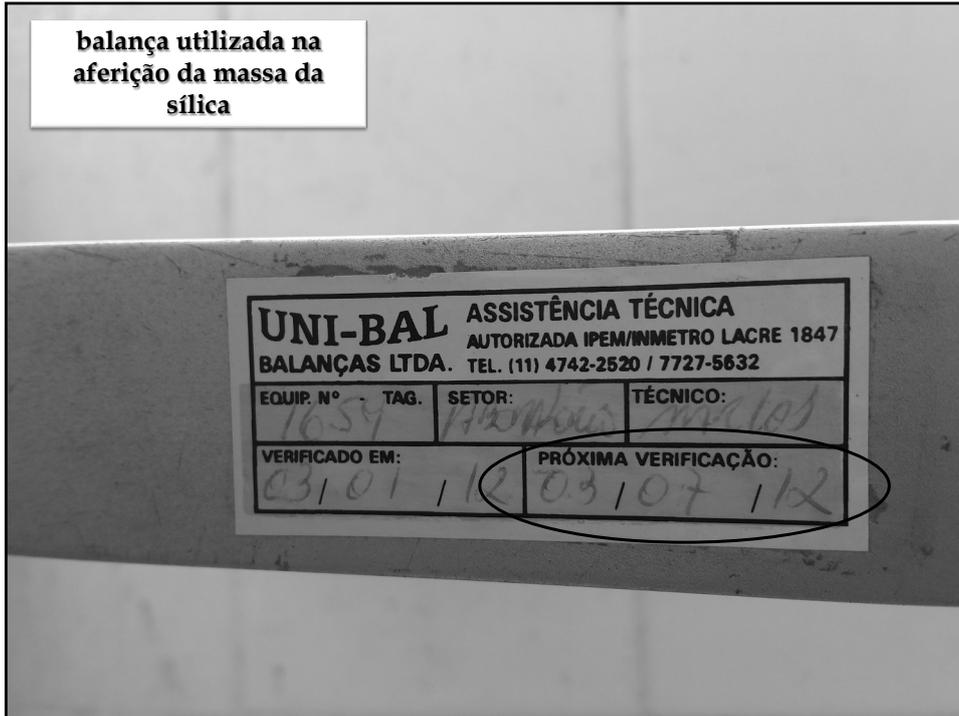


119



120

balança utilizada na
aferição da massa da
sílica



121



122

procedimentos... (adendo)



123

10h27



45min de transporte

124



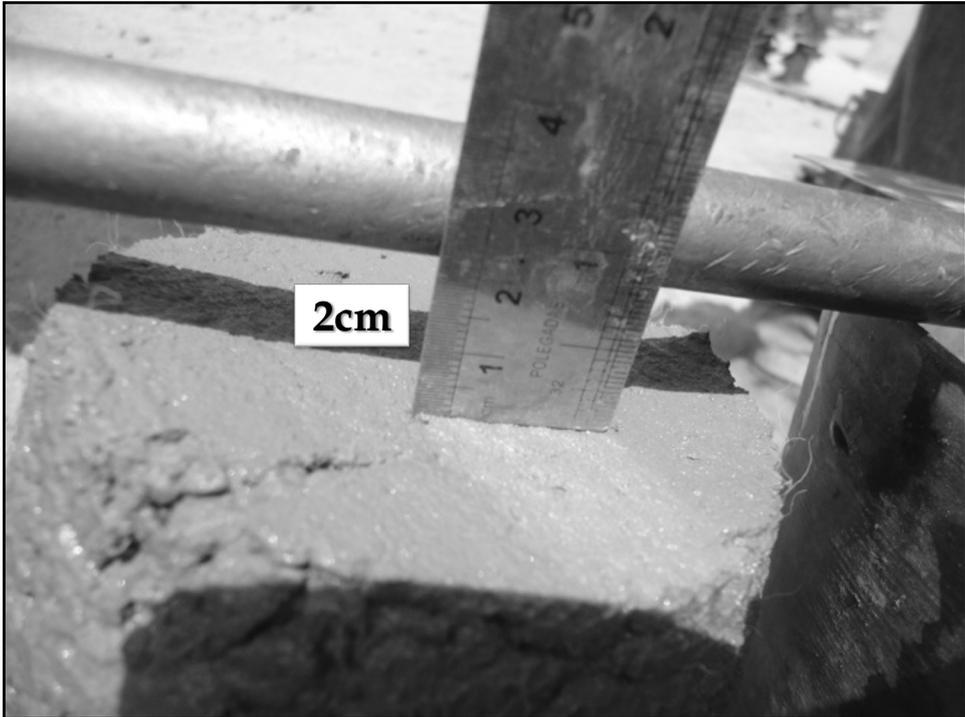
125



126



127



128



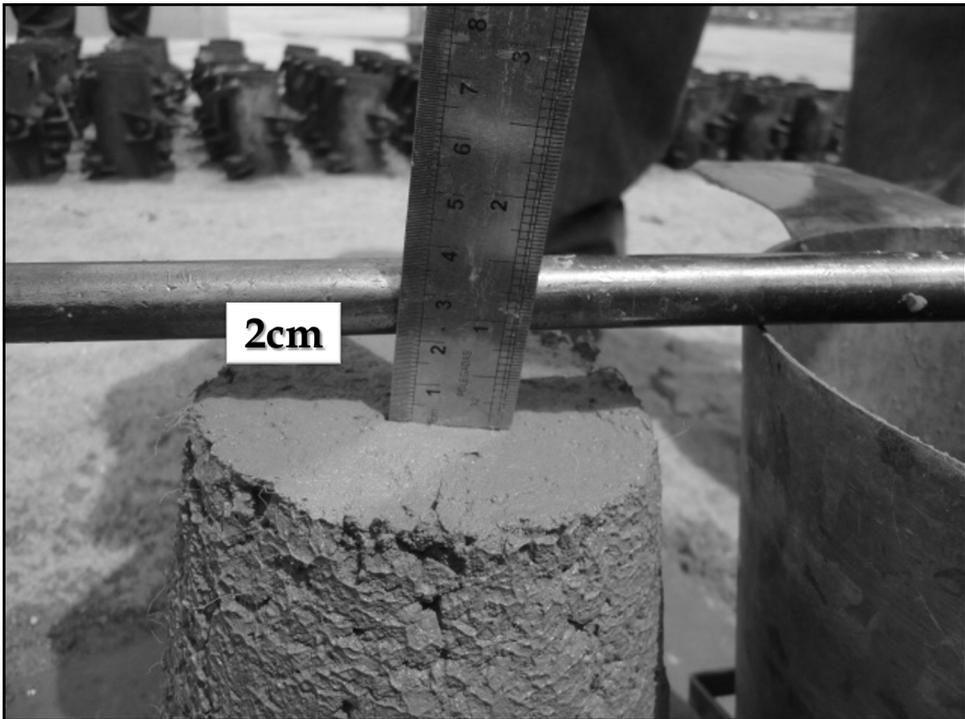
129



130



131



132



133



134



135



136



137



138



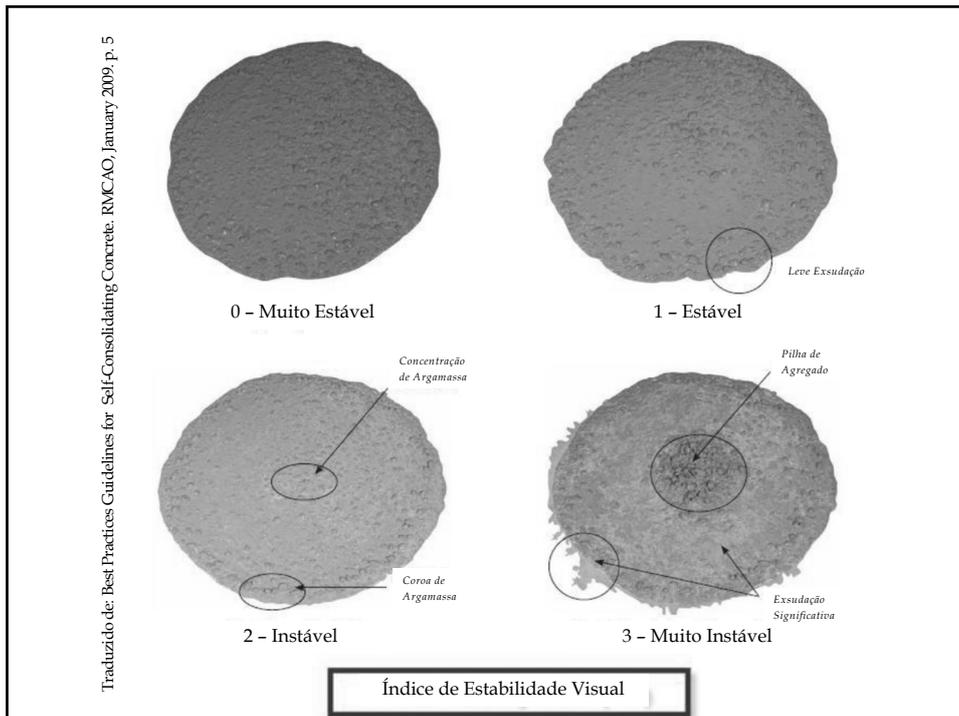
139



140



141



142



143



144

**POSSO
COLOCAR
ÁGUA????**

145

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.4.4 Adição suplementar de água

*Antes do início da descarga ao verificar que o concreto apresenta abatimento dentro da classe de consistência especificada, não se admite adição suplementar de água. Qualquer adição de água exigida pela contratante **exime** a empresa de serviços de concretagem de qualquer responsabilidade quanto às características do concreto constantes no pedido.*

146



Redosador

147



Adição de água no redosador

148



149



150

Como é no exterior?



151

caixa agregados (areia)



152



153



154



155



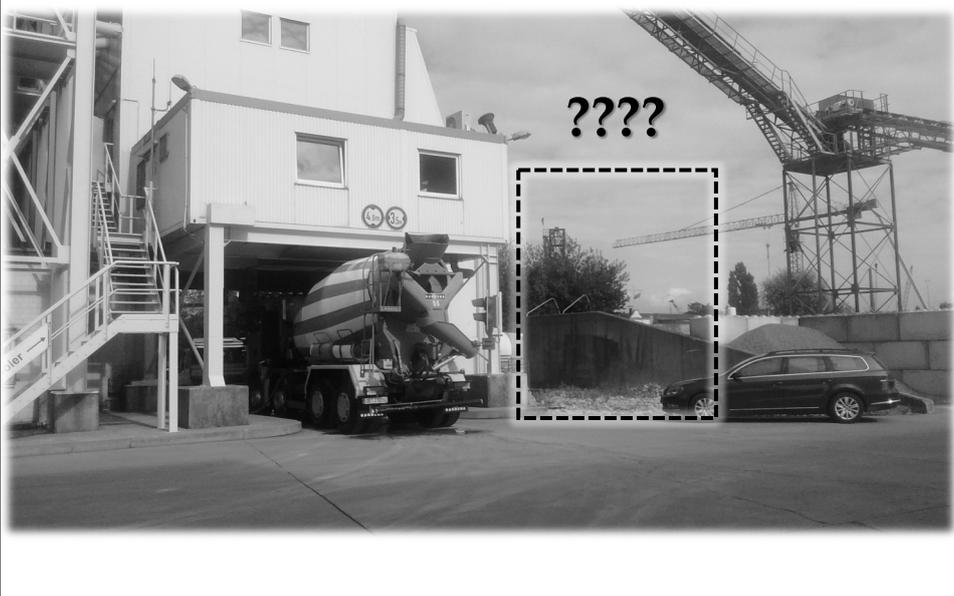
156

Cadê o redosador?



157

Cadê o redosador?



158

Aditivos



159

Aditivos



160

Tudo automatizado!



161

Até no caminhão! Água?



162



163



164



165



166



167



168



169

Recomendações

170

Adensamento

- ✓ sempre na direção vertical;
- ✓ vibrar maior número de pontos do elemento;
- ✓ cuidado com o excesso ou falta;
- ✓ retirar o vibrador lentamente;
- ✓ comprimento da agulha maior que a camada a ser concretada;
- ✓ não vibrar as armaduras;
- ✓ não vibrar e lançar simultaneamente...
- ✓ respeitar o eixo imaginário de atuação;

171

Adensamento leve do concreto



172

Adensamento do concreto?



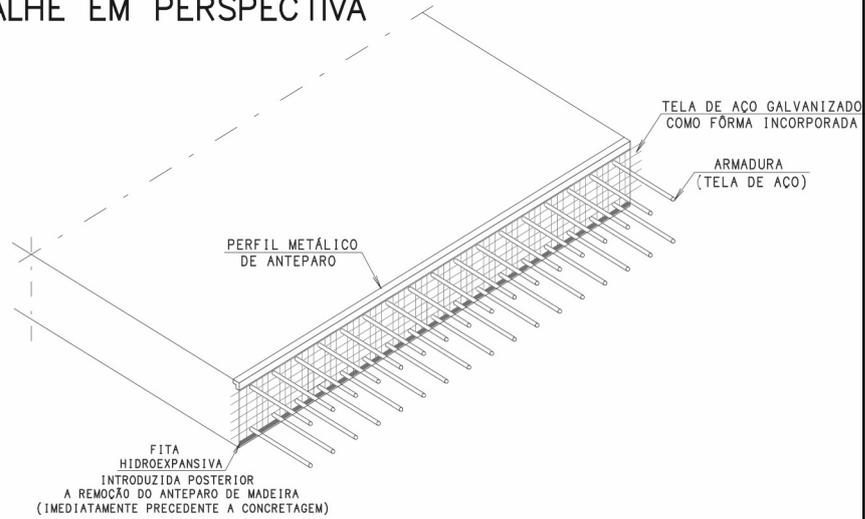
173



174

Juntas de concretagem

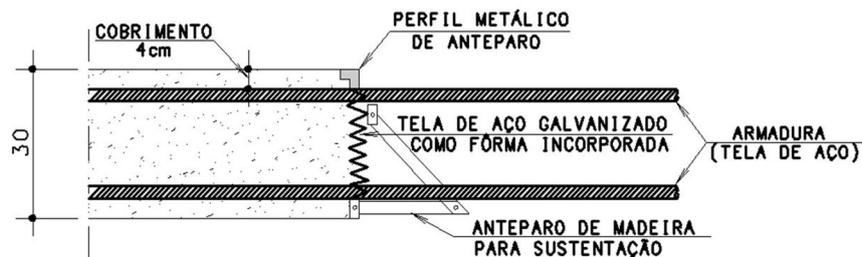
DETALHE EM PERSPECTIVA



175

Juntas de concretagem

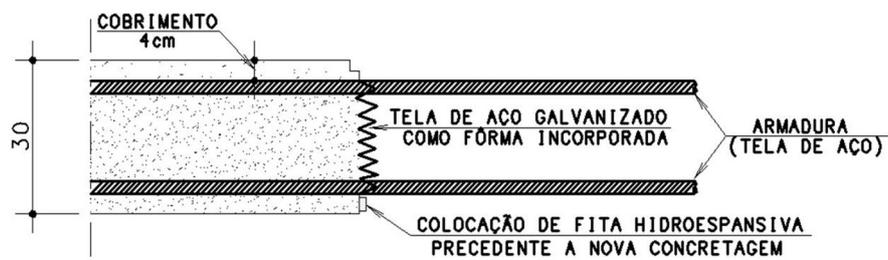
CORTE LOGITUDINAL
S/ESCALA



176

Juntas de concretagem

CORTE LOGITUDINAL APÓS REMOÇÃO DO ANTEPARO S/ESCALA



177

Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

178

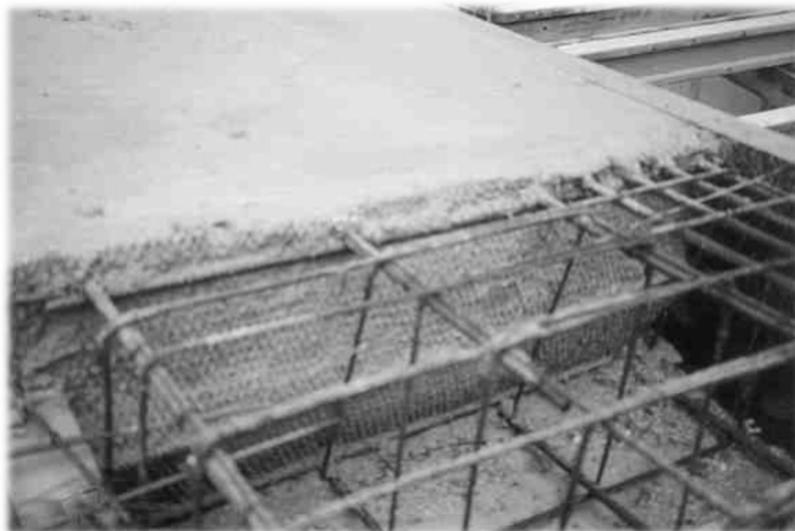
Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

179

Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

180

Cura



181

Cura



182

Cura (vídeo)



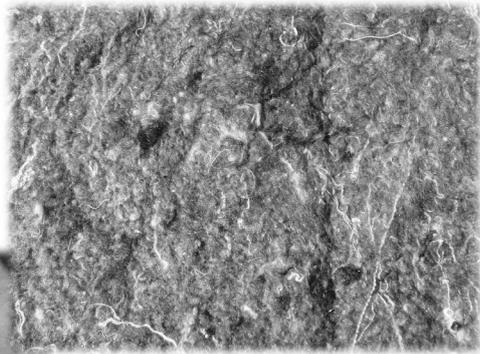
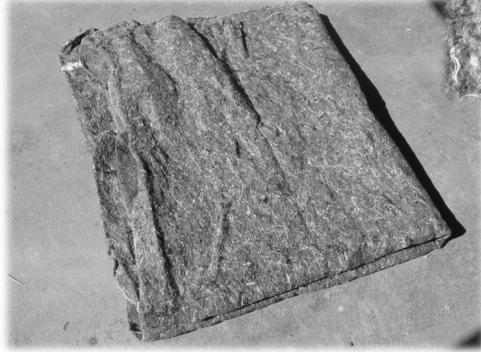
183

Cura



184

Cura



**tecido
permeável**

185

**2h30 após o início da
concretagem**



186



187



188



E a cura com a WAP?

189



Iniciou tardiamente

190



191



192



193



194



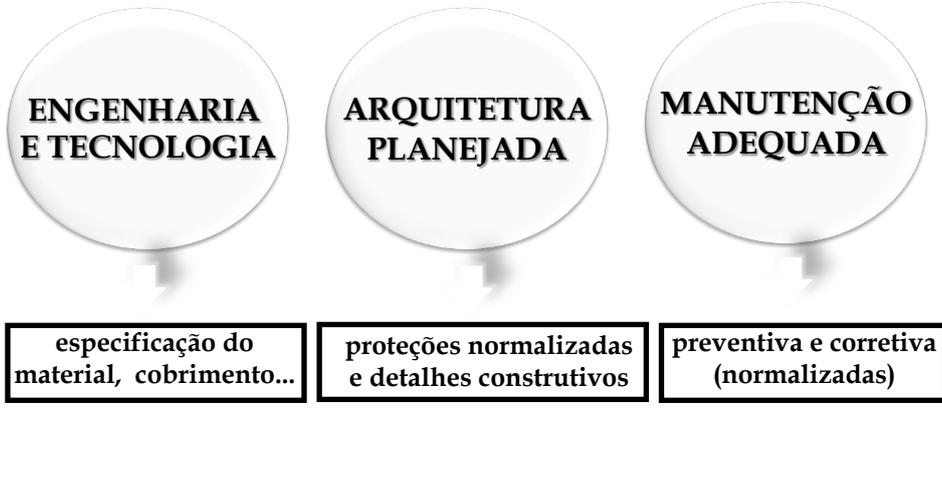
195

Casos recientes

196

Visão sistêmica da vida útil

Interação de três universos:



197

Caso 1

Qualidade de execução em estruturas de concreto (Obra A e Obra B)

198

Posicionamento Armadura de Arranque

Obra A



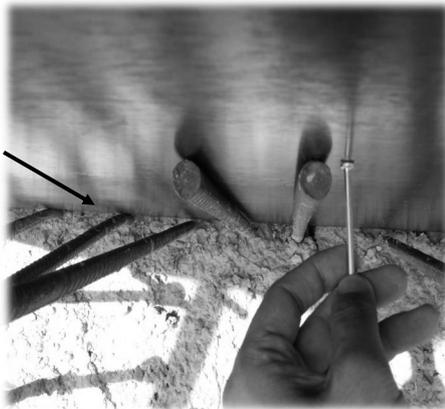
Obra B



199

Posicionamento Armadura de Arranque

Obra A

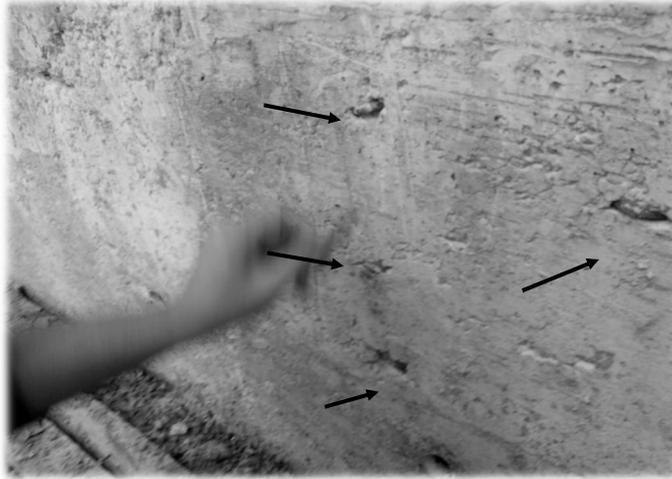


Durabilidade?

200

Cobrimento da Armadura

Obra A

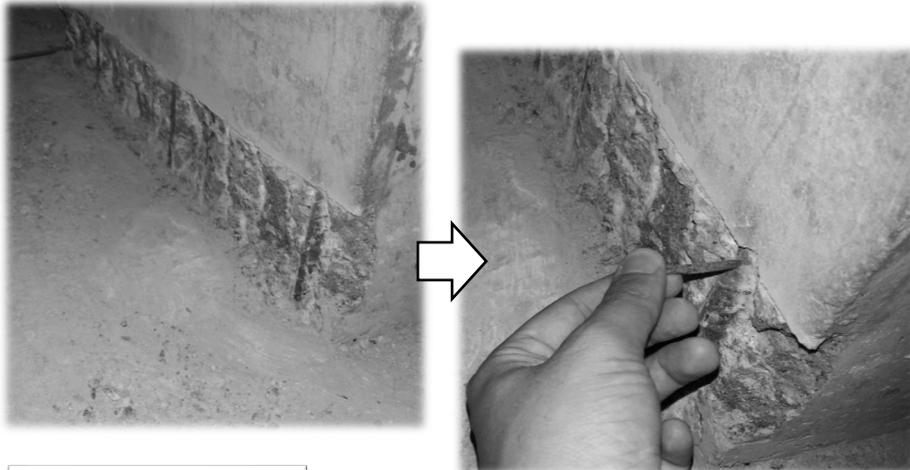


Durabilidade?

201

Cobrimento da Armadura

Obra A

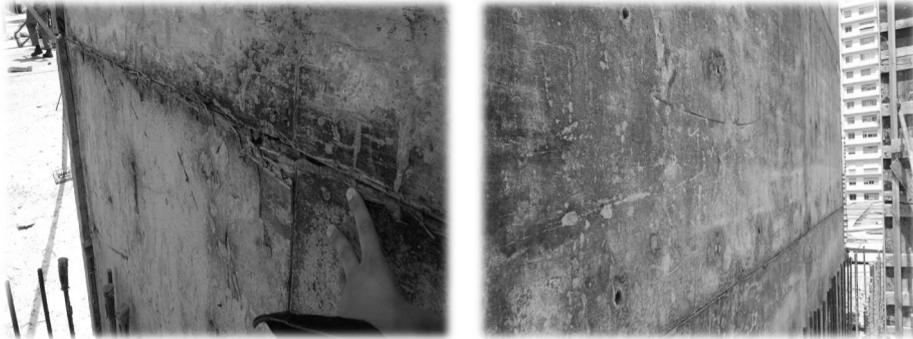


Durabilidade?

202

Condições das fôrmas

Obra A



203

Condições das fôrmas

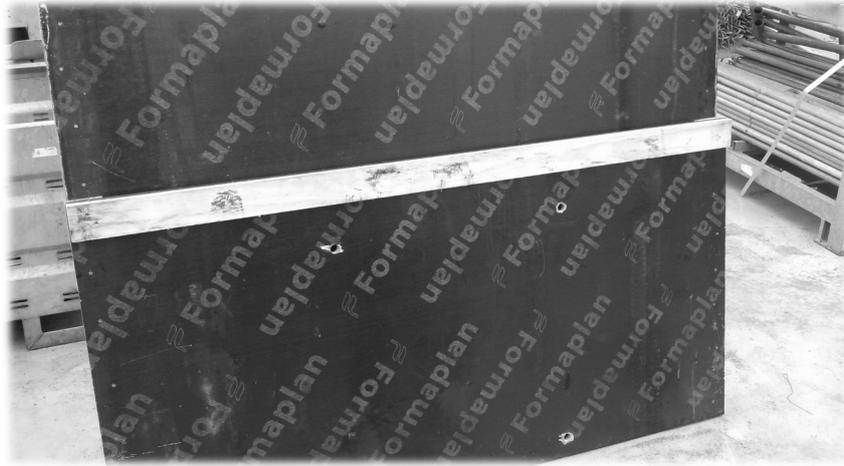
Obra A



204

Condições das fôrmas

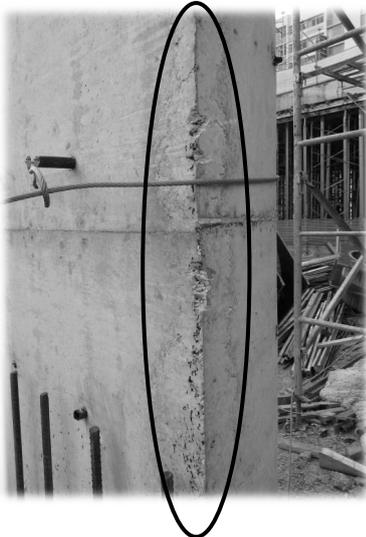
Obra B



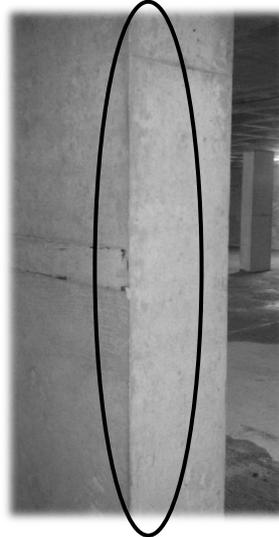
205

Estanqueidade das fôrmas

Obra A



Obra B



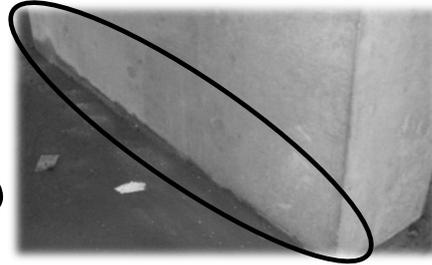
206

Estanqueidade das fôrmas

Obra A



Obra B



207

Adensamento do concreto



Obra A

Vídeo

208



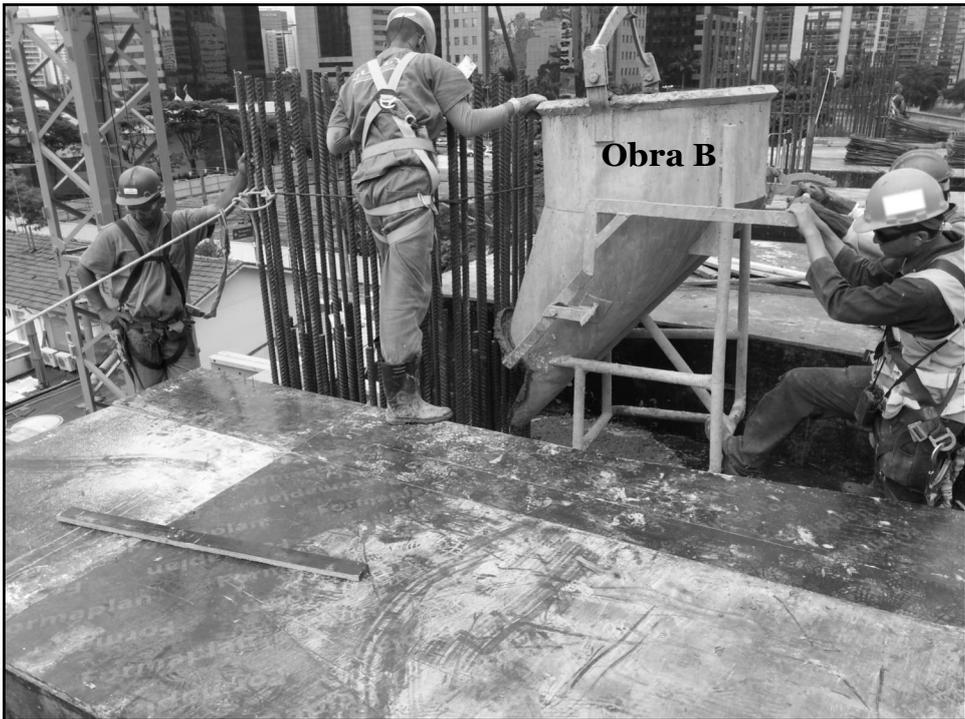
209



210



211



212

Acabamento superficial - concreto

Obra A



Obra B



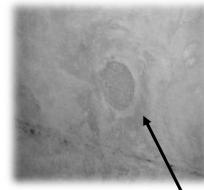
213

Acabamento - tamponamento

Obra A



Obra B



214

Limpeza e organização de canteiro

Obra A



215

Limpeza e organização de canteiro

Obra A



216

Limpeza e organização de canteiro

Obra B



217

Limpeza e organização de canteiro

Obra B



218

Discussão (Obra A e Obra B)

219

Empreiteiro = Construtora =

Empreiteiro = Construtora ≠

Empreiteiro ≠ Construtora =

Empreiteiro ≠ Construtora ≠

220

Empreiteiro = Construtora =

Empreiteiro = Construtora ≠

Empreiteiro ≠ Construtora =

Empreiteiro ≠ Construtora ≠

221

Mensagem

**INVESTIMENTO
EM
GESTÃO !**

222

Mensagem

terceirizar um serviço ≠ terceirizar responsabilidade

223

ANO XXI • Nº 234
R\$ 19,00

BO
Banas Qualidade

ESPECIAL
PRÊMIO NACIONAL
GESTÃO BANAS
As empresas
vencedoras em **2011**

**NÃO CUMPRIR
NORMAS TÉCNICAS
É CRIME**

Mi METROLOGIA & INSTRUMENTAÇÃO

METROLOGIA
As possíveis mudanças no
Sistema Internacional de Unidades (SI)

224

“ Qualquer sistema de gestão requer uma padronização das operações de fabricação e controle, e isto só é possível, através de um sistema normativo. ”

“ Dessa forma, para uma organização se manter competitiva, deve usar as normas técnicas como uma fonte de tecnologia, manutenção de qualidade e otimização de processos que asseguram que a produção esteja competitiva e adequada aos padrões nacionais e internacionais. ”

Quando se descumpre uma norma, assume-se, de imediato, um risco. Isso significa dizer que o risco foi assumido, ou seja, significa que se está consciente do resultado lesivo.

*Dr. Roberto Tardelli
Promotor de Justiça do Tribunal do Júri de São Paulo*

225

Casos 2 e 3

MIS - RJ

226



227

Ficha Técnica

Nome da Obra: Museu da Imagem e do Som (MIS)

Endereço: Av. Atlântica, 3432 (Antiga Boate HELP)

Realização: Fundação Roberto Marinho

Arquitetura: Diller Scofidio + Renfro / Índio da Costa (AUDT)

Estrutura: JKMF

Construtora: Rio Verde

Consultoria (concreto): PhD Engenharia

Pavimentos: 7 (2 subsolos e 1 mezanino técnico)

Volume (superestrutura) $\approx 7.000\text{m}^3$

Créditos: AUDT/Diller
Scofidio + Renfro

228



229

Estanqueidade de Laje de Subpressão

230

laje de subpressão a 50m da orla



231

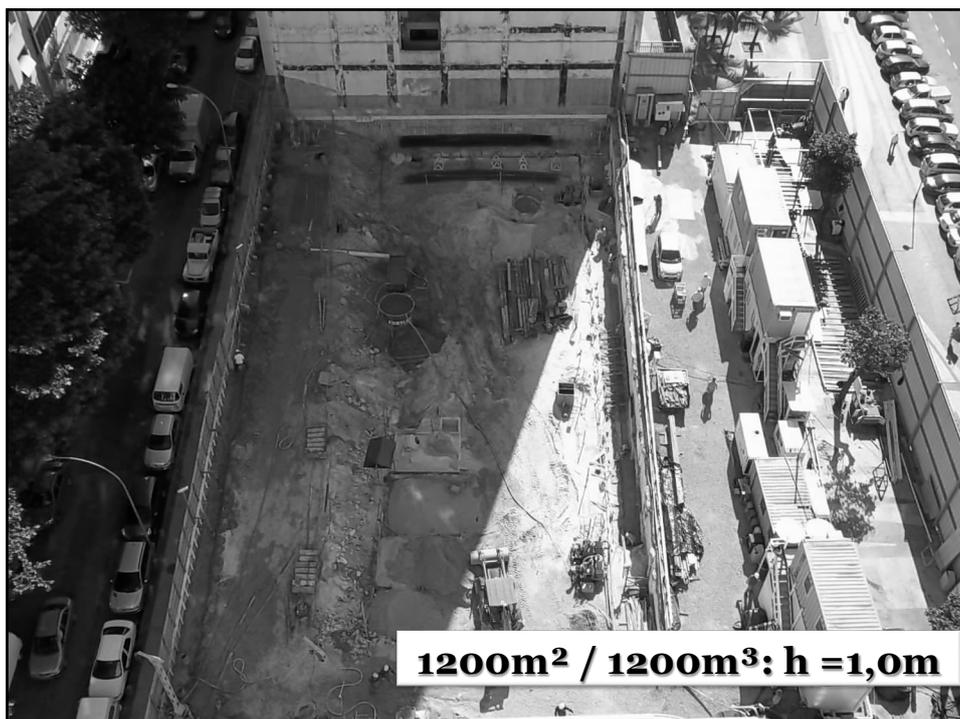
demolição da boate Help



232



233



234

Dados da Laje

- ✓ **Geometria:** trapezoidal 
- ✓ **Medidas:**
 - ✓ Comprimento → 51m, paralelo à Av. Atlântica;
 - ✓ Larguras → 25m e 20m
- ✓ **Altura:** 1m
- ✓ **Volume:** 1200m³
- ✓ f_{ck} : 50MPa aos 28 dias
- ✓ **Temperatura ambiente:** da ordem de 35°C
- ✓ **Distância da central fornecedora de concreto:** 30km
- ✓ **Execução:** novembro/2012 a janeiro/2013

235

Dados da Laje

- ✓ **Armadura:**
 - ✓ disposição → em forma de “gaiola” (projeto);
 - ✓ armadura complementar → malha bidirecional de \varnothing 12,5 c/ 30cm, nos terços intermediários;
 - ✓ armadura construtiva → estruturação da tela galvanizada da junta de concretagem \varnothing 12,5 c/ 25cm, nos contornos (grampo C);
- ✓ **Taxa de aço global:** 105kg/m³ (laje + sapatas + complementares).

236

Conceito de Estanqueidade (premissas)

- ✓ **Concreto:** deve ser resistente, íntegro, de baixíssima permeabilidade e durável;
- ✓ **Cuidados e procedimentos de execução:** conjunto de engenhosidades e técnicas de bem construir → estrutura final estanque;

Os estudos mostram que as falhas em estruturas hidráulicas estão relacionadas menos com o material empregado e mais com as técnicas e procedimentos de execução.

237

Características do concreto

- ✓ $f_{ck} \geq 50\text{MPa}$ (aos 28 dias de idade);
- ✓ relação a/c = 0,4 → classe de agressividade IV;
- ✓ teor de argamassa = 52 a 55% → lançamento e trabalhabilidade;
- ✓ consistência = 16 a 22cm → segregação e exsudação (classe S160, ABNT NBR 8953)
- ✓ adições:
 - ✓ 5% de sílica ativa → CAR e prevenção de RAA;
 - ✓ aditivo impermeabilizante por cristalização integral c/ propriedade de autocicatrização de fissuras → teor dependente da concentração e do fabricante

238

Traço do concreto

Traço do concreto	concebido para $f_{ck}=50\text{MPa}$
consumo de cimento por m^3 (CP III-40 RS - Votoran Moagem Santa Cruz)	448kg
adição de sílica ativa (Silmix)	30kg
relação água/cimento+adição (aglomerantes)	0,35
água (da umidade das areias, média ponderada fixada em 5%) + gelo total	168kg
areia média natural (Areal D. Lucia)	650kg
areia artificial, areia de brita tipo II (A 21 Mineração)	73kg
brita 0 (A 21 Mineração)	162kg
brita 1 (A 21 Mineração)	921kg
aditivo impermeabilizante por cristalização integral (XYPEX NF 500 concentrado, MC-Bauchemie)	4,5kg
aditivo plastificante polifuncional (MIRA RT 75, Grace)	4,0kg
aditivo superplastificante (Tecflow 9040, Rheoset/Grace)	2,9kg
100% de gelo em substituição à água livre de amassamento (materiais úmidos, umidade da areia de 5% em média ponderada)	130kg (gelo)

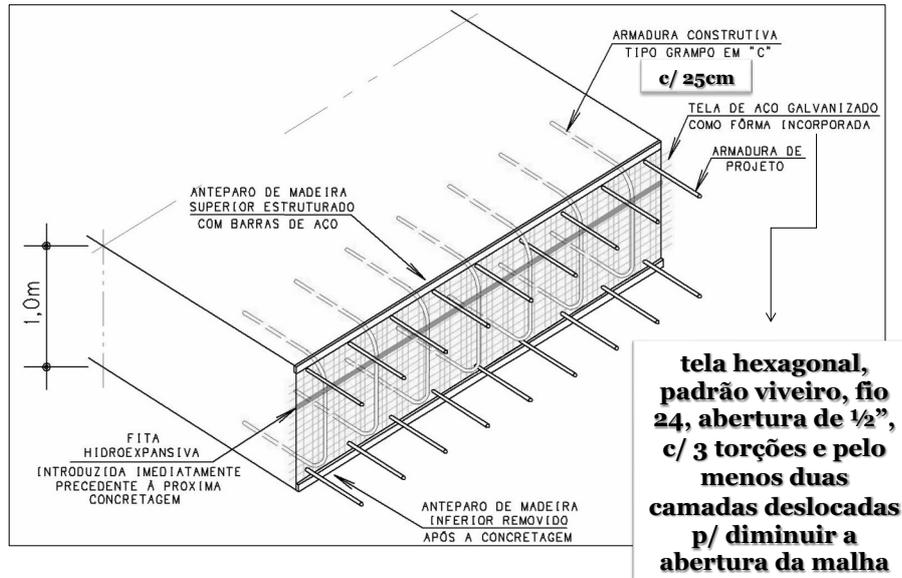
239

Premissas

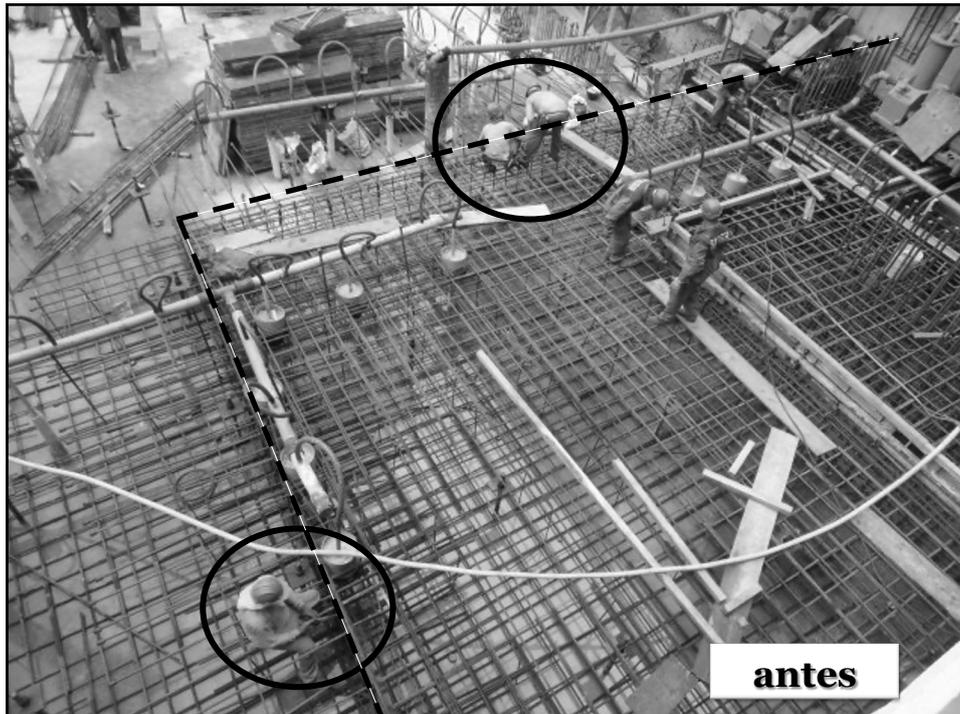
- ✓ temperatura inicial do gelo: -10°C (Thermo King)
- ✓ temperatura de lançamento do concreto: até 25°C
- ✓ volume de cada etapa de concretagem: da ordem de 150m^3
- ✓ tempo médio de recebimento e descarga dos caminhões betoneira: 12min.

240

Junta de concretagem (prática)



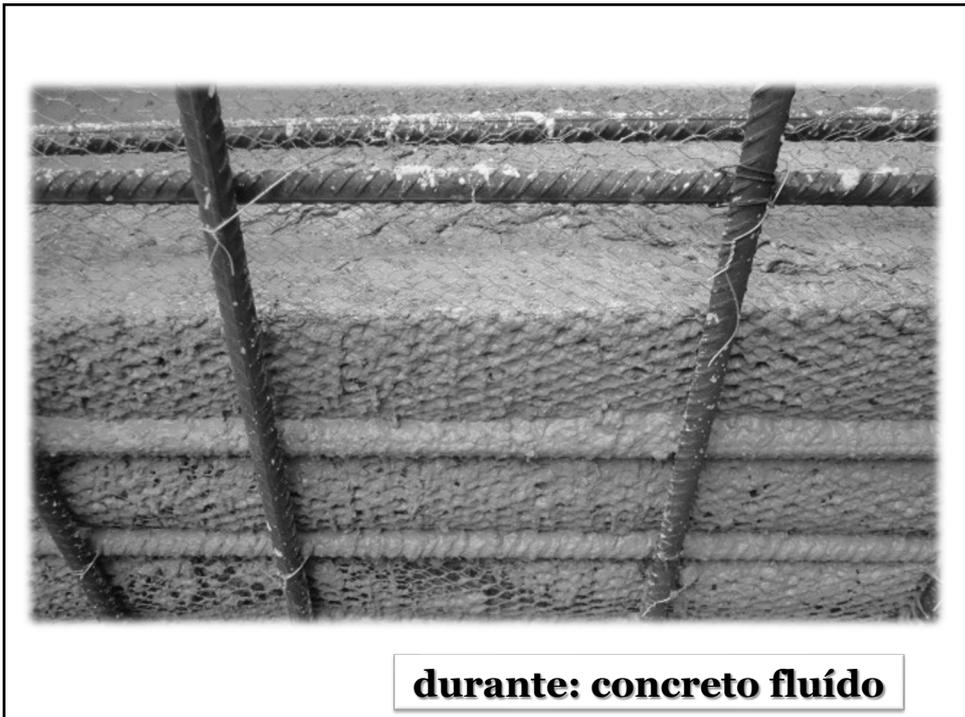
241



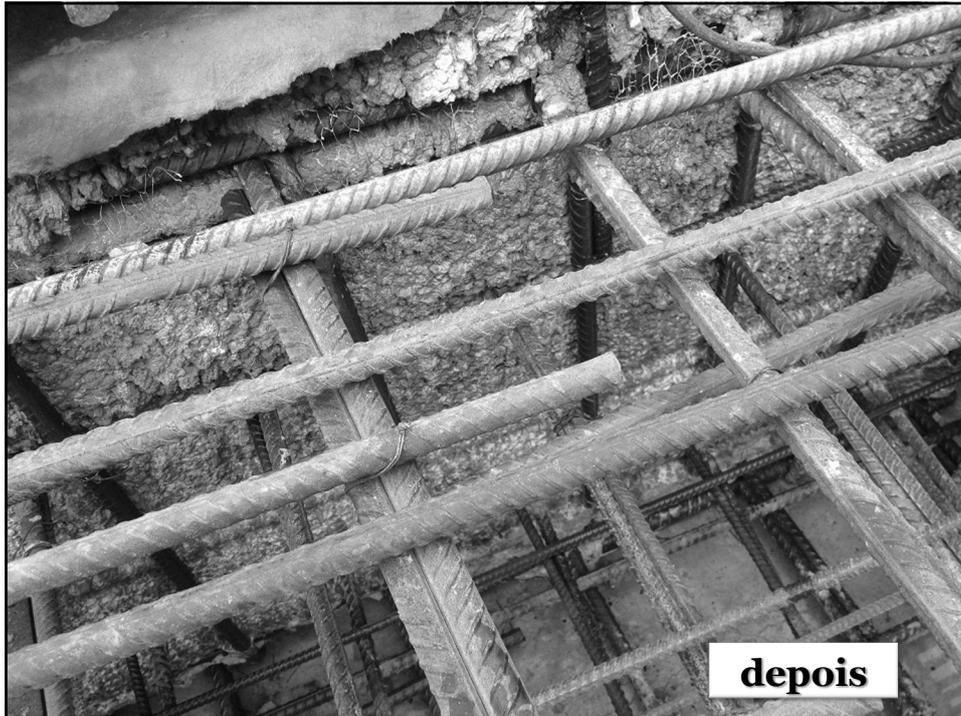
242



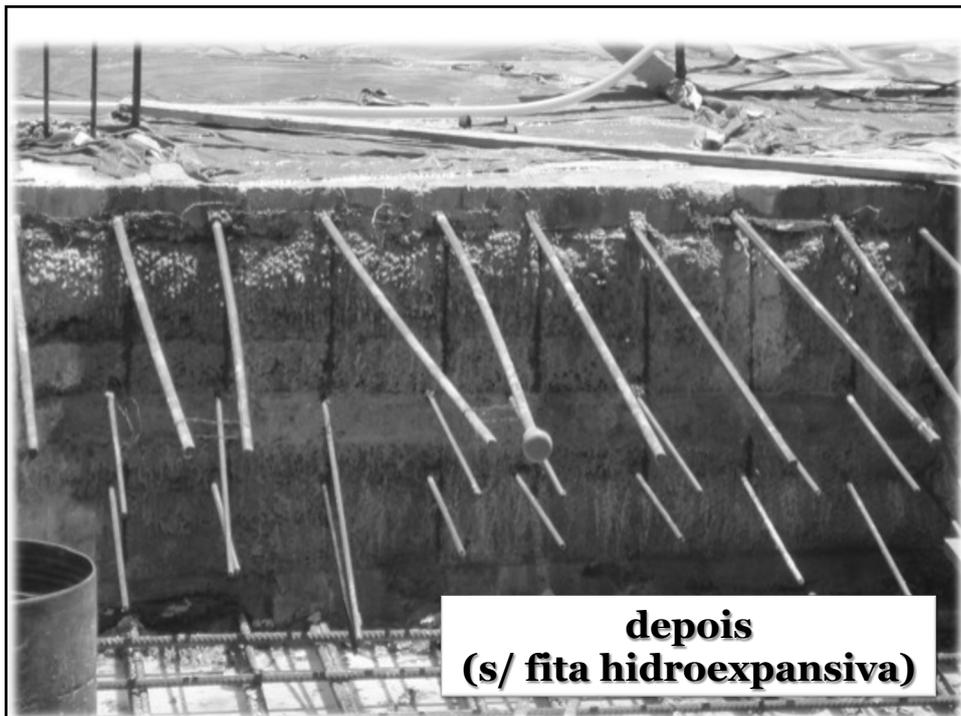
243



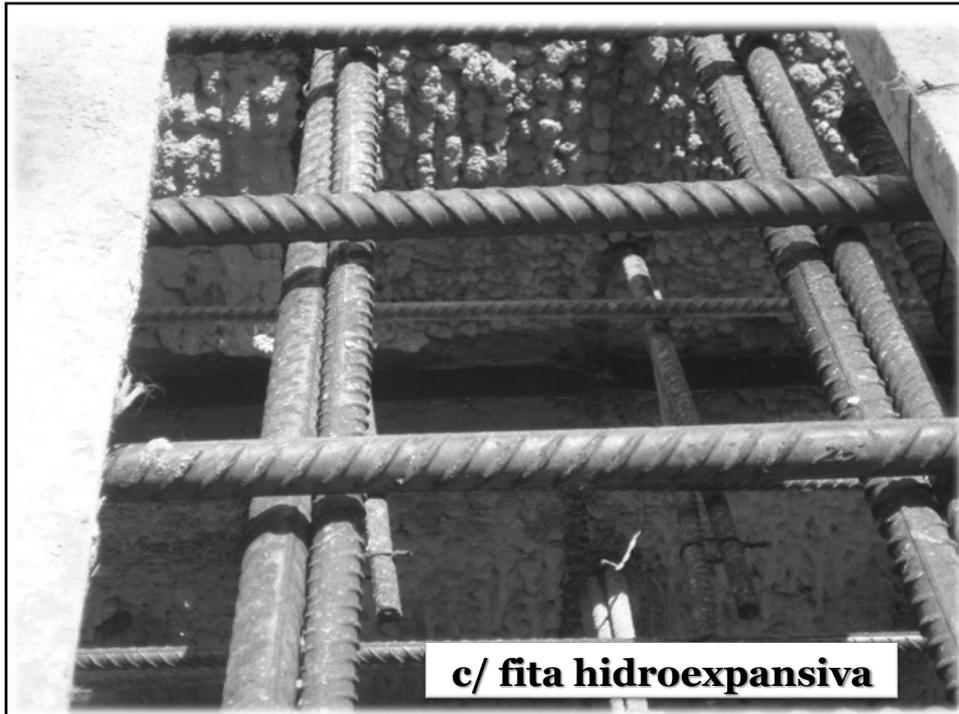
244



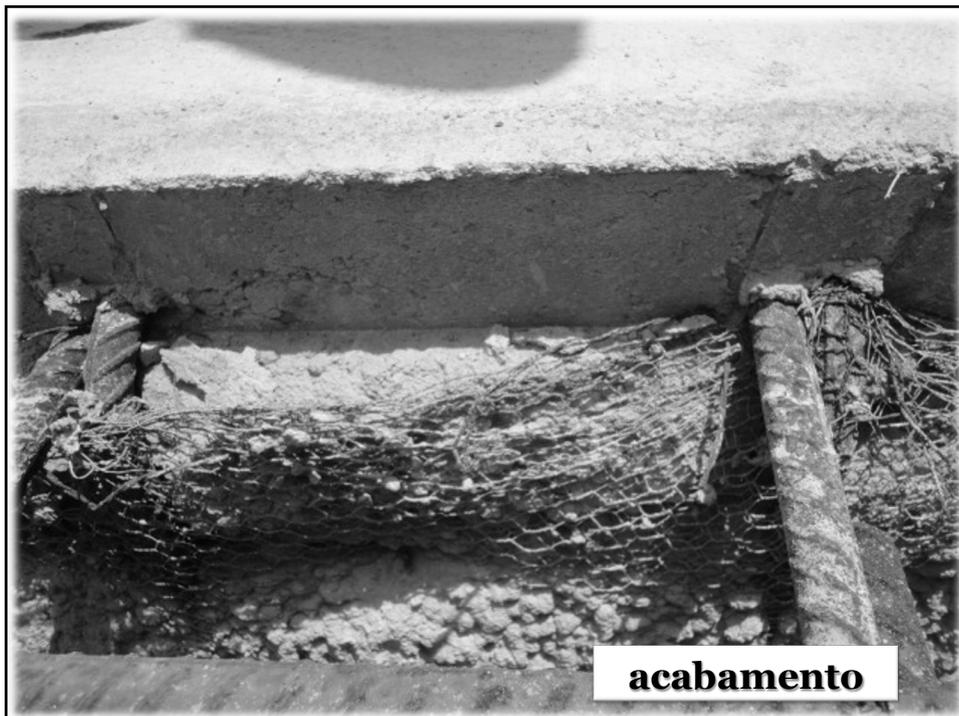
245



246



247

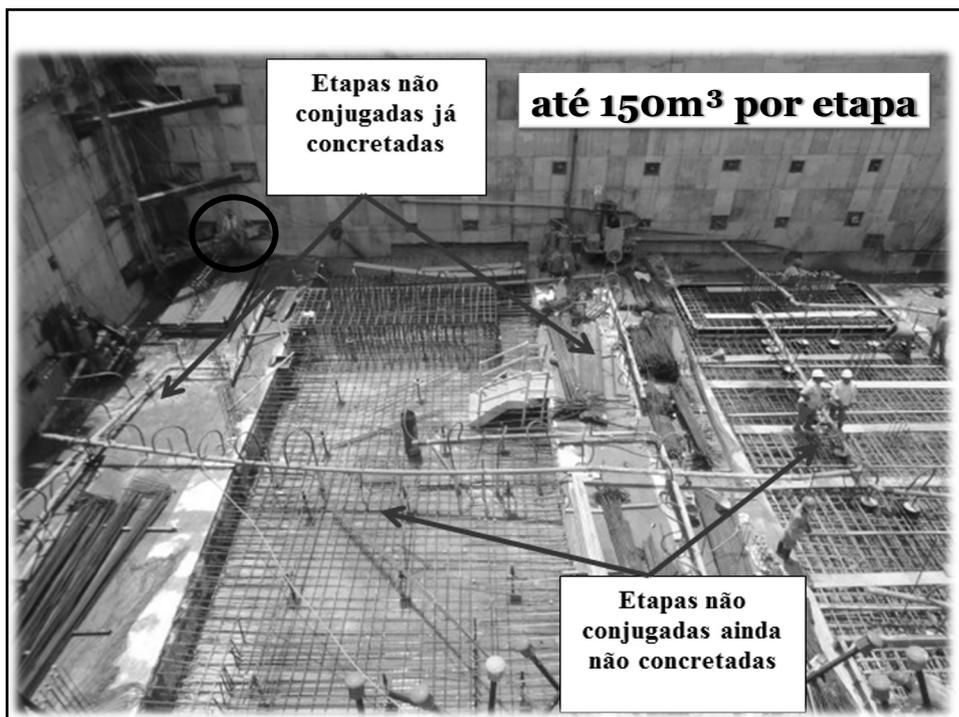


248

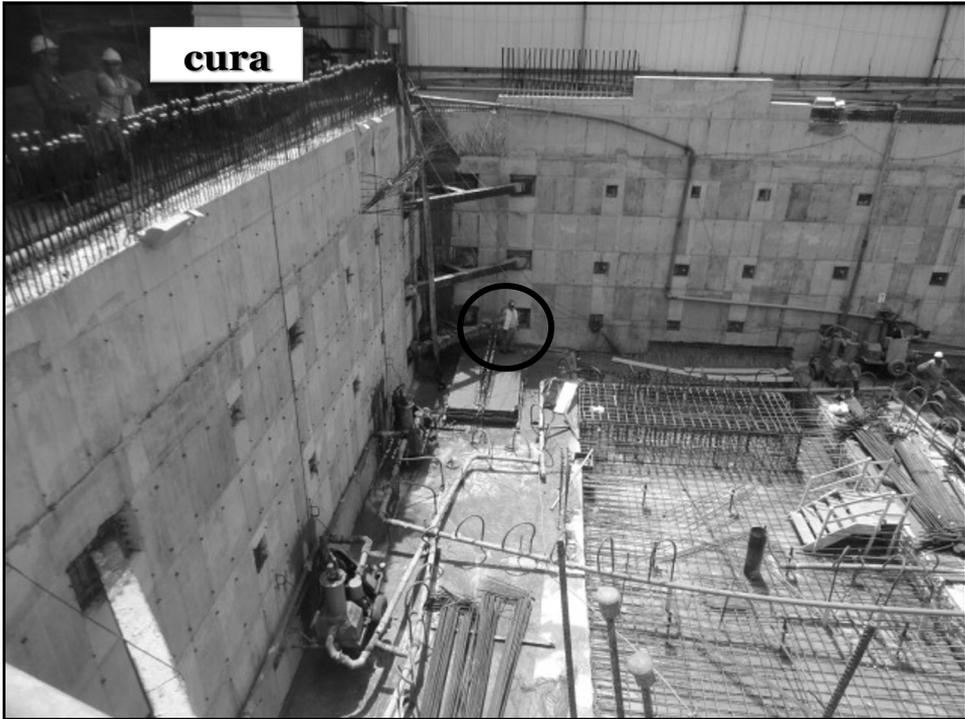
Plano de concretagem

- ✓ 10 etapas distintas, não conjugadas;
- ✓ concreto lançado em 3 subcamadas horizontais de 33cm, aproximadamente
- ✓ produção efetiva: 20m³/h
- ✓ tempo total de lançamento: 60horas → divididos nos 10 eventos de concretagem

249



250



251



252



253

Considerações

Conjunto formado por:

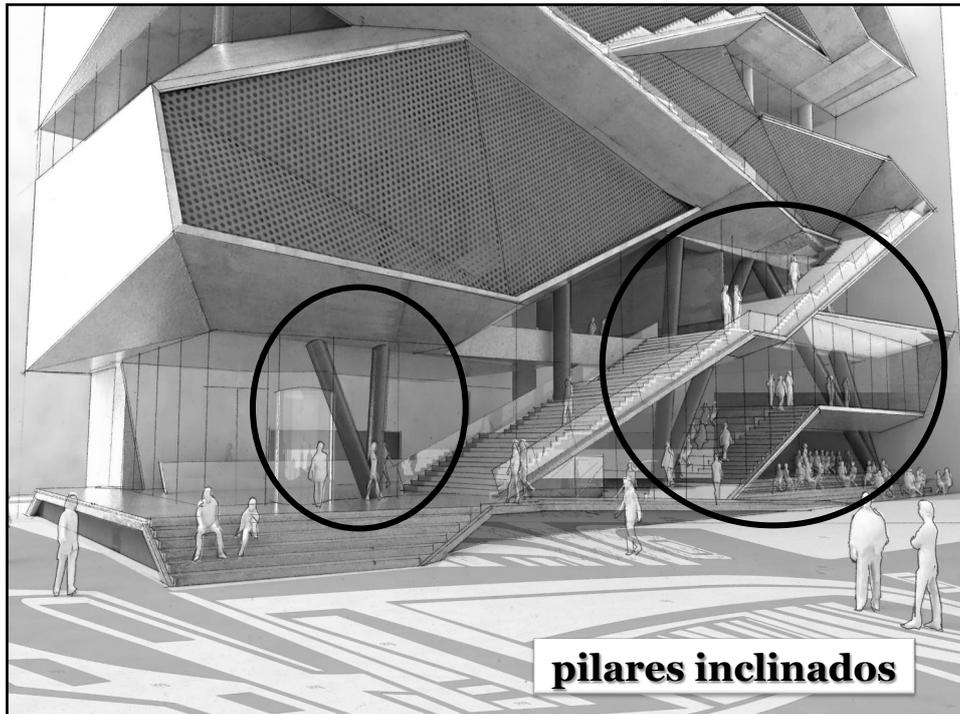
- ✓ projeto adequado;
- ✓ estudo e desenvolvimento de traço de concreto apropriado;
- ✓ procedimentos e engenhosidades empregadas na concretagem;
- ✓ uso adequado de procedimentos simples descritos nas normalizações vigentes e em literaturas consagradas*, associadas com boas práticas de engenharia e técnicas de bem construir.

***HELENE, TERZIAN
& SARDINHA, 1980**

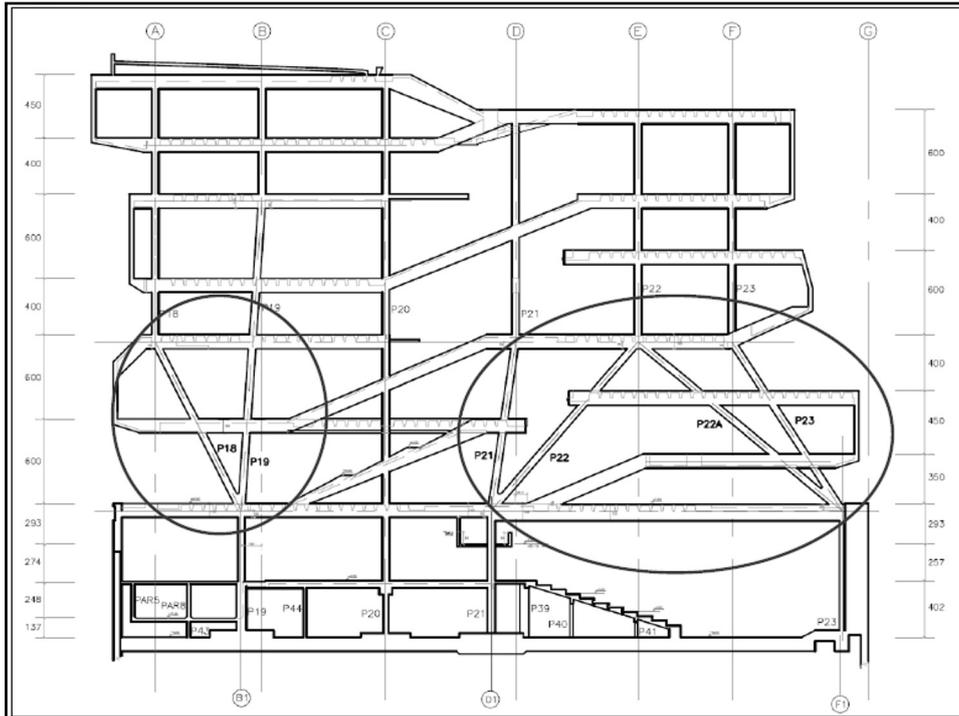
254

Pilares inclinados

255



256

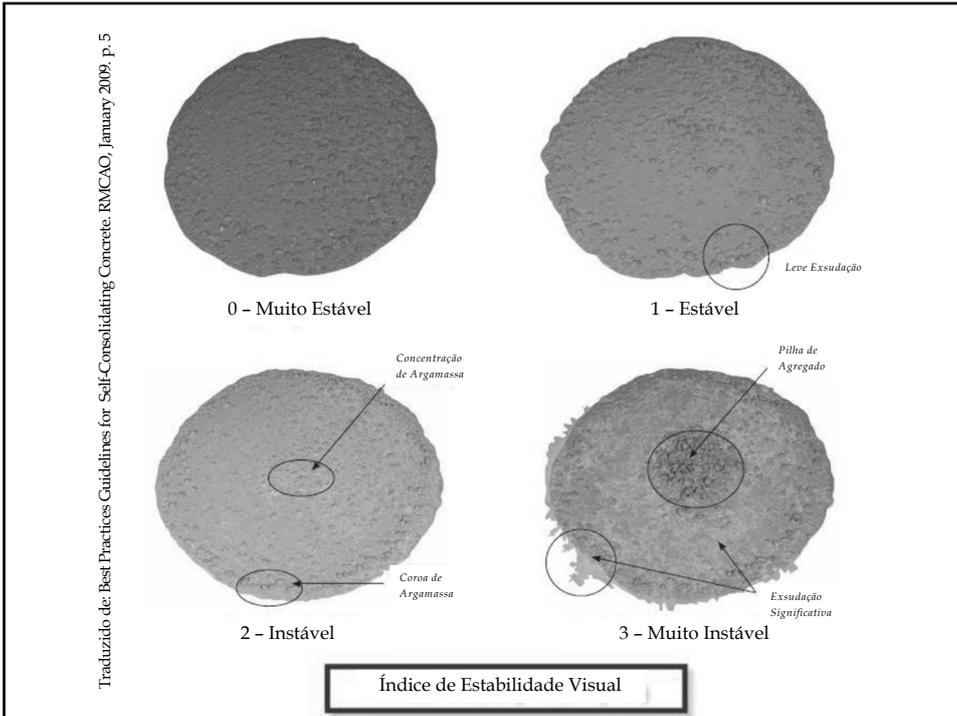


257

concreto autoadensável - vídeo



258



259

concreto autoadensável – vídeo (adendo)



260

Características do concreto e obra

- ✓ $f_{ck} \geq 50\text{MPa}$ autoadensável (com 100% de gelo);
 - ✓ classe de espalhamento *SF II* (660–750mm) - ABNT NBR 15823;
 - ✓ relação a/c = 0,37 → classe de agressividade IV;
 - ✓ tipo de cimento CP III-40 RS (adição de pigmento);
 - ✓ teor de argamassa ≈ 60% → lançamento e trabalhabilidade;
 - ✓ adições:
 - ✓ 6% de sílica ativa → CAR e prevenção de RAA;
 - ✓ fibra de polipropileno → minimizar retrações;
- ✓ Temperatura ambiente: da ordem de 35°C;
 - ✓ Distância da central fornecedora de concreto: 30km;
 - ✓ Percurso: em média 60minutos (Caju-Copacabana).

261

Traço do concreto

Traço do concreto	concebido para $f_{ck}=50\text{MPa}$
consumo de cimento por m ³ (CP III-40 RS - Votoran Moagem Santa Cruz)	472kg
adição de sílica ativa (Tecnosil)	30,4kg
relação água/cimento+adição	0,37
água (da umidade das areias, média ponderada fixada em 5%) + gelo total	186kg
areia média natural (Areal Sanimera)	700kg
areia artificial, areia de brita tipo II (A 21 Mineração)	123kg
brita 0 (A 21 Mineração)	425,5kg
brita 1 (ESAM Mineração)	425,5kg
pigmento (Bayferrox 318) (1%)	4,7kg
fibra de polipropileno (Neomatex) (12mm)	600 gramas (0,6kg)
aditivo plastificante polifuncional (0,3%) (MIRA RT 25, Grace)	1,4kg
aditivo superplastificante (1,0%) (Glenium SCC 161 já com antiespumante incorporado, BASF)	4,7kg
100% de gelo (materiais úmidos, umidade da areia de 5% em média ponderada)	144kg (gelo)

262

Premissas: concreto “sem bolhas” e “sem fissuras”

- ✓ temperatura inicial do gelo: -10°C (Thermo King)
- ✓ temperatura de lançamento do concreto: até 25°C
- ✓ altura máxima de lançamento: 2m/pilares de até 6m
- ✓ baixa velocidade de concretagem
- ✓ adensamento leve e controlado com uso de vibrador de imersão e martelos de borracha (bolhas)
- ✓ auxílio de aparatos para transporte do concreto (tubos)

263



264

Parque da Cidade - SP



265

São Paulo



266



267



268



usina

269



usina

270



271



272

Protótipos

273



274



275



276



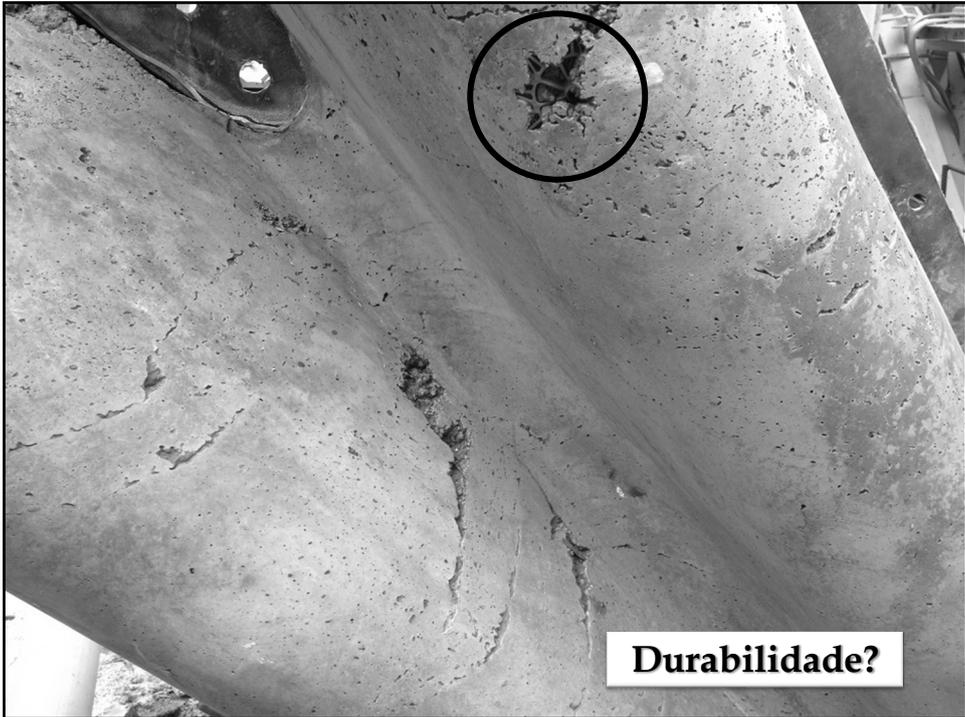
277



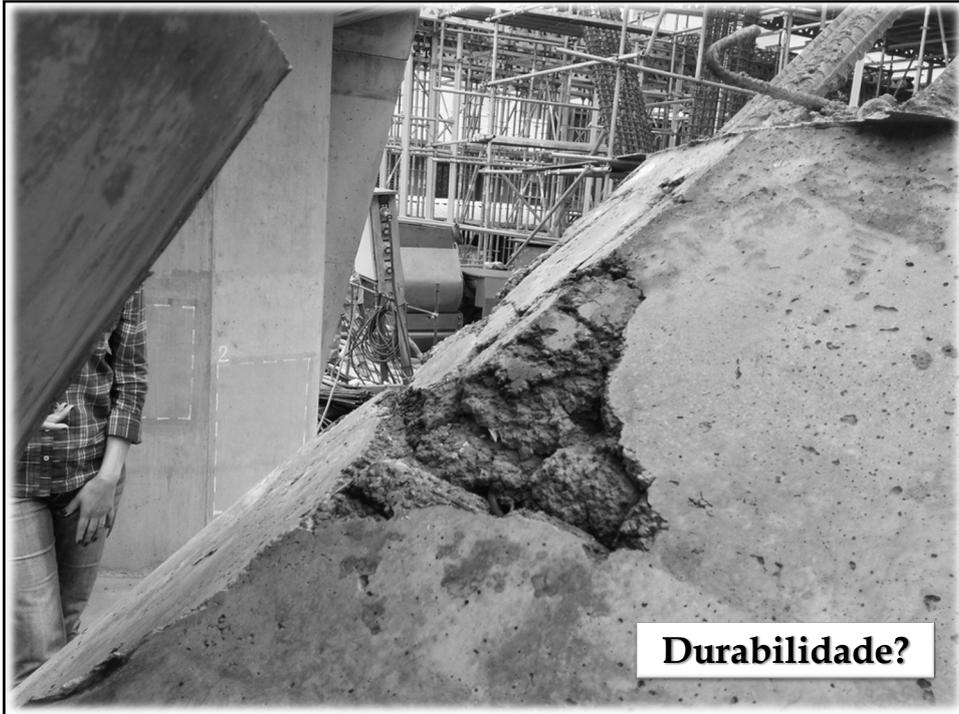
278



279



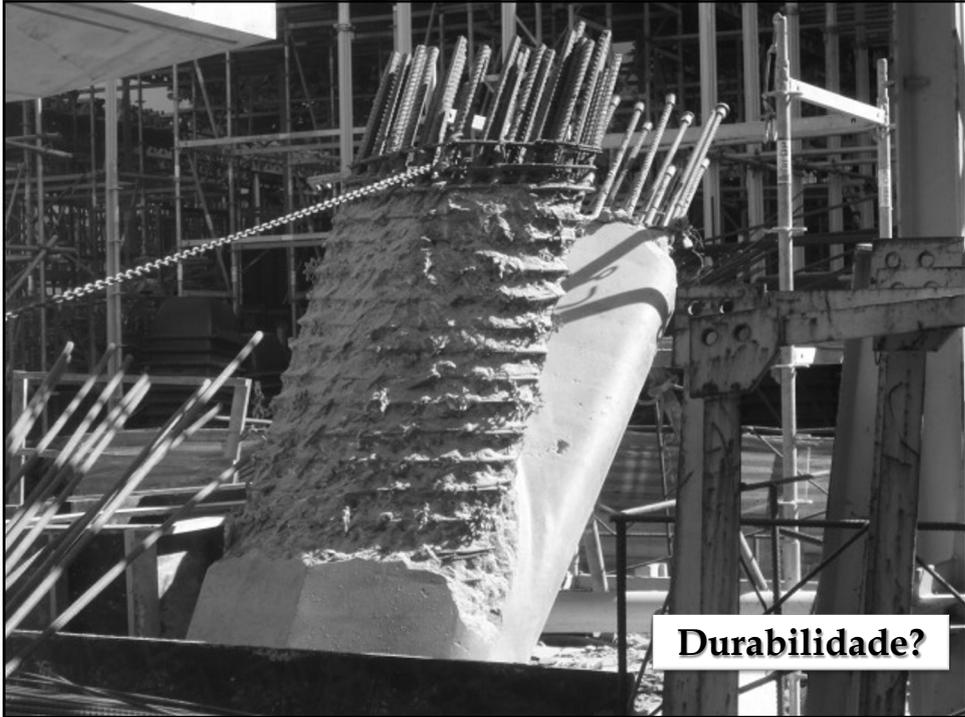
280



281



282



283



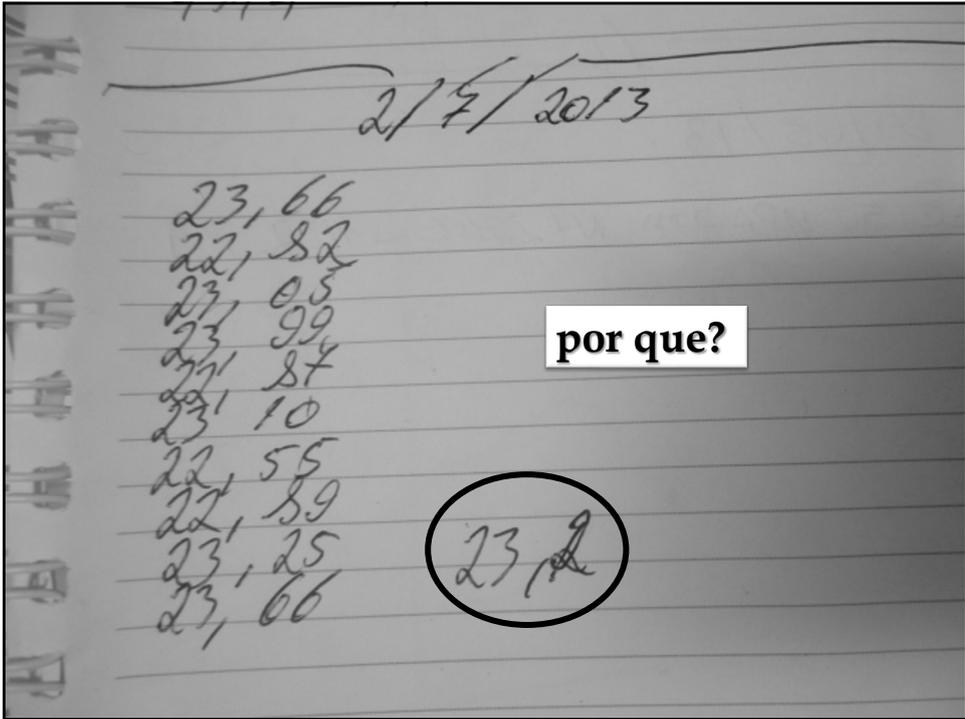
284



285

Como fazer?

286



287



288

Planilha de Registro da Umidade (%)

Filial: BENFICO Material: AREIA NATURAL Mês: JUL 2010

Data	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição		
	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)
01/07	06:00	51	NUBLADO	09:00	51	NUBLADO	12:00	51	NUBLADO
2/7	06:00	61	CHUVA	09:00	67	CHUVA	12:00	51	CHUVA

289

Planilha de Registro da Umidade (%)

Filial: BENFICO Material: DO DE PEDIDO Mês: JUL 2010

Data	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição		
	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)	Horário (hh:mm)	Umidade (%)	Clima (Sol / Chuva / Nublado)
01/07	06:00	11	NUBLADO	09:00	11	NUBLADO	12:00	11	NUBLADO
2/7	06:00	41	CHUVA	09:00	47	CHUVA	12:00	11	CHUVA

290



291



292



293



294

condições climáticas



295



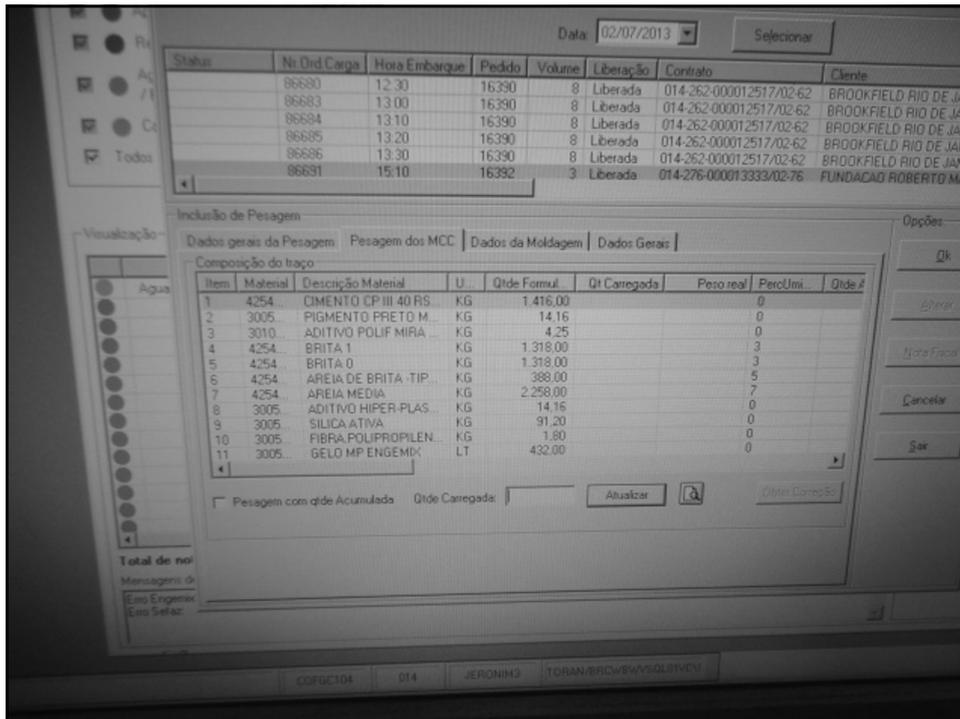
296



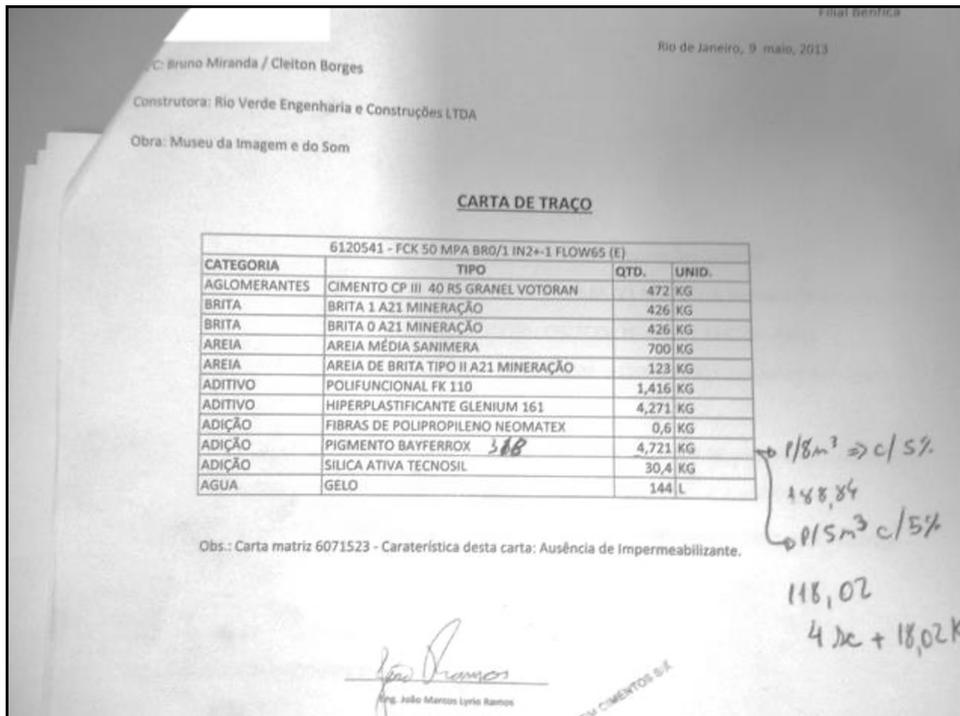
297



298



299



300



301



302

atípico



303

e se chover?



304



305



306



307



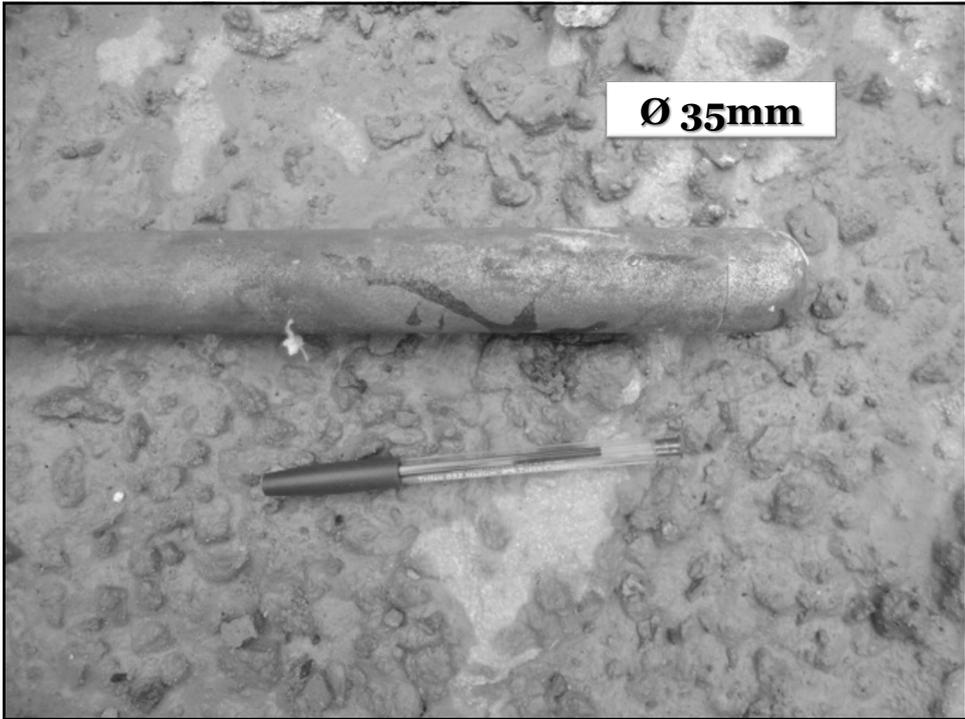
308



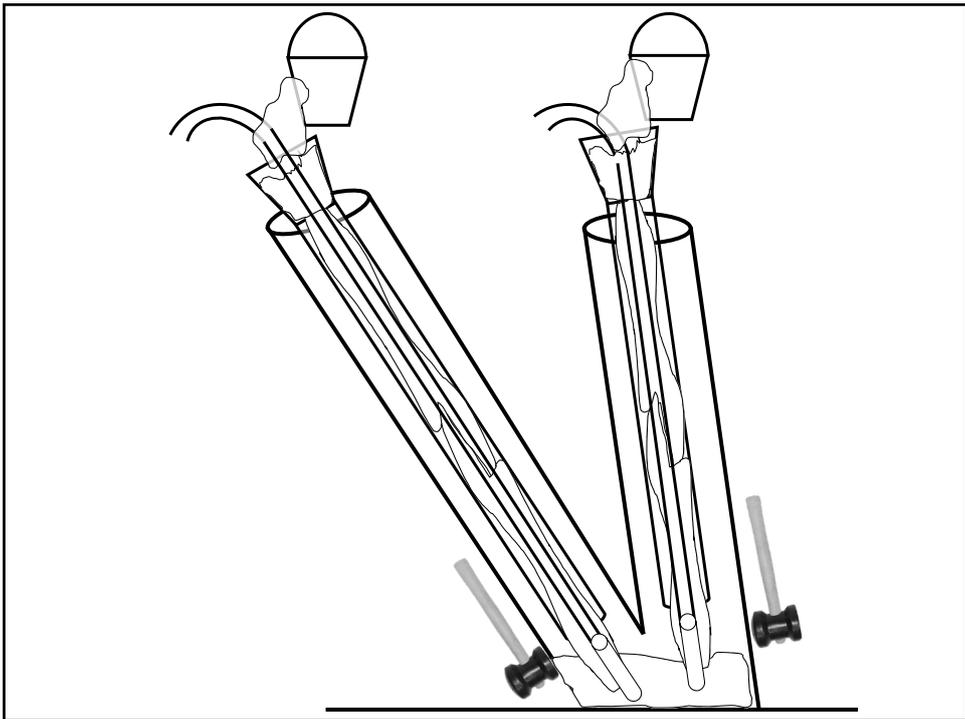
309



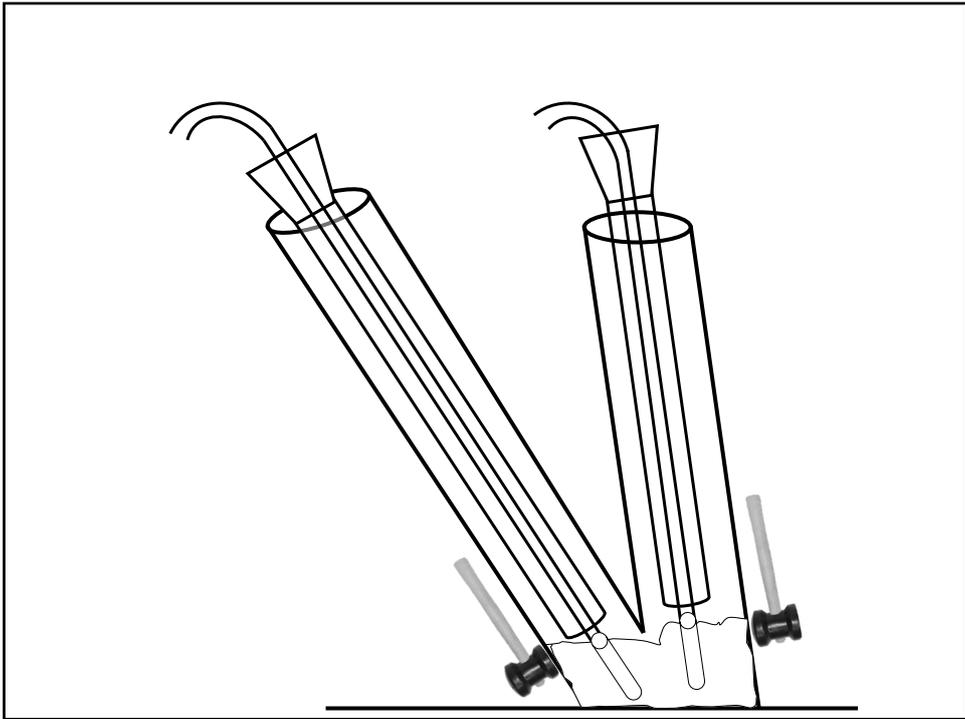
310



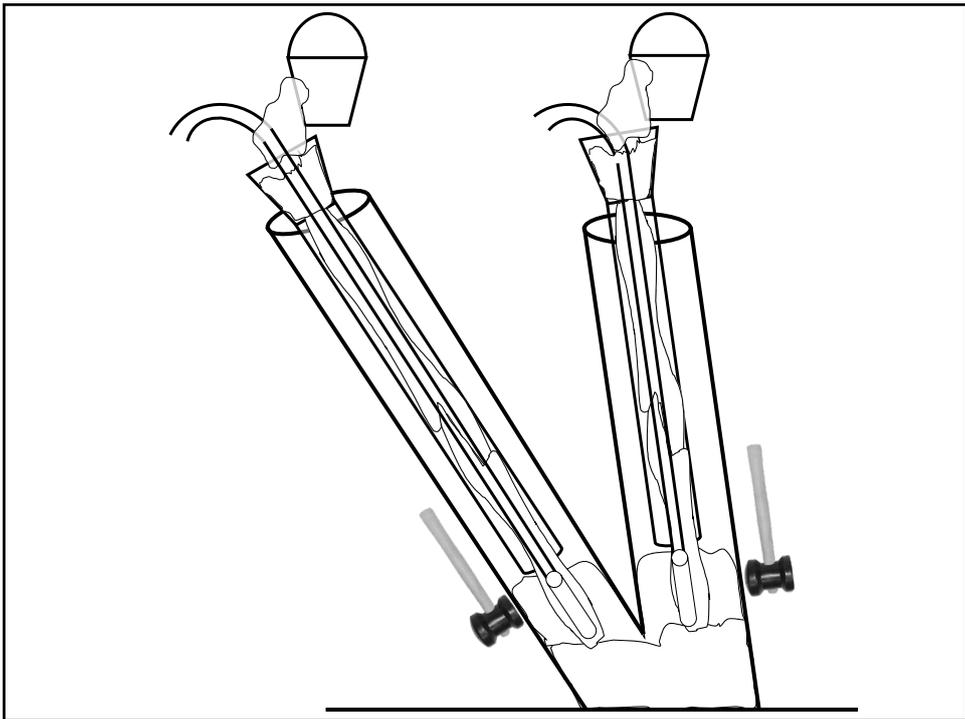
311



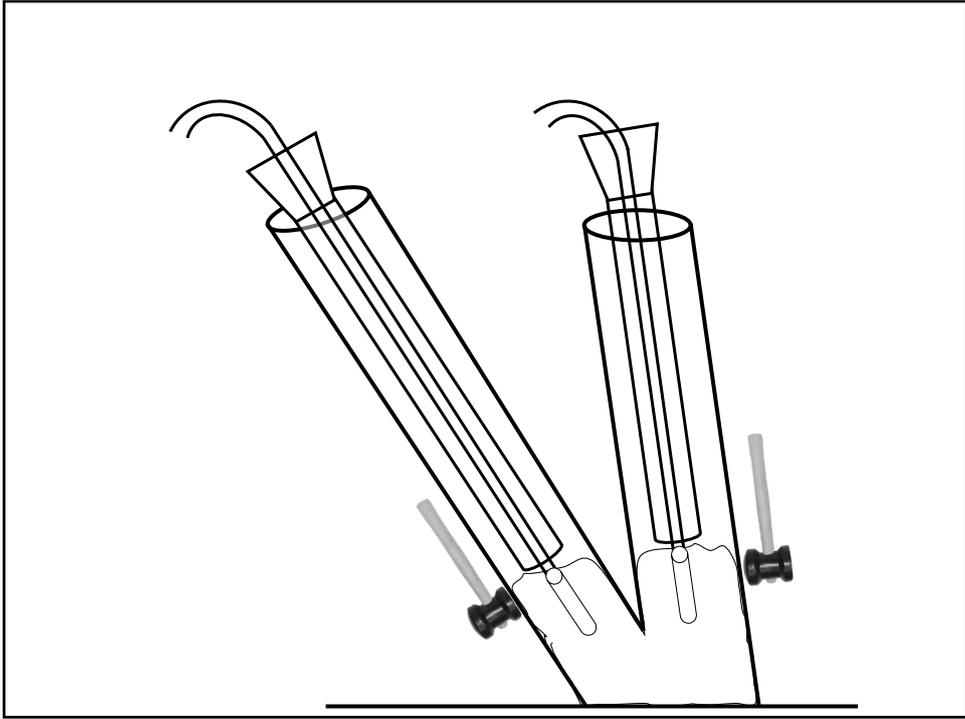
312



313



314



315



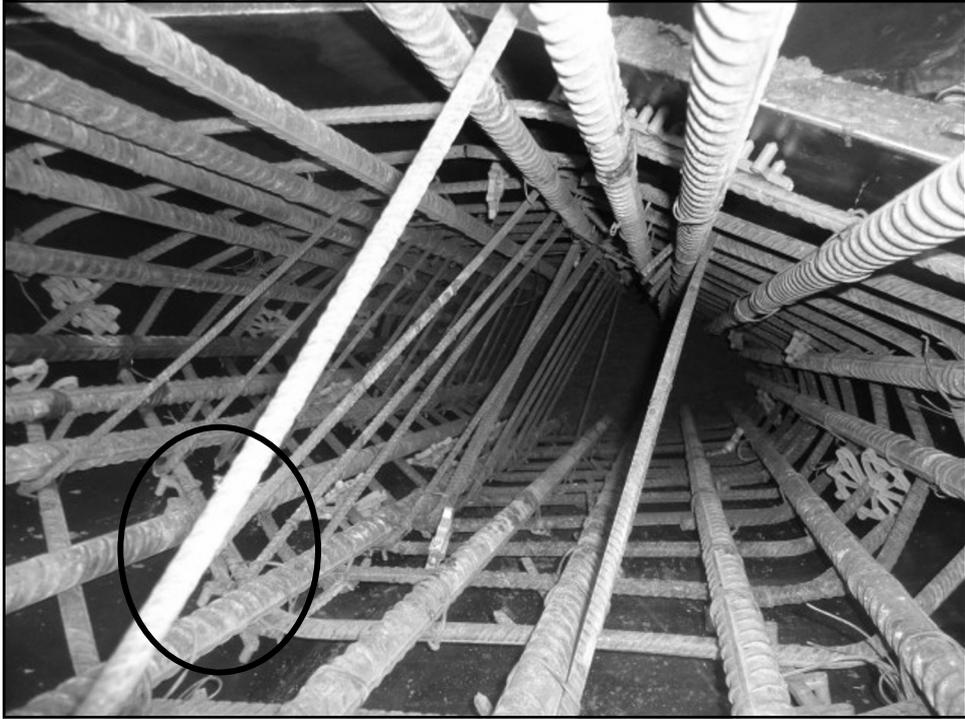
316



317



318



319



320



321



322

Resultado

323



324



325



326



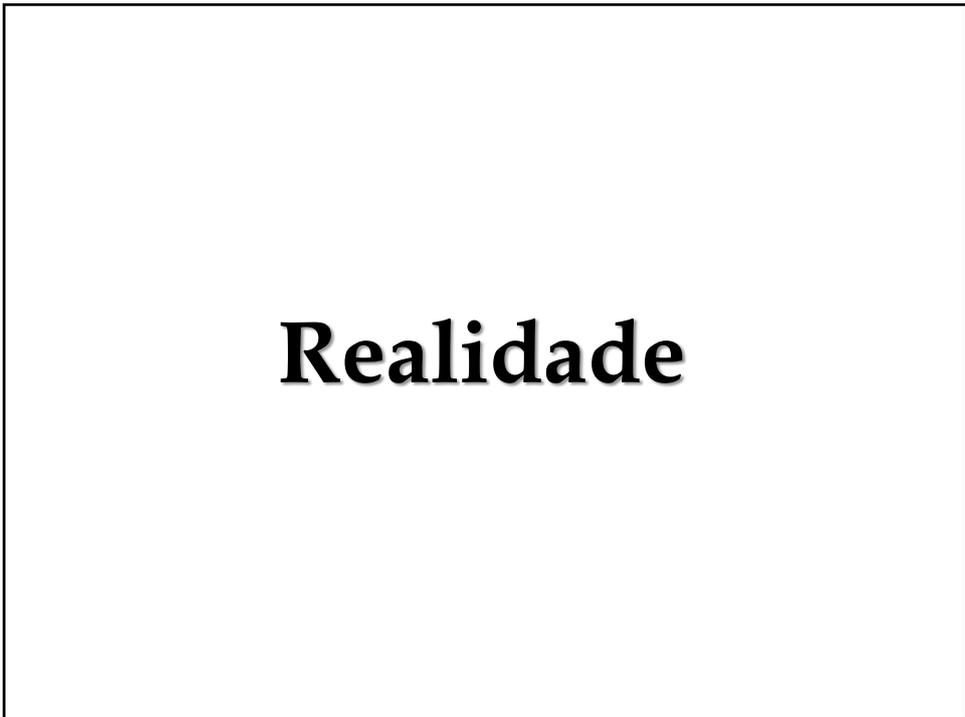
327



328



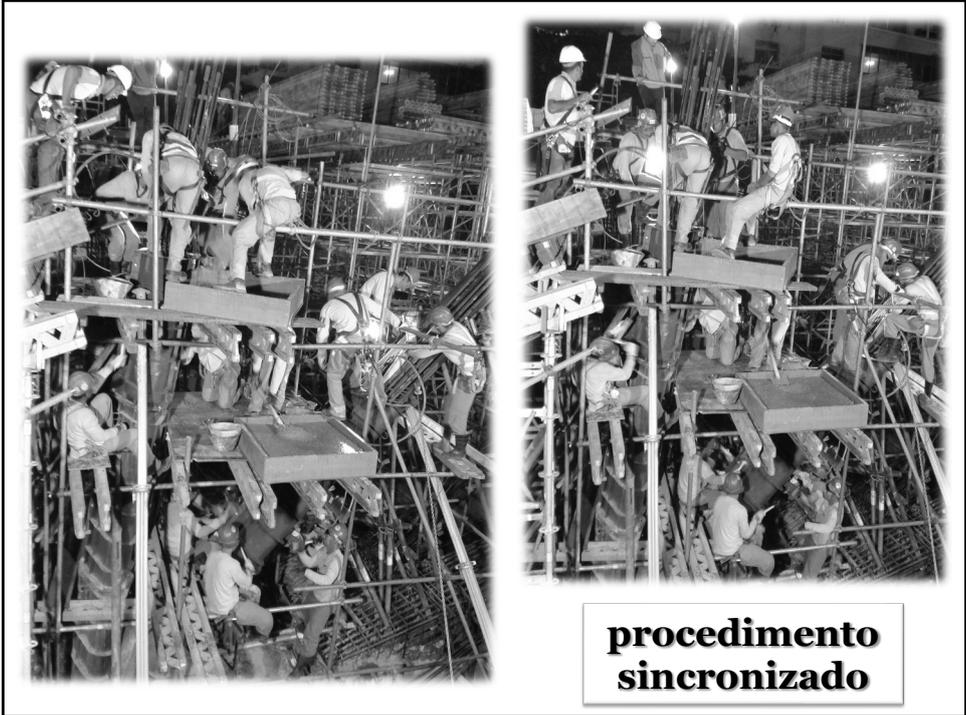
329



330



331



332



333



334



335



336



337



338



339



340



341

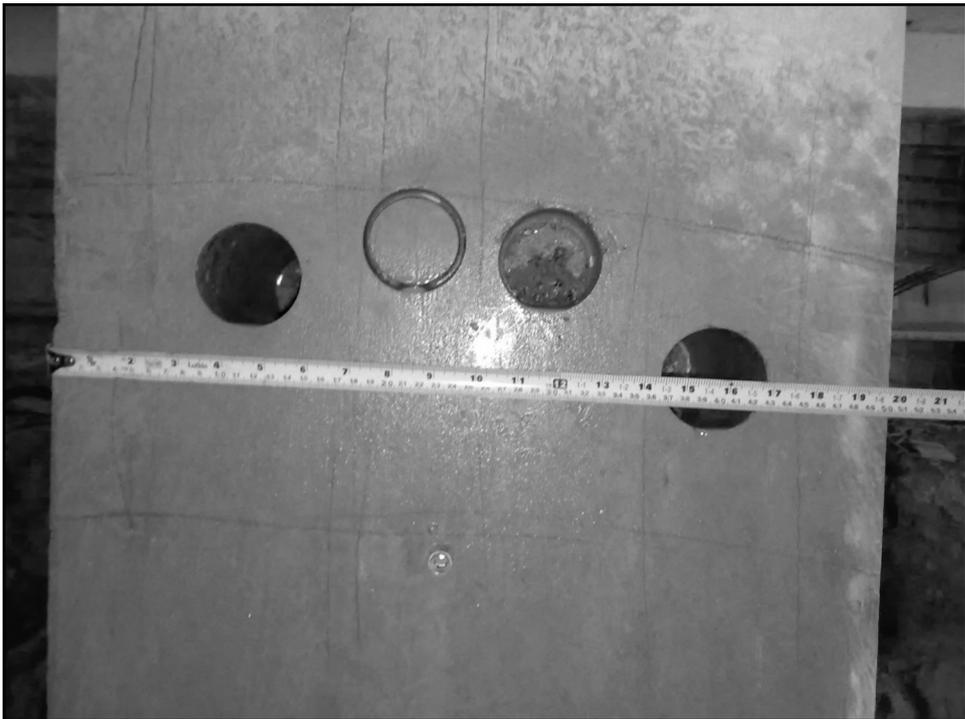
Reflexão (adendo)

**Quando há extração
de testemunhos**

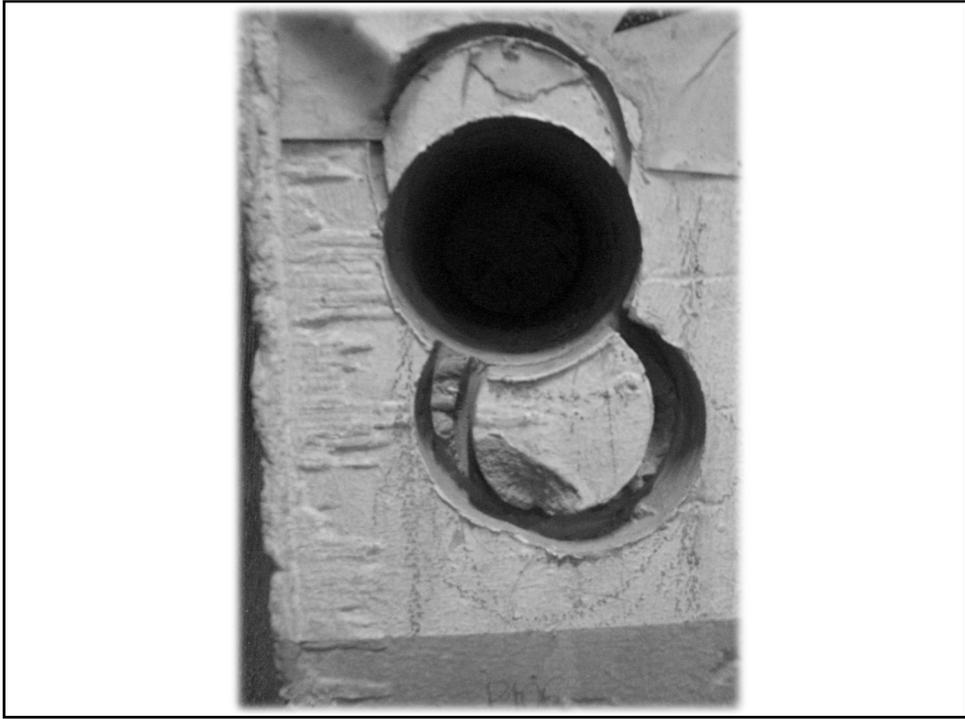
342



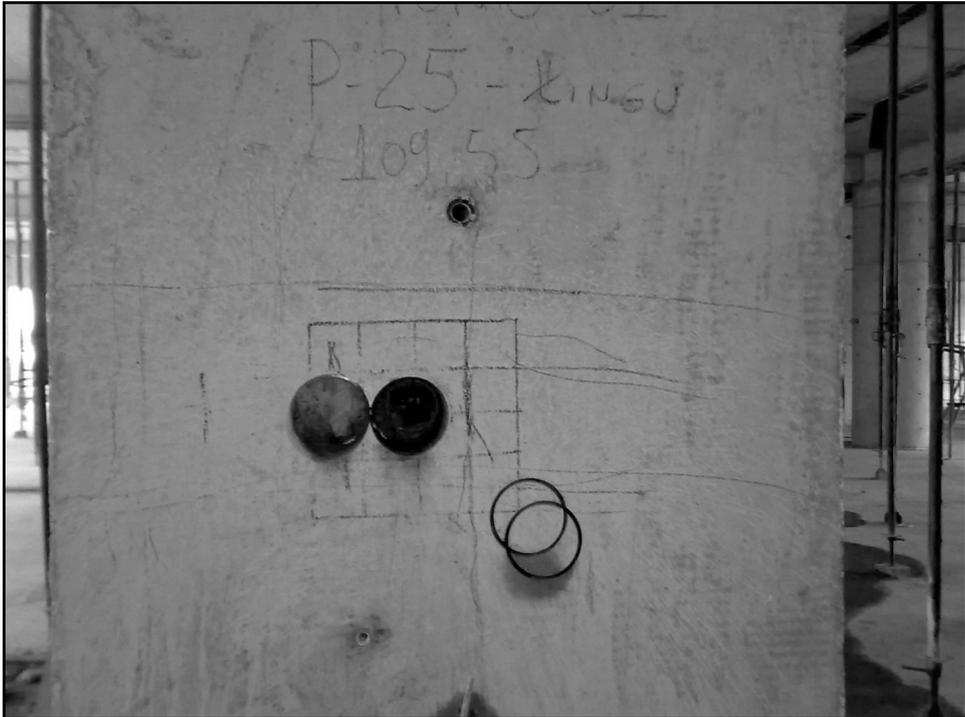
343



344



345



346



347



348



349



350



351



352



353



354



355



356



357



358



359



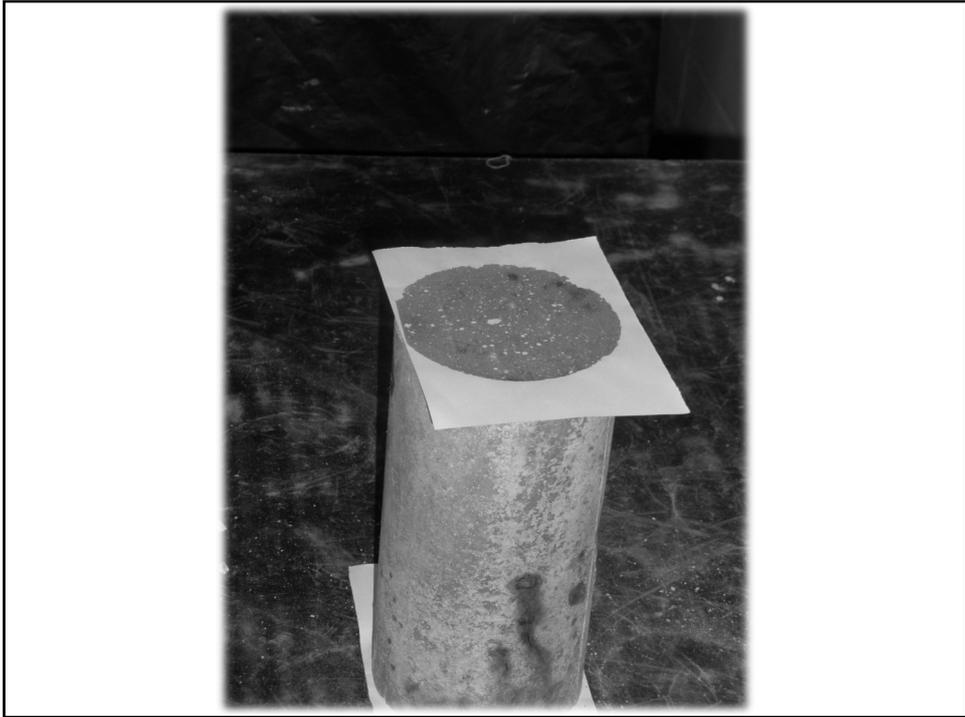
360



361



362



363



364

Adendo

NÃO CONFORMIDADES

ABNT NBR 7680:2015

“Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto”

365

ABNT NBR 7680:2015 $f_{ck,ext,j}$

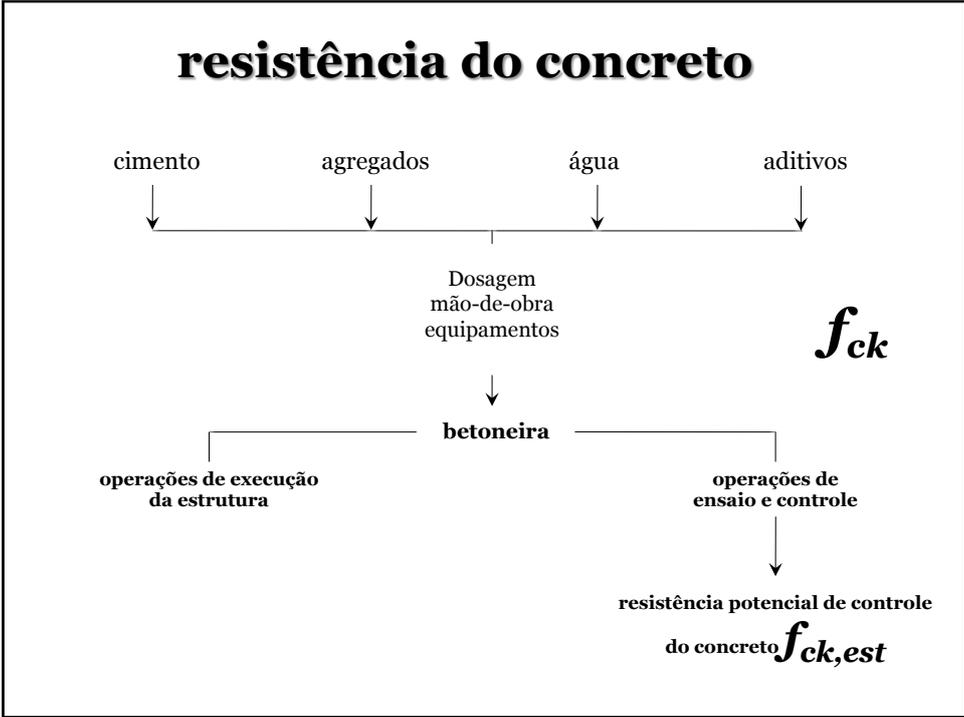
ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

ABNT NBR 12655:2015 $f_{ck,est}$

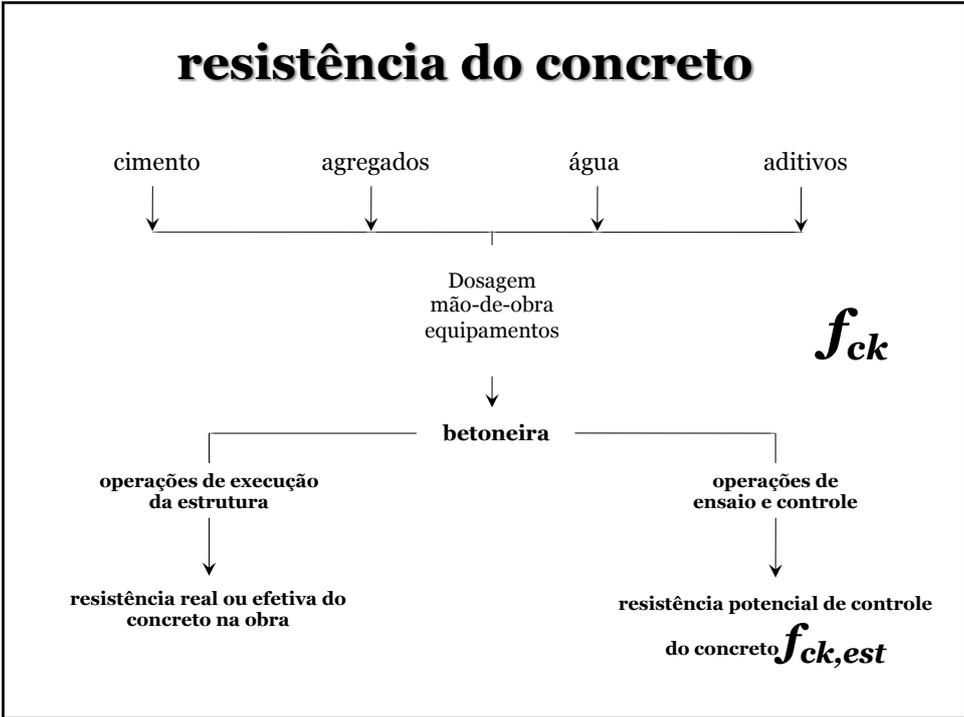
referencial de segurança

f_{ck}

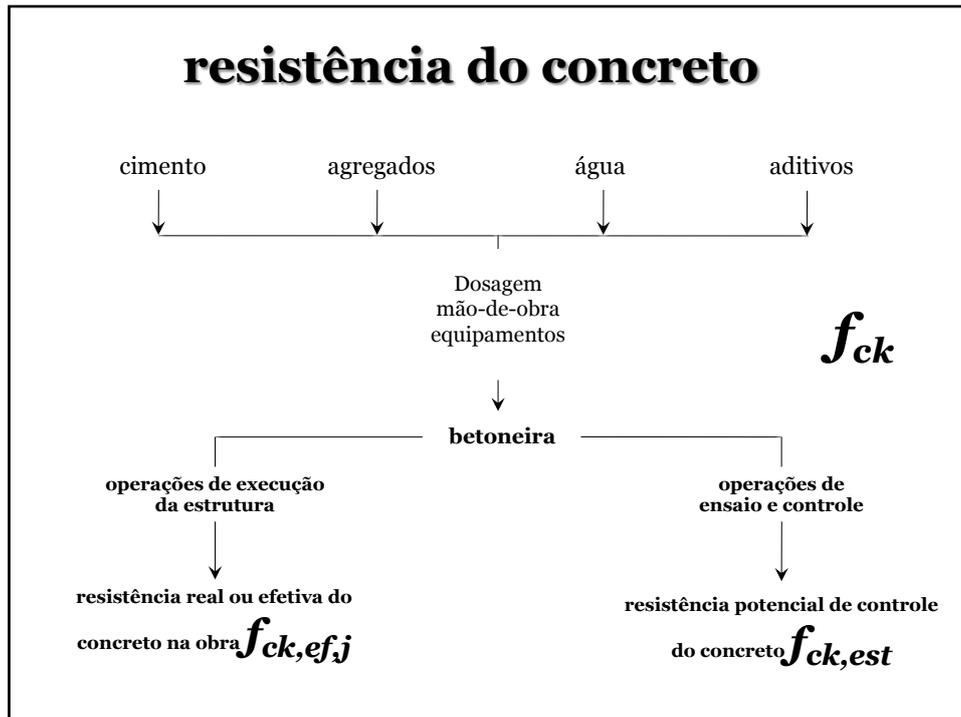
366



369



370



371



372

TESE de DOUTORADO

CREMONINI, R. A. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre as Resistências Potencial e Efetiva do Concreto. São Paulo, EPUSP, 1994.

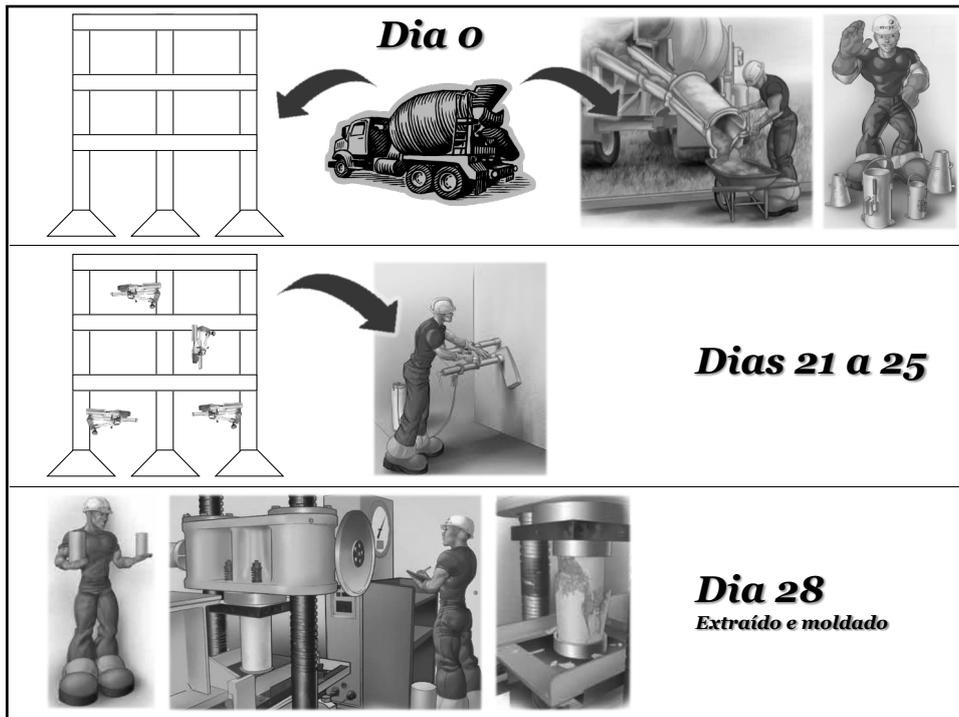
Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

373

OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e efetiva do concreto em obras convencionais de edificação em execução. Contribuição ao estudo do γ_c .
- **Resistência potencial** = corpos de prova cilíndricos moldados ABNT NBR 5738 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*
- **Resistência efetiva** = testemunhos cilíndricos extraídos conforme ABNT NBR 7680 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*

374



375

Conclusões

pilares:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.24$$

lajes & (vigas)

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.20$$

376

Preliminares

Conceitos:

**→ qual o objetivo de uma
investigação com extração
de testemunhos?**

377

Preliminares

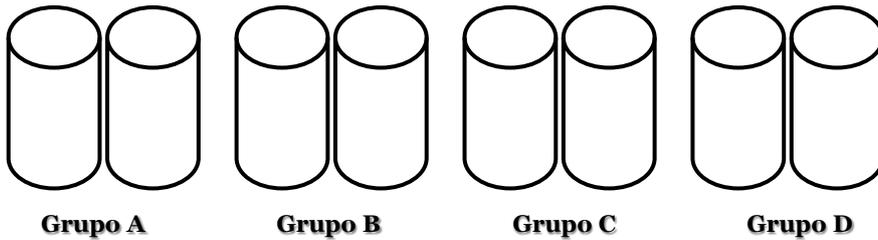
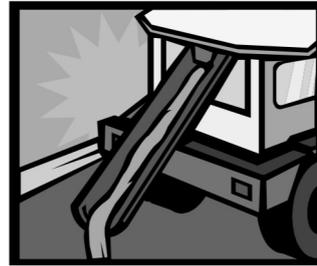
**encontrar um f_{ck} que viabilize revisar a
segurança, ou seja, verificar a
segurança conforme as convenções
universais de projeto estrutural de
ECAs**

378

Como obter a maior resistência à compressão aos 28 dias?

Concreto de uma betonada:
ABNT NBR 12655:2015
ABNT NBR 5738:2015

Moldagem de corpos de prova cilíndricos irmãos, por grupo de pesquisadores



379

quantas resistências tem o concreto de um caminhão betoneira?

f_{c1} f_{c2} f_{c3} f_{c4} f_{c5}

exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

$f_{ck,est} = 48,7\text{MPa}$

“potencial do concreto”

380

quantas resistências tem o concreto
de um caminhão betoneira?

$$f_{c1} \quad f_{c2} \quad f_{c3} \quad f_{c4} \quad f_{c5}$$

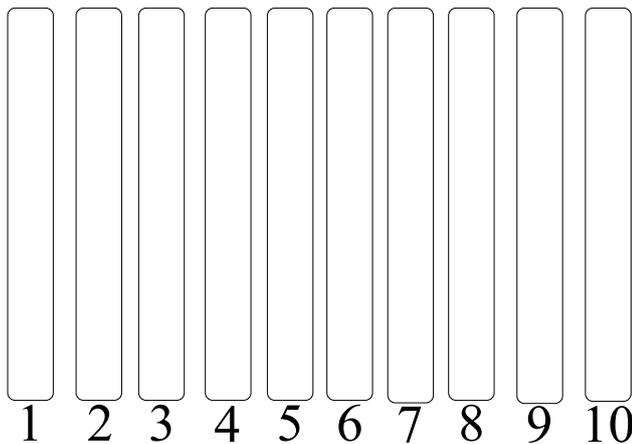
exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

$$f_{ck,est} = 48,7\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 45\text{MPa}$$

381

com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



$$f_{ck}$$
$$45\text{MPa}$$

382

**“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

383



384



385

“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

f_{ck}
45MPa

386

“exsudação”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

f_{ck}
45MPa

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

387

qual a resistência do concreto nos pilares que
estão mais próximas da resistência de controle
(moldado) $f_{ck,est}$?

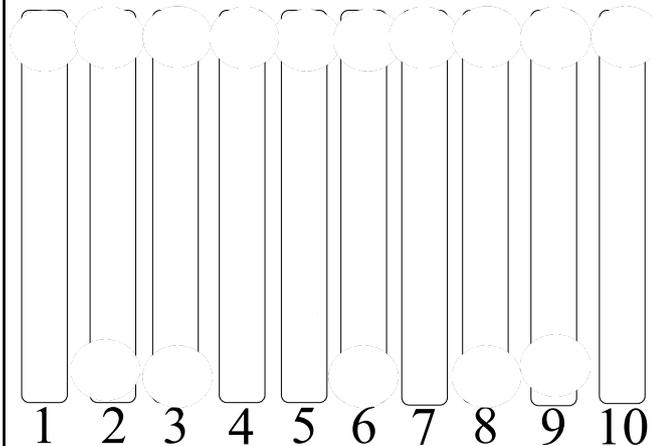
f_{ck}
45MPa

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

388

qual a resistência do concreto nos pilares que estão mais próximas da resistência de controle

(moldado) $f_{ck,est}$?

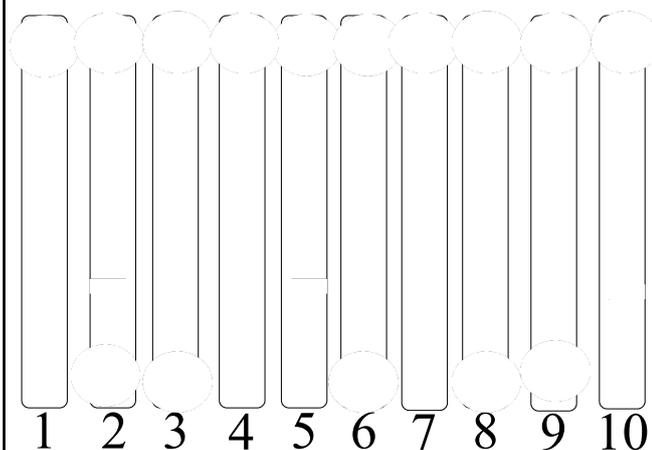


terço inferior

389

qual a resistência obtida de um pilar?

$f_{ck,ext}$?



terço inferior

$f_{ck,ext,1}$

$f_{ck,ext,2}$

$f_{ck,ext,3}$

390

Problema

Qual o f_{ck} a ser adotado para
revisão da segurança
estrutural, uma vez conhecido
o $f_{c,ext,j}$ a qualquer idade j ?

393

ABNT NBR 7680:2015

$$f_{ck,est,j} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est,j}$ = resistência à compressão
característica do concreto equivalente
à obtida de corpos de prova moldados, a j
dias de idade;

394

Coeficientes de correção

ABNT NBR 7680:2015

k_1 = correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d → varia de 0,00 a -0,14;

k_2 = correção devida ao efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho → varia de 0,12 a 0,04;

k_3 = ...

k_4 = ...

395

TESE de DOUTORADO

VIEIRA Filho, J. O. Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento. São Paulo, EPUSP, 2007.

José Orlando Vieira Filho. Prof. Titular UNICAP

396

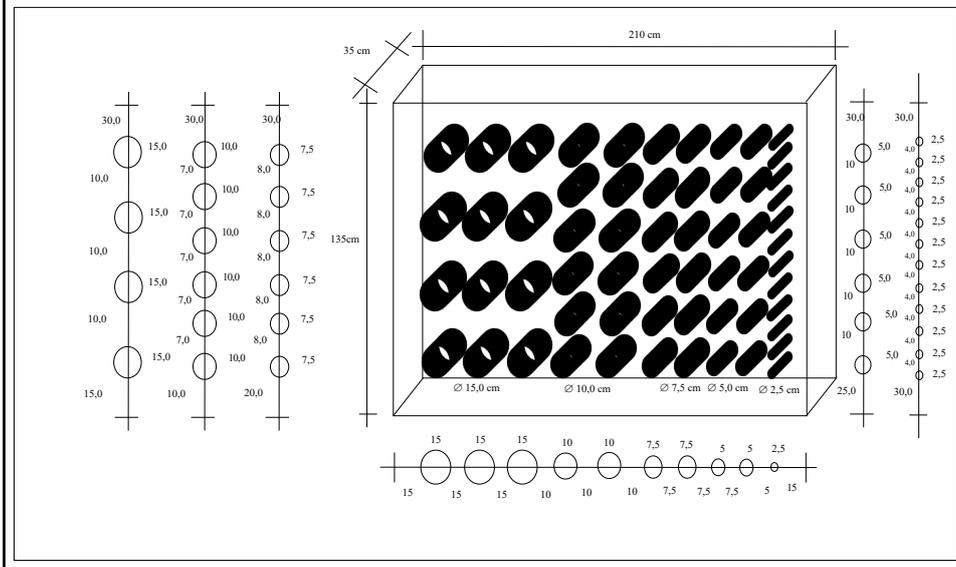


397



398

BLOCO TIPO (210x135x35)cm



399



Parede/bloco perfurada

400

Conclusão

Média geral:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.07$$

401

Coefficientes de correção ABNT NBR 7680:2015

k_1 = correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d → varia de 0,00 a -0,14;

k_2 = correção devida ao efeito de broqueamento em função do diâmetro do testemunho → varia de 0,12 a 0,04;

k_3 = correção em função da direção da extração em relação ao lançamento do concreto → varia de 0 a 0,05;

k_4 = correção em função da umidade do testemunho → varia de 0 a -0,04.

adensamento e cura

402

Cálculos ABNT NBR 7680:2015

$$f_{ck,est,j} = 0,86 \text{ a } 1,17 * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est,j}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

403

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja, transformar $f_{c,ext,j}$ em f_{ck} ?

SIM

NÃO

*verificar a
segurança com o
novo f_{ck}*

voltar a 28dias !

ACI, Eurocode

*verificar a
segurança com o
novo f_{ck}*

*ABNT NBR
6118:2014*

*ABNT NBR
6118:2014*

404

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, 2015, 520p.

Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

R26.12.4.1(d) An average core strength of 85 percent

of the specified strength, based on the curing conditions, and curing conditions. The acceptance criteria for core strengths have been established with consideration that cores for investigating low strength-test results will typically be extracted at an age later than specified for f'_c . For the purpose of satisfying 26.12.4.1(d), this Code does not intend that core strengths be adjusted for the age of the cores.

405

ARGENTINA

Vialidad Nacional, en el Pliego de Especificación Técnica Particular, del Control de Hormigones para Obras de Arte Mayores, en su art.10 dice:

”... no es válido retrotraer o proyectar valores de resistencia de probetas o de testigos de distintos hormigones con fórmulas para la verificación del cumplimiento de exigencias de Pliego, debiendo utilizarse a estos fines y para los estudios estadísticos, únicamente resultados de probetas o testigo a la edad del ensayo. El uso de ecuaciones queda restringido a la aplicación estimativa interna del laboratorio ...”

406

Considerações *(Comunidades TQS e Bahia)*

1. Crescimento vale para CP relaxado na câmara úmida, sem carga, temperatura ideal de 23°C, UR de 100%;
2. Crescimento depende muito do tipo de cimento e das adições;
3. Crescimento depende muito da relação a/c;
4. Crescimento depende da cura, do adensamento, da temperatura, da UR, do sazonalamento, ...

407

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

408



Exemplo

$$f_{ck} = 25\text{MPa}$$

Extração: $f_{cm} = 17,7\text{MPa}$; $s_c = 1,8\text{MPa}$; $v_c = 10,2\%$

n	1	2	3	4	...
$f_{c,ext,j}$	15,4	15,4	17,6	18,1	...

409

Exemplo

aplicando primeiro os coeficientes de ensaio e depois os de segurança

ACI 318	ACI 214.4R	ACI 214.4R	ACI 562	ABNT NBR 7680 & 6118	EN 1992 Eurocode II	EN 1992 Eurocode II
	Tolerance Factor Method	Alternative Method			A.2.2(2) $\gamma_{c,Red3} = 1,35$	A.2.3(1) $\gamma_{c,Red4} = 1,19$
20,4	19,4	19,4	21,0	19,7	19,3	22,7

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

410

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja,

transformar $f_{c,ext,j}$ em f_{ck} ?

NÃO

voltar a 28dias !

COMO ???

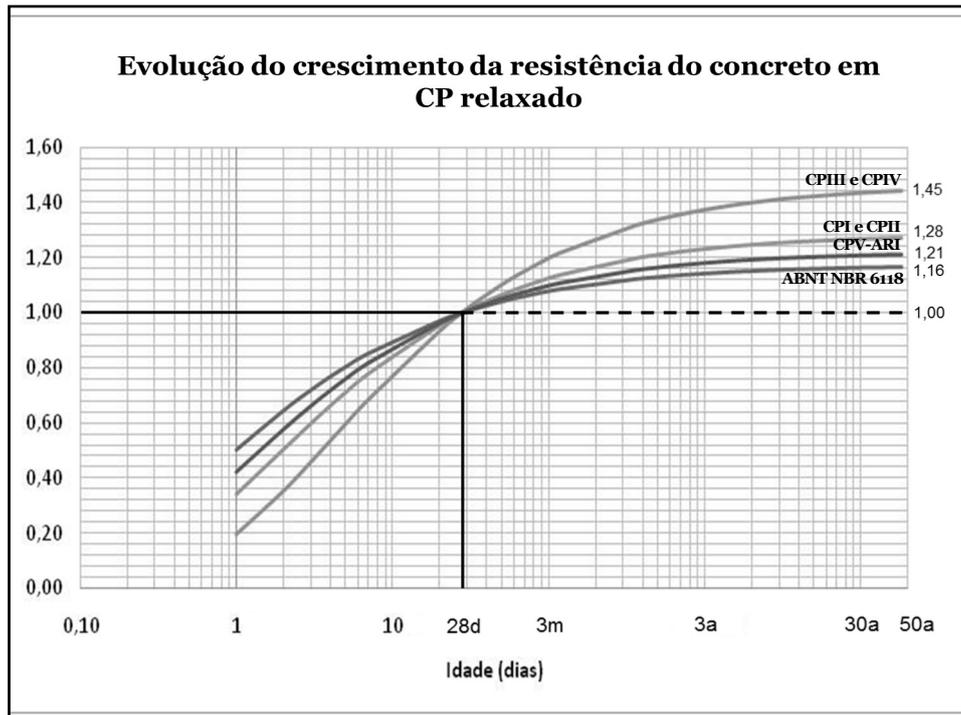
411

onde j é a idade do concreto em dias.

Crescimento da Resistência

$$\beta_{cc,28 \rightarrow j} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{\left\{0,16 \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{28}{j}}\right]\right\}}$$

412



413

Decréscimo da Resistência (efeito Rüsçh)

$$\beta_{c,sus,28 \rightarrow j} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = 0,96 - 0,12 \sqrt[4]{\ln[72(j - 28)]}$$

→ **j** em dias
→ **j - 28** > 15 minutos

414

Considerações *(Comunidades TQS e Bahia)*

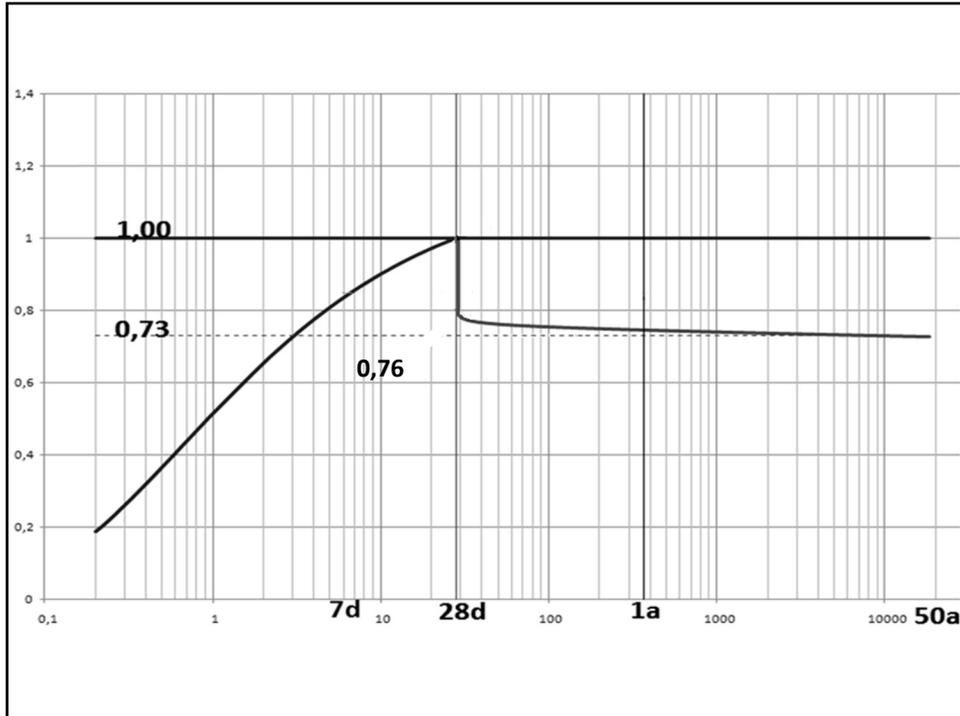
1. Qual a carga que realmente começa a reduzir a resistência?
2. Modelo para uma condição idealizada de laboratório?
3. Qual a história efetiva de carregamento?
4. Teria influência a cura, adensamento, temperatura, UR, cargas cíclicas, carbonatação,...

415

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

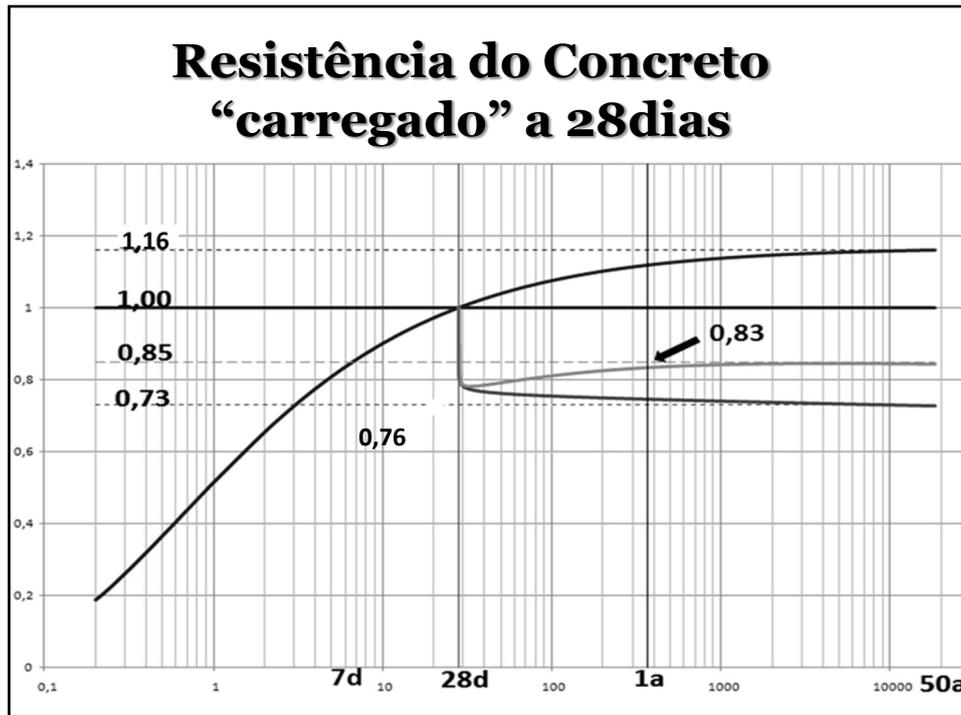
416



417

**Combinando crescimento
com decréscimo a partir
de 28dias ?**

418



419

Problema

$$f_{ck,est,j} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] * k_5 * k_6 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

420

onde j é a idade do concreto em dias.

Retorno a 28 dias

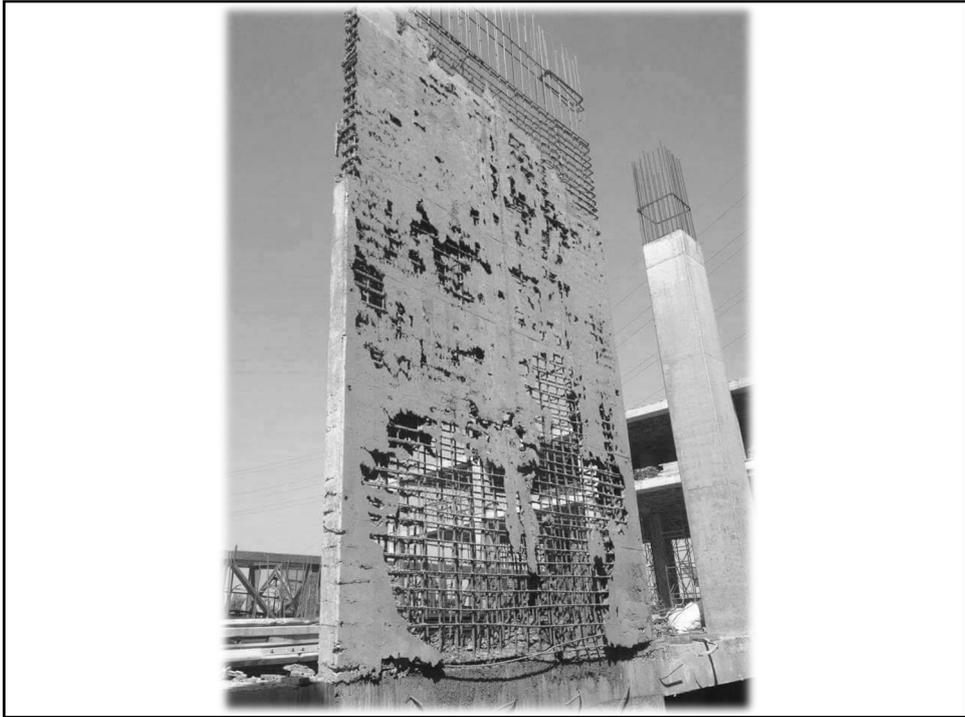
$$k_5 = \left\{ e \left[0.16 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right) \right] \right\}^{-1}$$

$$k_6 = \left\{ 0.96 - 0.12 \sqrt[4]{\ln[72(j - 28)]} \right\}^{-1}$$

421

**qualidade e
segurança da
obra...**

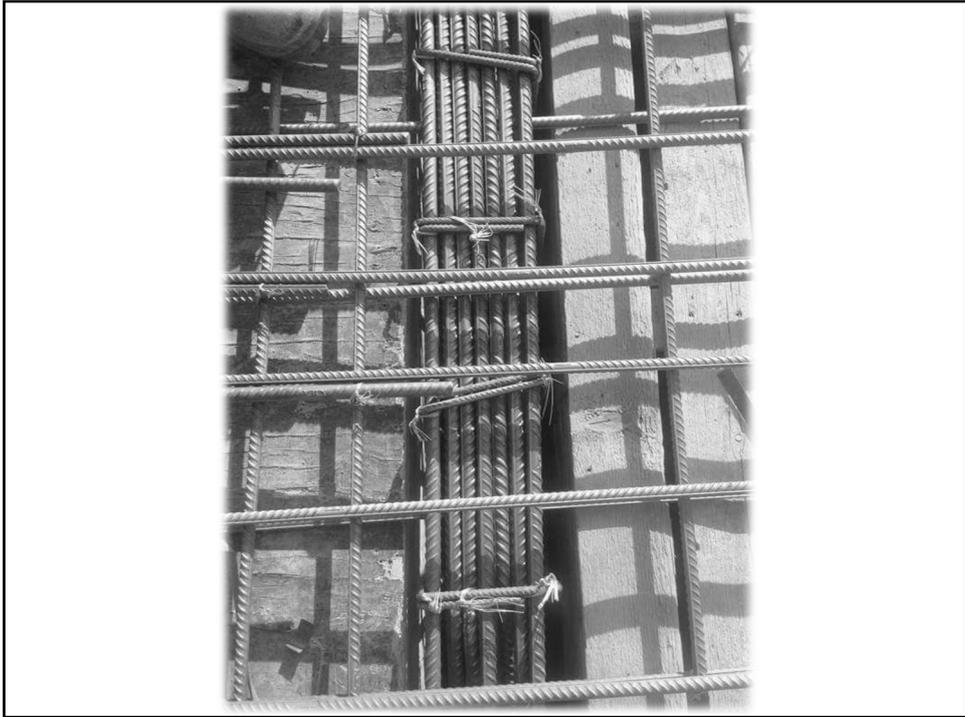
422



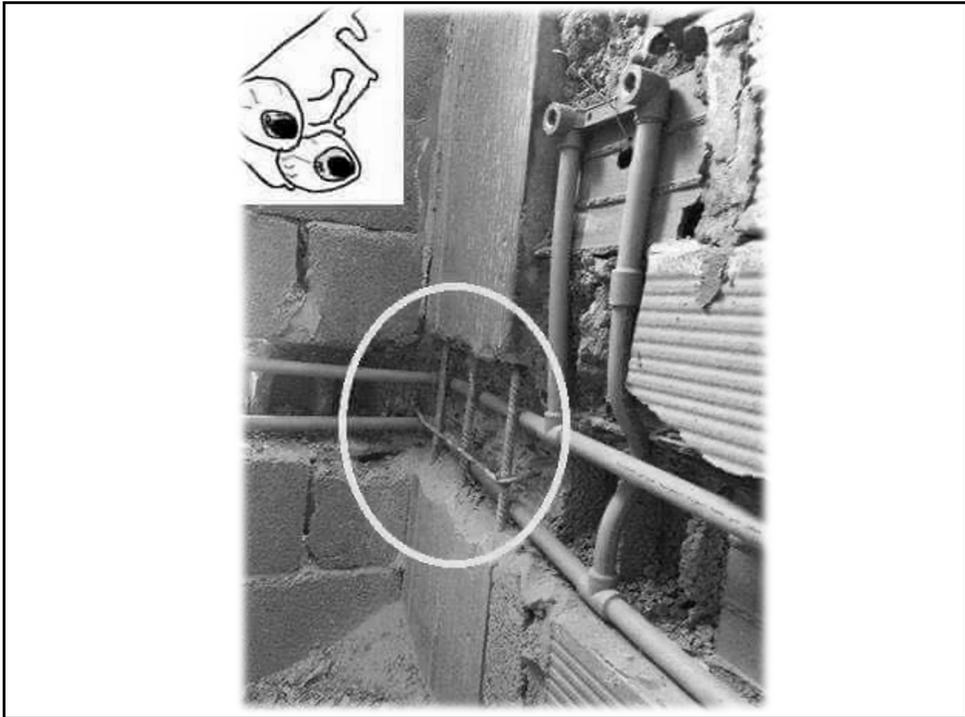
423



424



425



426



427



428



429

Conformidade do Concreto

***Consultores, Projetistas,
Controladores, Gerenciadores,
Construtores, Fiscais***

***Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Ignorância
(omissão e despreparo)***

430

Conformidade do Concreto

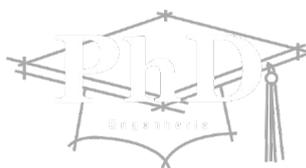
**Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais**

**Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Ignorância
(omissão e despreparo)**

**“não há tecnologia
que resolva...”**

431

OBRIGADO!



“do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras”

www.phd.eng.br

**11-2501-4822 / 23
11-95045-5408**

432