



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente de Honra ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU e SEESP*

Barra da Tijuca

11 de novembro de 2016

Rio de Janeiro/RJ

1

Aviso!



2

Intervenientes



**projetista
estrutural**



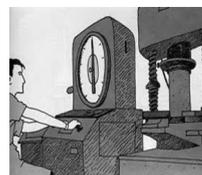
**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(controle)**

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

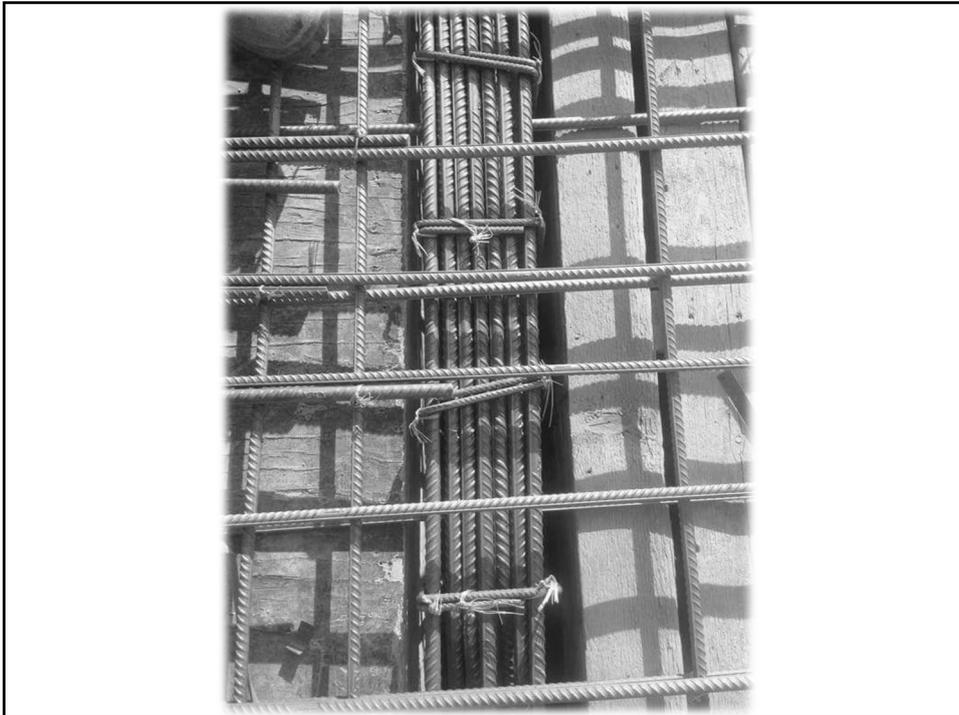
3

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

4

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

5



6

PROJETO

ABNT NBR 6118:2014
*“Projeto de estruturas de concreto –
Procedimento”*

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

ABNT NBR 15575-1:2013
*“Edificações habitacionais – Desempenho
Parte 1: Requisitos gerais”*

7

ABNT NBR 15575-1:2013 ***“descreve responsabilidades”***

5. INCUMBÊNCIAS DOS INTERVENIENTES

✓ *Projetista:*

- estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP);
- especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido;
- solicitar informações ao fabricante para balizar as decisões de especificação quando não existirem normas específicas;
- inserir nos projetos ou memoriais de cálculo a consideração de VUPs maiores que os mínimos estabelecidos nesta norma.

8

ABNT NBR 12655

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

9

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ Profissional responsável pelo projeto estrutural

Cabem a este profissional as seguintes responsabilidades, a serem explicitadas nos contratos e em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente, com remissão explícita para determinado desenho ou folha da memória:

- registro da resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} , obrigatório em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente;*
- especificação de f_{ckj} para as etapas construtivas, como retirada de cimbramento, aplicação de protensão ou manuseio de pré-moldados;*
- especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e elementos pré-moldados, durante sua vida útil, inclusive a classe de agressividade adotada em projeto (Tabela 1 e 2);*
- especificação dos requisitos correspondentes às **propriedades especiais** do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura.*

10

ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2015

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

11

ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2015

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

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.
CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

12

ABNT NBR 6118:2014

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

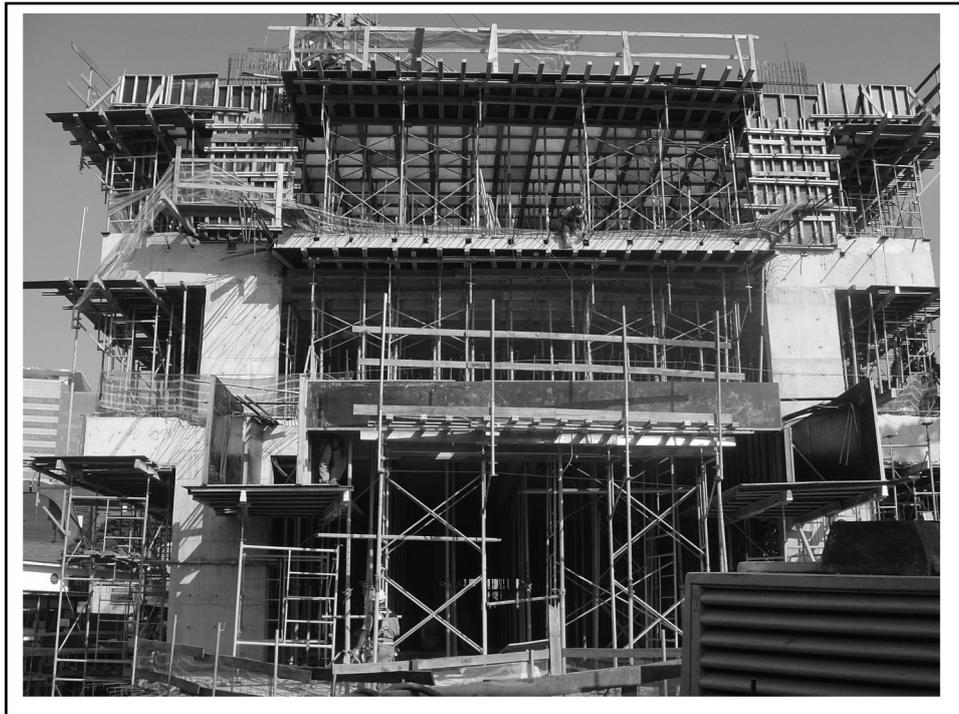
Para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na Tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5 mm.

13

Propriedades especiais do concreto

- *módulo de elasticidade (E_c);*
- *massa específica;*
- *absorção de água;*
- *teor de ar;*
- *porosidade;*
- *resistência à abrasão;*
- *dureza superficial;*
- *consistência;*
- *tempo de pega inicial e final;*
- *outras, relacionadas à durabilidade ou ao comportamento mecânico do material (cimbramento).*

14



15

Shopping Center

11.06.2013

colapsou 40.000m²

4 lajes protendidas

3 pavimentos

vãos 7,5m x 7,5m

obra em construção

16



17



18



19



20



21

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

22

Investigação:

Qual é o Concreto Estrutural mais Sustentável?

$$f_{ck} = 25\text{MPa (250kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_{ck} = 30\text{MPa (300kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_{ck} = 35 ; 40 ; 45 \text{ e } 50 \text{ MPa}$$

23

Investigação: edifício em Concreto Armado

Conclusão:

Para todas as categorias de impacto, a estrutura de f_{ck} 45 MPa é ambientalmente a melhor, a que causa os mínimos impactos ao meio ambiente

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

24



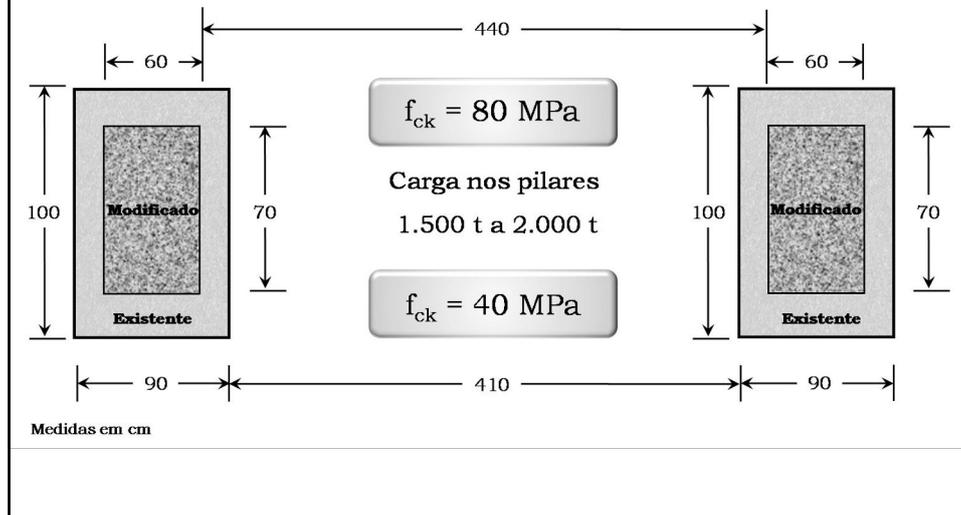
25

e-Tower

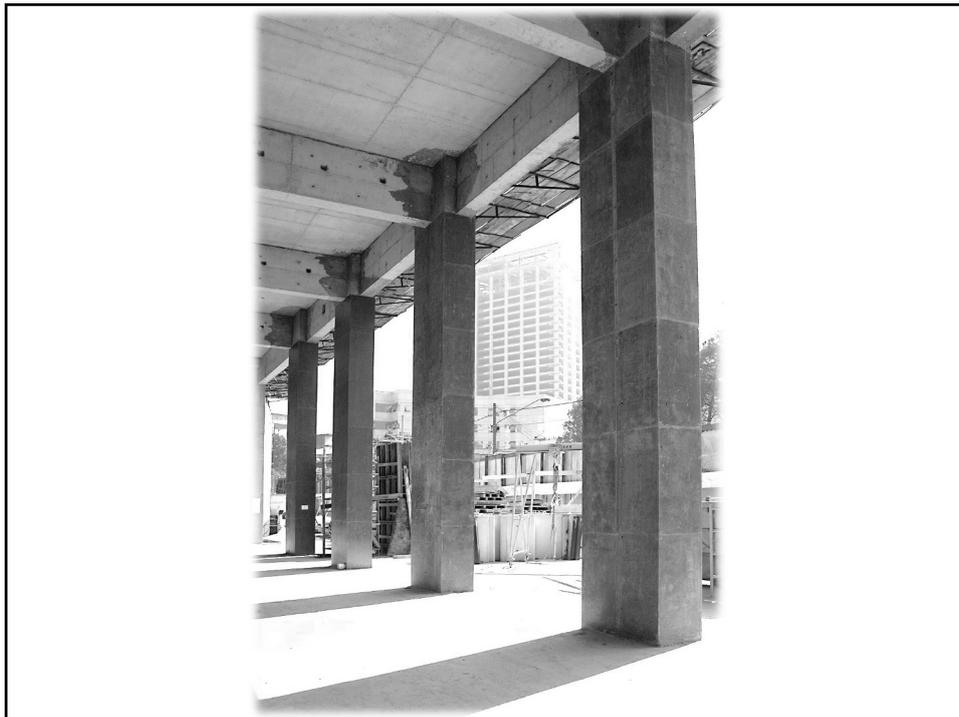
- Edifício e-Tower SP
- 42 andares
- Heliporto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de ginástica
- 2 restaurantes
- concreto colorido
- f_{ck} pilares = 80MPa

26

Projeto estrutural (e-Tower)



27



28

Controle



29



30

Economia de Recursos Naturais

Original:

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

$$\text{seção transversal} \rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm} \\ = 0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_{ck} = 80\text{MPa}$$

$$\text{seção transversal} \rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm} \\ = \mathbf{0,42\text{m}^2}$$

31

Sustentabilidade



- **70% menos areia**
- **70% menos brita**
- **53% menos concreto**
- **53% menos água**
- **20% menos cimento**
- **31% menos área de forma**

32

Sustentabilidade



- **25% mais reaproveitamento de forma**
 - **43% menos aço**
 - **16 carros/vagas a mais**
 - **10x vida útil**
- **100% desforma mais rápida**

33

Conceito de rendimento:

Considerando apenas o consumo de cimento:

de 120MPa → 4 kg/MPa
→ 1,2kg Clinker / MPa

40MPa → 8 kg/MPa
→ 2,4kg Clinker / MPa

20MPa → 12 kg/MPa
→ 3,6kg Clinker / MPa

34

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

35

CENTRAL DE CONCRETO

ABNT NBR 7212:2012

*“Execução de concreto dosado em central –
Procedimento”*

36

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem:

A empresa de serviços de concretagem deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo de concreto, bem como as disposições desta Norma e da ABNT NBR 7212.

37

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.1 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

O armazenamento deve ser feito em locais ou recipientes apropriados, de modo a não permitir a contaminação por elementos indesejáveis, evitando a alteração ou a mistura de componentes com características e de procedências diferentes.

4.2 Calibração dos equipamentos

As balanças devem atender à portaria vigente do Inmetro, para classe 3. Os dosadores volumétricos de água e aditivos devem ser calibrados periodicamente, de forma a assegurar que a diferença entre o volume nominal e o registrado seja igual ou inferior a 2% do primeiro.

Devem ser executadas calibrações frequentes:

- *centrais com células de carga: no máximo a cada 6 meses;*
- *centrais com transmissão mecânica: no máximo a cada 3 meses;*
- *em obras especiais (barragens, pontes e túneis): em função do volume de concreto preparado.*

38

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.3 Dosagem dos materiais componentes do concreto

Os desvios tolerados para as dosagens dos materiais componentes do concreto são devidos somente a variações de pesagem intrínsecas à operação.

- **agregados** → 3% da massa ou 1% da capacidade da balança (adotar o menor valor)
- **cimento** → 1% da capacidade da balança (dosagens iguais ou superiores a 30% da capacidade da balança) ou 4% do valor nominal da massa (dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança)
- **água** → 3% do valor nominal da massa ou volume. Essa quantidade compreende, além da água adicionada, a devida à umidade dos agregados, a utilizada para dissolução dos aditivos e a adicionada sob a forma de gelo.
- **aditivos** → 5% da quantidade nominal da massa (dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança)
- **outros materiais** → de acordo com as tolerâncias do fornecedor

39

Exemplo

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

$$\text{Cimento} = 280 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 845 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1036 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 210 \text{ L/m}^3$$

$$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$$

$$\mu = 3\%$$

$$845 \times 0,03 = 25,35\text{L}$$

$$\frac{25,35}{210} \times 100 = \mathbf{12\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$845 \times 0,05 = 42,25\text{L}$$

$$\frac{42,25}{210} \times 100 = \mathbf{20\%}$$

$$f_{ck} = 50\text{MPa}$$

$$\text{Cimento} = 480 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 801 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1010 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 160 \text{ L/m}^3$$

$$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$$

$$\mu = 3\%$$

$$801 \times 0,03 = 24,03\text{L}$$

$$\frac{24,03}{160} \times 100 = \mathbf{15\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$801 \times 0,05 = 40,05\text{L}$$

$$\frac{40,05}{160} \times 100 = \mathbf{25\%}$$

40

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.4 Mistura

O volume de concreto não pode exceder a capacidade nominal de mistura do equipamento, conforme especificação do fabricante.

Os equipamentos devem ser verificados quanto ao desgaste das pás, estanqueidade do misturador, velocidade e tempo de mistura e aderência limpeza do misturador, a fim de assegurar a eficiência necessária da mistura.

Devem ser obedecidas as especificações dos equipamentos no que diz respeito ao tempo de mistura, velocidade, número de rotações e capacidade volumétrica.

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.*

41

ABNT NBR 7212:2012

4. REQUISITOS GERAIS

4.5 Transporte e lançamento do concreto

4.5.2 Período de tempo para o transporte

O tempo de transporte do concreto decorrido entre o início da mistura, a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto deve ser:[...]

b) inferior a 90min, no caso do emprego de caminhão betoneira; [...]

4.5.3 Período de tempo para as operações de lançamento e adensamento do concreto

O lançamento e adensamento do concreto devem ser:[...]

b) realizados em tempo inferior a 150min, contado a partir da primeira adição de água, no caso de emprego de caminhão betoneira. Decorridos 150min contados a partir da primeira adição de água, fica a empresa prestadora de serviços de concretagem eximida de responsabilidade do concreto aplicado. [...]

*Se esses prazos não foram atendidos, **cabe à contratante recusar o recebimento.***

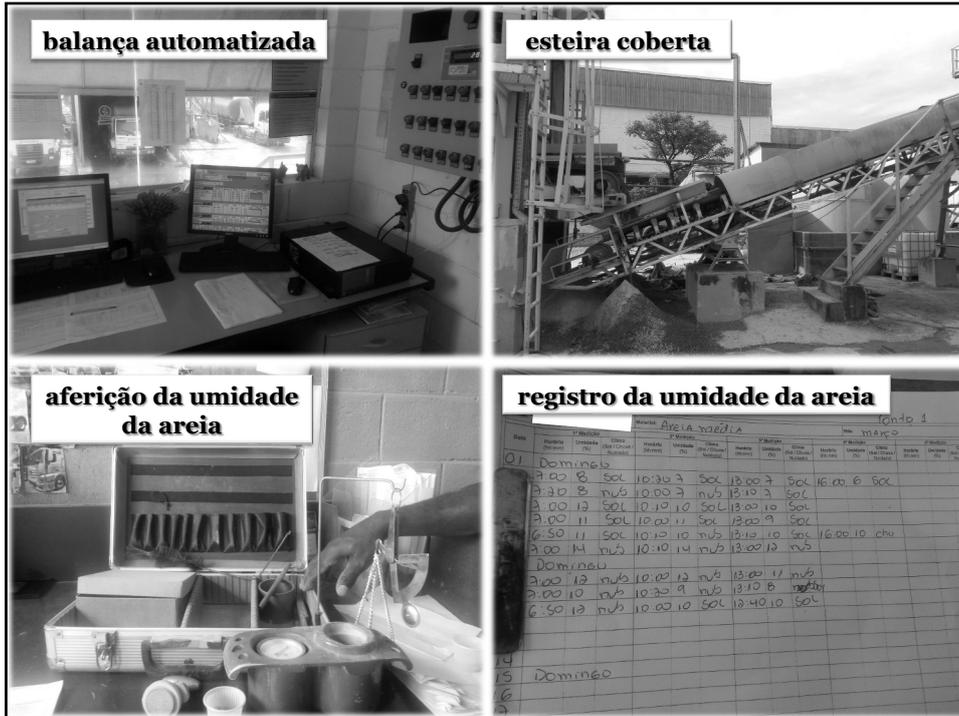
42



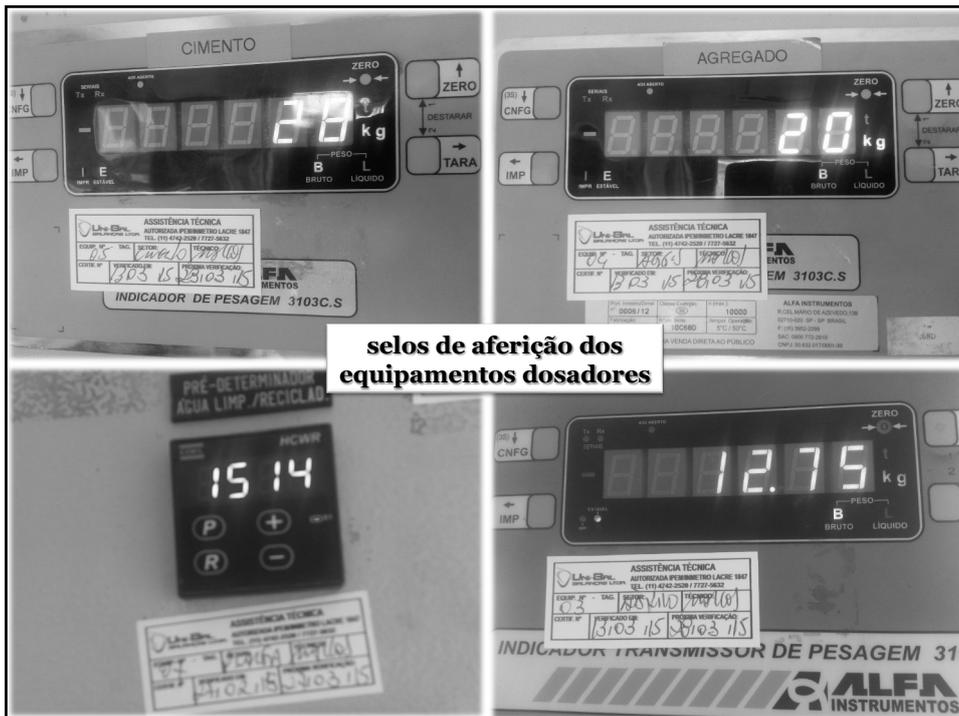
43



44

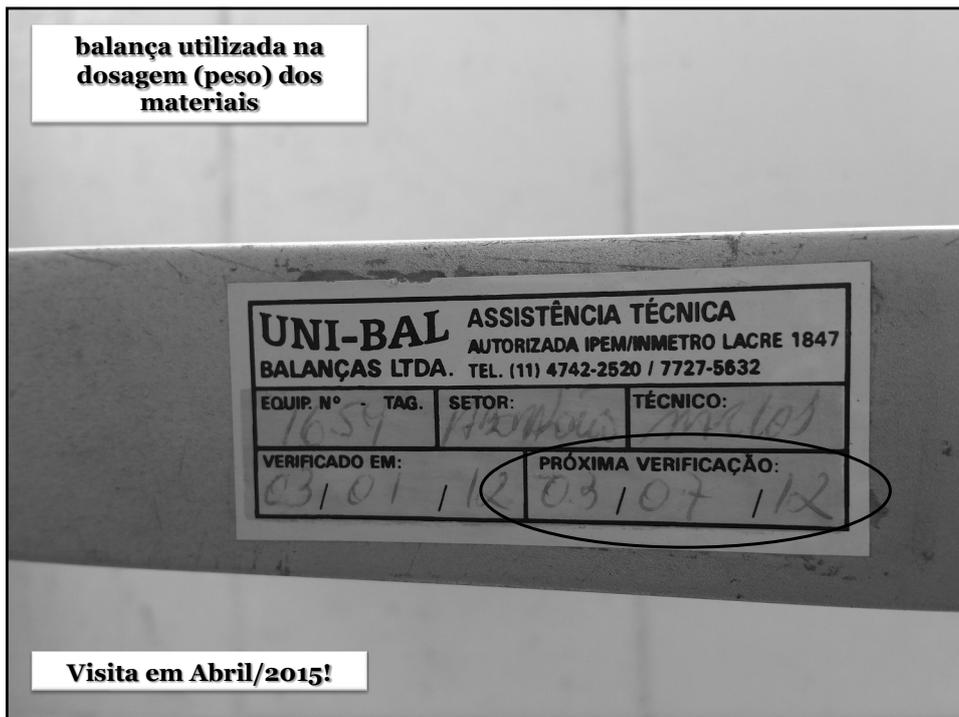


45



46

**balança utilizada na
dosagem (peso) dos
materiais**



Visita em Abril/2015!

47

**limpeza do balão do
caminhão betoneira**



48



49



50



51



52

**Lavagem das esteiras
(concreto aparente)**



53

Aditivos



54

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

55

DOSAGEM

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

56

ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

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

referencial de segurança
 f_{ck}

57

Estudo de dosagem do concreto

Racional e experimental:

- ✓ Concreto de classe C20 ou superior (ABNT NBR 8953:2015);
- ✓ Estudo realizado com antecedência e com os mesmos materiais e condições semelhantes àquelas da obra;
- ✓ Refazer o estudo de dosagem no caso de mudança da marca, tipo ou classe do cimento, procedência e qualidade dos agregados e demais materiais;
- ✓ Concreto autoadensável (CAA); ABNT NBR 15823:2010.

Dosagem empírica:

- ✓ Concreto de classes C10 e C15;
- ✓ Consumo mínimo de cimento: 300kg/m³.

58

Estudo de dosagem experimental do concreto



HELENE, Paulo & TERZIAN, Paulo. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo, PINI/ SENAI, 1993. 189p. Método IBRACON



59

Estudo de dosagem do concreto

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade durante a construção, que é medida pelo desvio-padrão, e levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j} \longrightarrow \text{dependente da condição de preparo}$$

onde

$f_{cm,j}$ é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

$f_{ck,j}$ é a resistência característica do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

$s_{d,j}$ é o desvio-padrão da dosagem, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

60

Condições de preparo do concreto

Condição de preparo	Classe do concreto	Cimento	Agregados	Água	Correção da água em função da umidade dos agregados
A	todas	massa	massa	massa ou volume	sim
B	C10 a C20	massa	volume	volume	sim
C	C10 e C15	massa	volume	volume	estimada

61

Desvio padrão

Concreto com desvio-padrão conhecido:

- ✓ Deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias;
- ✓ Em nenhum caso, o valor de s_d adotado pode ser menor que 2MPa.

Concreto com desvio-padrão desconhecido:

Tabela 6 – Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão MPa
A	4,0
B	5,5
C	7,0

62

Exemplo - obtenção de $f_{cm,j}$

condição de preparo: A

Para um f_{ck} de: $f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j}$ CV

20 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 20 + 1,65 \times 4 = 26,6$ MPa 15%

30 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 30 + 1,65 \times 4 = 36,6$ MPa 10%

50 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 50 + 1,65 \times 4 = 56,6$ MPa 7%

...e quando a amostragem é total?

63

Exemplo - obtenção de $f_{cm,j}$

condição de preparo: A

Para um f_{ck} de: $f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j}$ CV

20 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 20 + 1,65 \times 2 = 23,3$ MPa 7,5%

30 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 30 + 1,65 \times 2 = 33,3$ MPa 5,0%

50 MPa $\Rightarrow f_{cm,j} = 50 + 1,65 \times 2 = 53,3$ MPa 3,5% !!!!!

64

Ajuste e comprovação do traço

- ✓ **Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem.**



**evento
protótipo**

65

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

66

INSUMOS (MATERIAIS)

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

67

Requisitos dos materiais componentes



68

ABNT NBR 12655:2015

5.1.1 REQUISITOS PARA OS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

➤ **Cimento Portland**

Conforme seu tipo e classe, deve cumprir com os requisitos das: ABNT NBR 5732, ANBT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116.

➤ **Agregados**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 7211.

➤ **Reatividade com álcalis**

Devem ser obedecidos os requisitos da ABNT NBR 15577-1.

➤ **Água**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1.

➤ **Aditivos**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768.

➤ **Sílica ativa**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 13956-1.

➤ **Metacaulim**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15894-1.

➤ **Outros materiais pozolânicos**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 12653.

69



RAA: ABNT NBR 15577:2008

70

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

71

CARTA DE TRAÇO

ABNT NBR 7212:2012
“Execução de concreto dosado em central —
Procedimento”

72

ABNT NBR 7212:2012

5.4 CARTA DE TRAÇO

A carta de traço deve conter:

- a) Data de elaboração da carta de traço;*
- b) Código de identificação do traço;*
- c) Especificações do concreto;*
- d) Materiais utilizados;*
- e) Fornecedores de insumos;*
- f) Quantidade em massa de cada componente;*
- g) Assinatura do responsável técnico*

73

Recomendações

A carta de traço submetida pela(s) empresa(s) fornecedora(s) de concreto à Construtora deverá descrever, no mínimo:

- o traço em massa seca de materiais por m³ de concreto adensado;
- a massa específica do concreto em kg/m³;
- os consumos de cimento por m³;
- o teor de argamassa seca;
- o D_{max} do agregado graúdo;
- a consistência do concreto fresco (*slump*) ou classe de espalhamento (se autoadensável);
- a classe de concreto (C20; C25; C30; C35; C40; C45 ou C50) de acordo com a ABNT NBR 8953:2015 “*Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*”;
- o módulo de elasticidade secante ou tangente inicial do concreto em GPa (ideal secante);
- o consumo de água por m³;
- a relação água/materiais cimentícios (quando for o caso);
- o consumo de materiais cimentícios (quando for o caso) por m³;
- a classe de agressividade à qual esse concreto atende;
- outras características e propriedades requeridas do concreto para casos específicos, como uso de gelo, pigmentos, impermeabilizantes por cristalização integral ou fibras sintéticas especiais.

74

ABNT NBR 8953:2015

Tabela 2 – Classes de consistência

Classe	Abatimento mm	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

NOTA 1 De comum acordo entre as partes, podem ser criadas classes especiais de consistência, explicitando a respectiva faixa de variação do abatimento.

NOTA 2 Os exemplos desta Tabela são ilustrativos e não abrangem todos os tipos de aplicações.

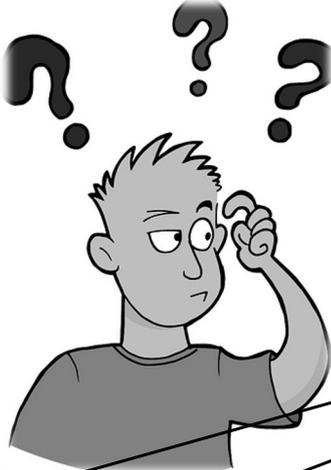
75

ABNT NBR 15823-1:2010

Tabela A.1 — Classes de espalhamento do CAA em função de sua aplicação

Classe de espalhamento	Espalhamento mm	Aplicação	Exemplo
SF 1	550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto com deslocamento livre Concreto auto-adensável bombeado Estruturas que exigem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto-adensável	Lajes Revestimento de túneis Estacas e certas fundações profundas
SF 2	660 a 750	Adequada para a maioria das aplicações correntes	Paredes, vigas, pilares e outras
SF 3	760 a 850	Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com o uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5 mm)	Pilares-parede Paredes-diafragma Pilares

76



Campinas, 26 de Novembro de 2014.

FCK 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
4254376	AREIA MEDIA	439	Kg
4345276	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.

77

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

78

CONTROLE DE RECEBIMENTO

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

79

Ensaio de controle de recebimento (consistência)

✓ Conforme ABNT NBR NM 67:1998

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

80



Cone de Abrams
Slump-test ou Abatimento

81



82



83



84



85



86



87



88

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

89

CONTROLE DE ACEITAÇÃO

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

90

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

91

**Universo
População
Lote**

amostra

**unidade de produto
unidade de controle**

exemplares

corpo de prova

92

Unidade de Produto
Unidade de Controle

Pneu



- **massa de cada pneu**
- **pressão de cada pneu**

93

Unidade de Produto
Unidade de Controle

Bolinha de gude



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

94

Unidade de Produto
Unidade de Controle
Concreto



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

95

CONCRETO
Unidade de Produto

betonada
amassada
mistura-traço

CONCRETO
Unidade de Controle

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

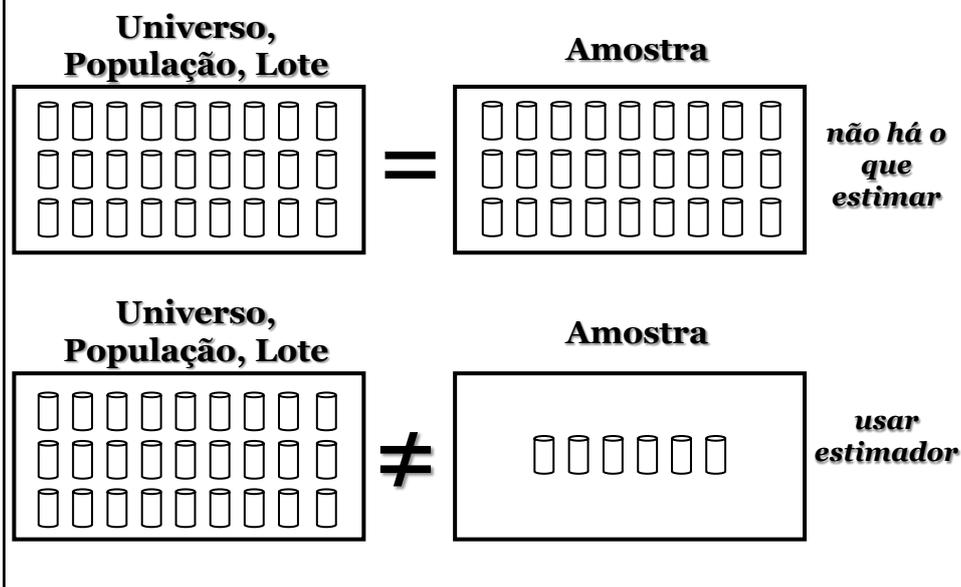
96

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.

97

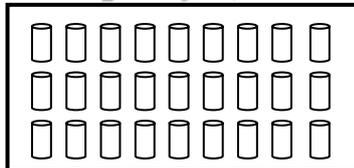
Amostragem ABNT NBR 12655



98

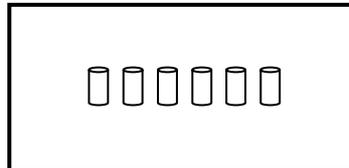
Amostragem ABNT NBR 12655

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.

99

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.**

100

Conformidade dos lotes

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

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

101

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;

102

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.

103

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:

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

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

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

104

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

ACI 318-14:

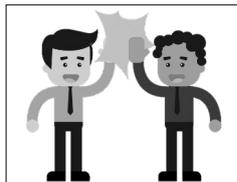
41,7

42,3

36

43,5

41,5



ABNT NBR 12655:2015:

41,7

42,3

39

43,5

41,5



105

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.**

106

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*

107

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.*

108

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.

109

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:

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

110

Resumo - frequência dos ensaios

ABNT NBR 12655	<ul style="list-style-type: none"> • a cada 8m³!! 	
ACI 318-14	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ uma vez por dia de concretagem; • ≥ uma vez por cada 115m³ de concreto; • ≥ uma vez por cada 465m² de superfície de lajes ou muros; • dispensado o controle para volumes <38m³ 	
EN 206-1:2013	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 3 amostras nos primeiros 50m³; 	
	Produção inicial (até 35 resultados de ensaio disponíveis)	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 1 amostra a cada 200m³ ou a cada 3 dias de produção (concreto c/ certificação do controle de produção) • ≥ 1 amostra a cada 150m³ ou a cada dia de produção (concreto s/ certificação do controle de produção)
	Produção contínua (mais de 35 resultados de ensaio disponíveis)	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 1 amostra a cada 400m³ ou a cada 5 dias de produção ou a cada mês (concreto c/ certificação do controle de produção) • ≥ 1 amostra a cada 150m³ ou a cada dia de produção (concreto s/ certificação do controle de produção)

111

Resumo – critérios de aceitação

ABNT NBR 12655	<ul style="list-style-type: none"> • $f_{ck,est} \geq f_{ck}$
ACI 318-14	<ul style="list-style-type: none"> • $f_{ci} \geq f_{ck} - 3,5\text{MPa}$ para $f_{ck} < 35\text{MPa}$ • $f_{ci} \geq 0,9 * f_{ck}$ para $f_{ck} > 35\text{MPa}$ • $f_{cm3,est} \geq f_{ck}$
EN 206-1:2013	<ul style="list-style-type: none"> • $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$; • $f_{cm,3,est} \geq f_{ck} + 4$ • $f_{cm,15,est} \geq f_{ck} + 1,48 * \sigma$

112

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 50m^3 e de 100m^3 para os quais são exigidos 6 exemplares, o que dá uma média de moldar um exemplar a cada 8m^3 ou a cada 16m^3 e, portanto, continua muito mais rigoroso que outros países !
- ✓ Não aceitamos nenhum valor f_{ci} abaixo de f_{ck} enquanto outros países aceitam $3,5\text{MPa}$, 4MPa ou mais (10%) abaixo de f_{ck}

113

Aceitação do concreto

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



conformidade

114

Aceitação do concreto

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



não conformidade

115

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

116

LABORATÓRIOS DE CONTROLE

Acreditação no INMETRO (RBLE — Rede Brasileira de Laboratórios e Ensaios)

Escopo de acreditação compatível com o necessário para executar o controle na obra

Mão de obra qualificada de acordo com a ABNT NBR 15146:2011

“Controle tecnológico de concreto — Qualificação de pessoal”

117

Controle do concreto

- ✓ **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)**

118



119

Dúvidas

- a coleta de concreto é feita na entrada da obra;
- os CPs são transportados no mesmo dia;
- os CPs ficam no sol
- os CPs são mal transportados;
- os resultados não crescem;
- os resultados de irmãos são díspares...

120

No canteiro de obras

121



122



123



124



125



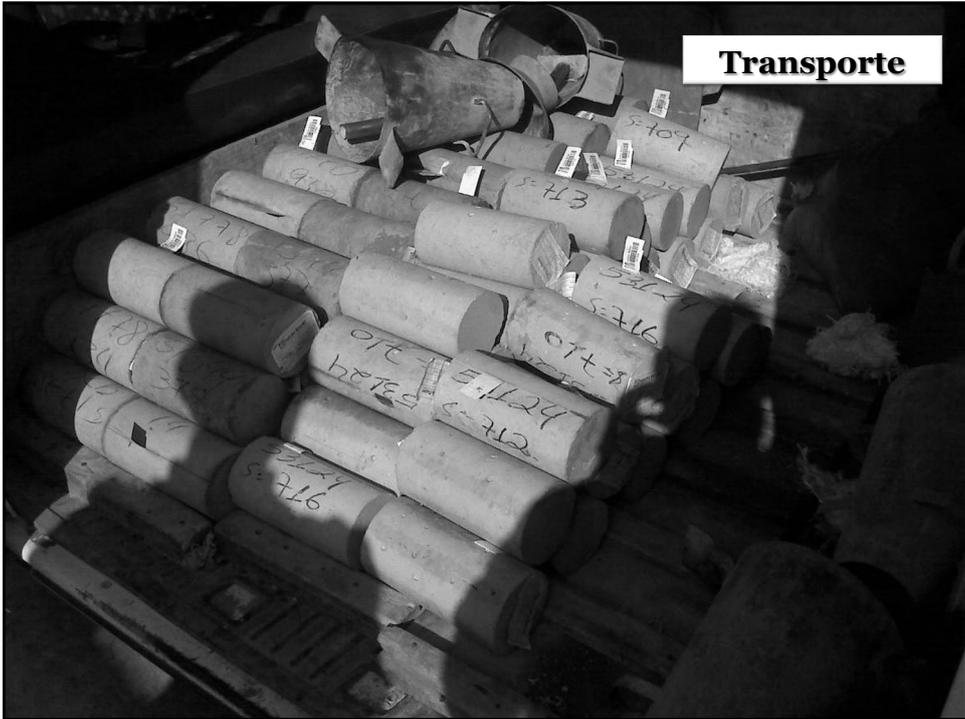
126



127



128



129



130



131



132



133



134



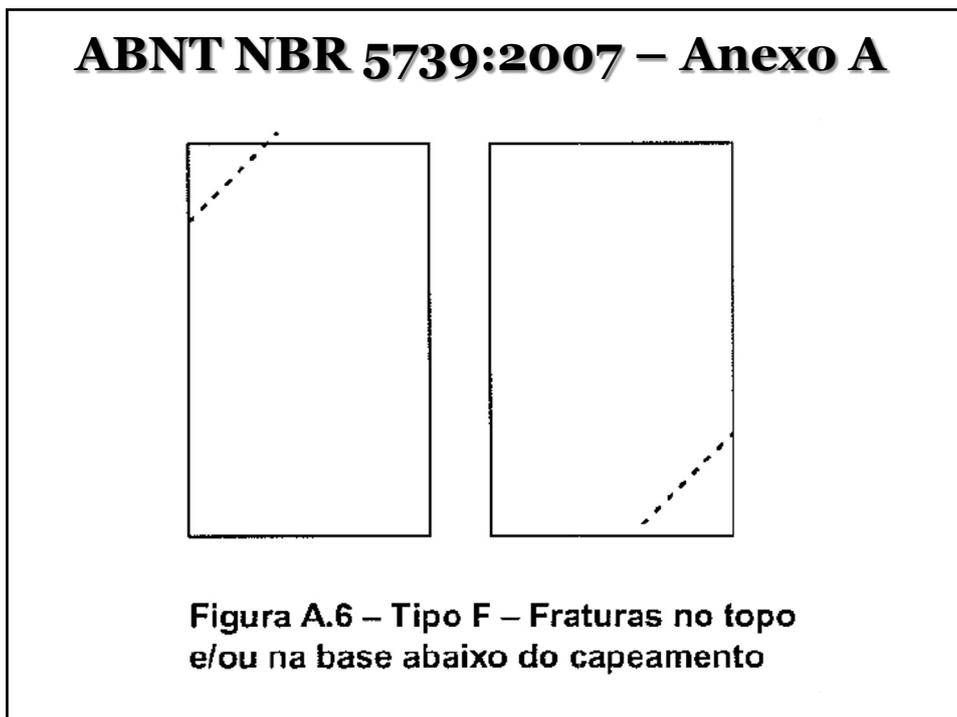
135



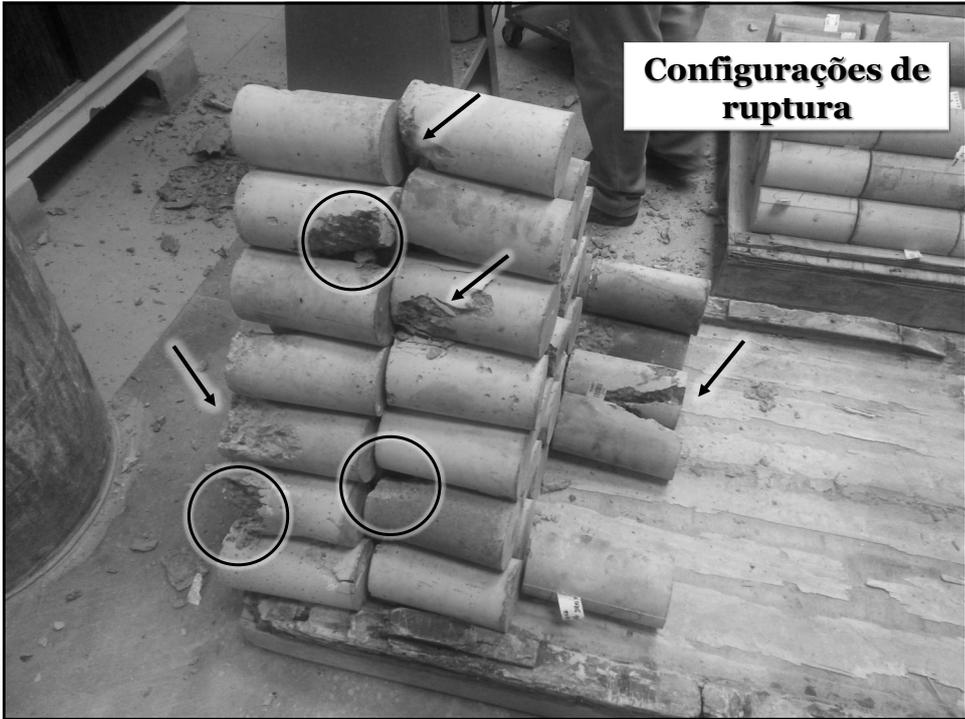
136



137



138



139



140

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	

141



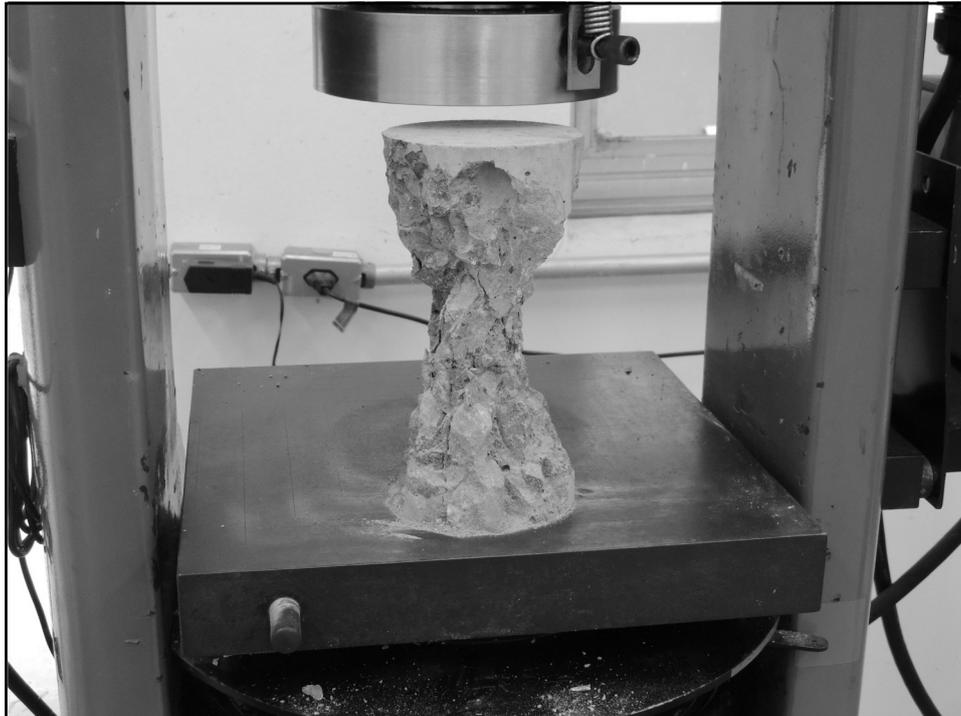
142



143



144



145

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

146

Quando há extração de testemunhos

147



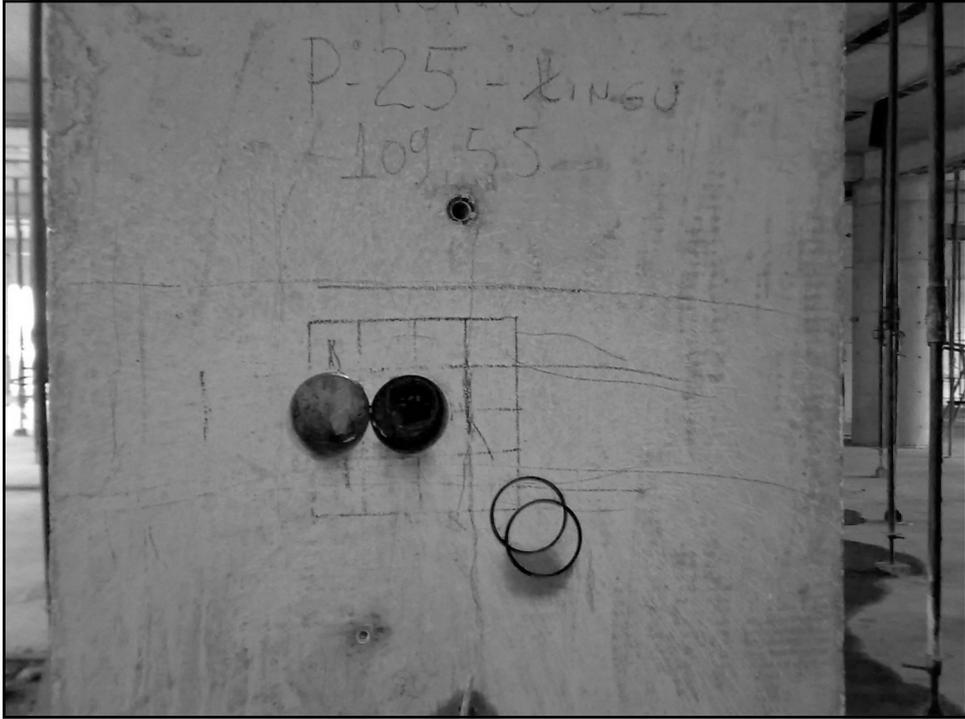
148



149



150



151



152



153



154



155



156



157



158



159



160



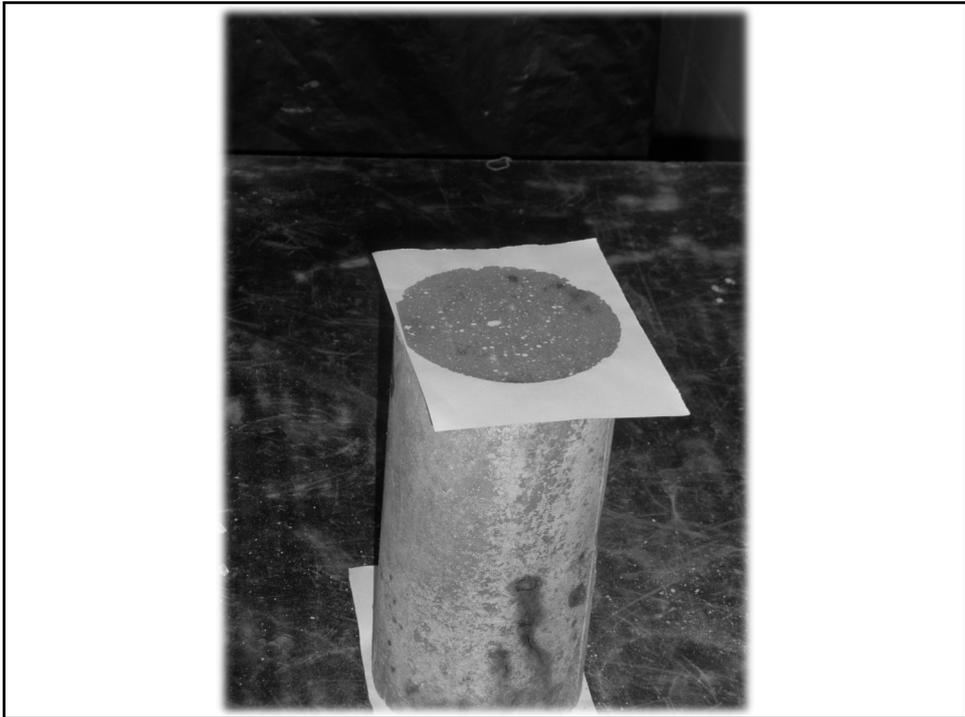
161



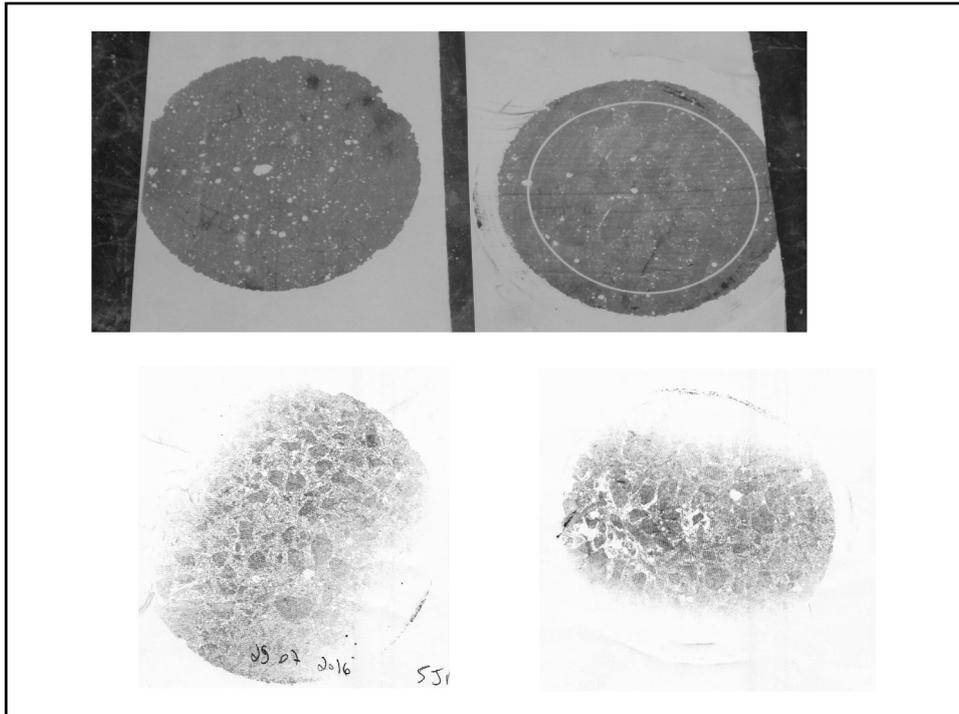
162



163



164



165

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

166

EXECUÇÃO

ABNT NBR 14931:2004
*“Execução de estruturas de concreto -
Procedimento”*

ABNT NBR 15696:2009
*“Fôrmas e escoramentos para estruturas de
concreto - Projeto, dimensionamento e
procedimentos executivos”*

167

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ **Profissional responsável pela execução da obra**

Ao profissional responsável pela execução da obra de concreto cabem as seguintes responsabilidades:

- *Escolha da modalidade de preparo do concreto;*
- *Escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;*
- *Atendimento a todos os requisitos de projeto, inclusive quanto à escolha dos materiais a serem empregados;*
- *Recebimento e aceitação do concreto;*
- **Cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento**, levando em consideração as peculiaridades dos materiais (em particular, do cimento) e as condições de temperatura ambiente;
- *Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 9062 para a liberação da protensão, da desforma e da movimentação de elementos pré-moldados de concreto;*
- **Verificação do atendimento aos requisitos desta Norma, pelos respectivos profissionais envolvidos;**
- *Efetuar a **rastreabilidade** do concreto lançado na estrutura.*

168

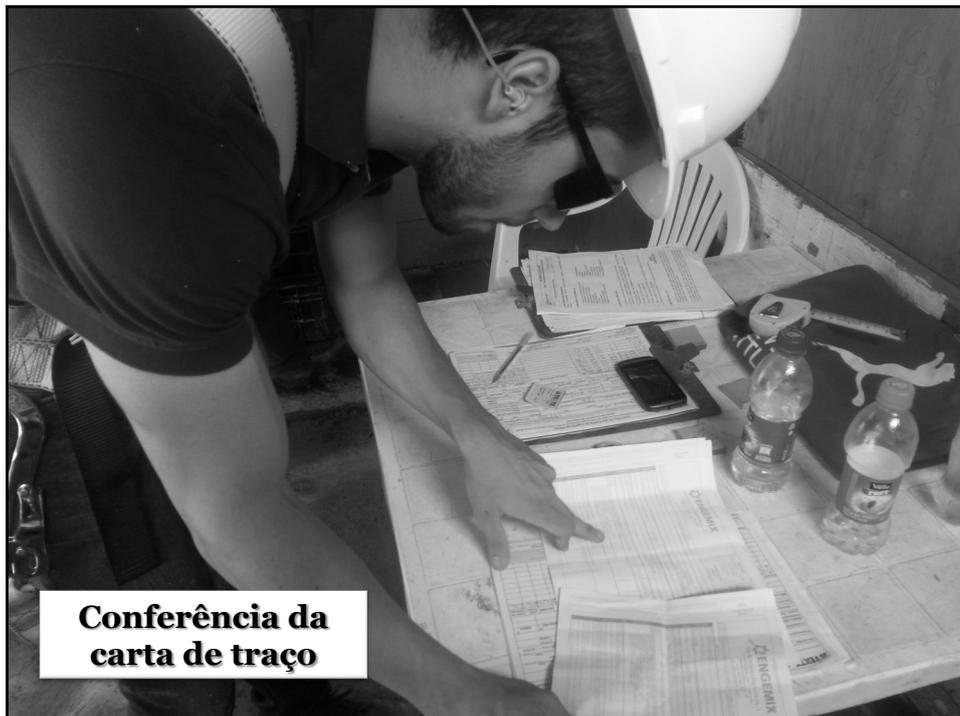
ABNT NBR 15575-1:2013 **“descreve responsabilidades”**

5. INCUMBÊNCIAS DOS INTERVENIENTES

✓ **Construtor e incorporador:**

- *identificar os riscos previsíveis na época do projeto (incorporador e sua equipe técnica);*
- *elaborar o manual de operação uso e manutenção, ou documento similar, atendendo ao disposto na ABNT NBR 14037, com explicitação pelo menos dos prazos de garantia aplicáveis ao caso, previstos pelo construtor ou pelo incorporador, e citados no Anexo D (construtor ou incorporador).*

169



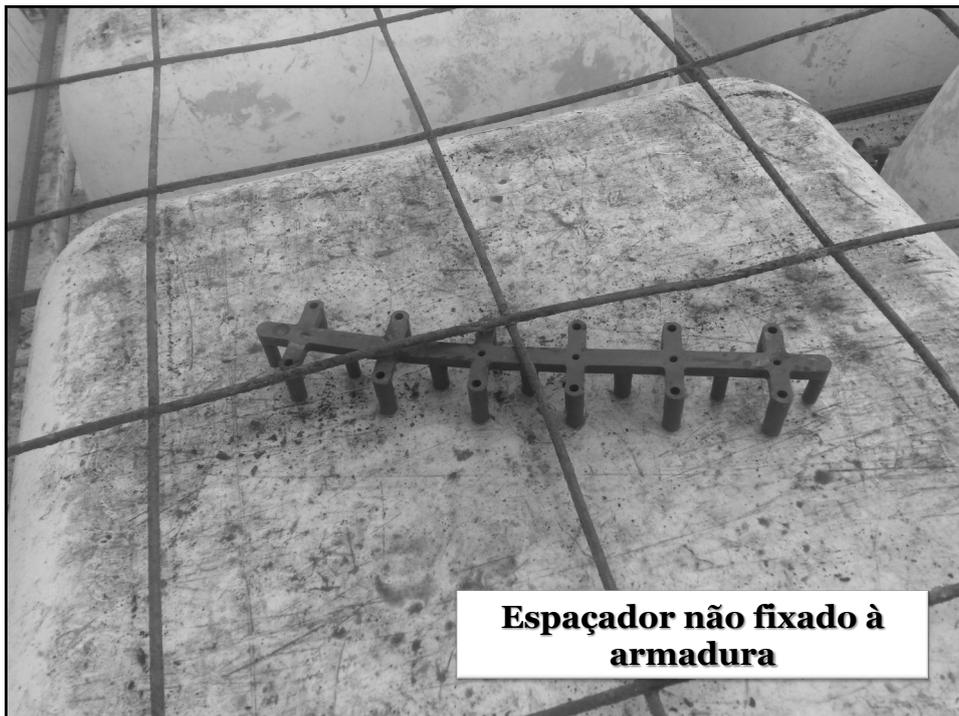
**Conferência da
carta de traço**

170



Nata de cimento

171



Espaçador não fixado à armadura

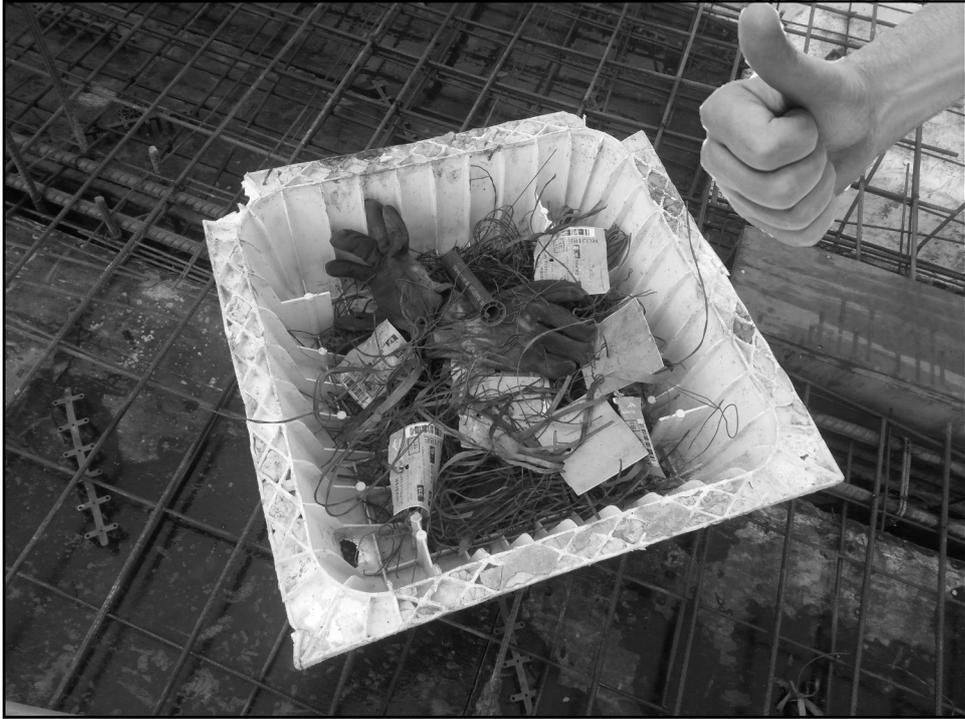
172



173



174



175

Adensamento (vídeo)



176

Cura



177

Cura



178

Cura



179



180

Adensamento do concreto

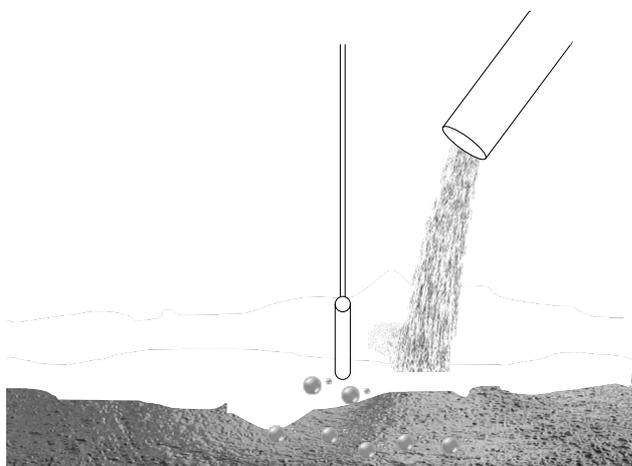


Obra A

Vídeo

181

Adensamento do concreto



182

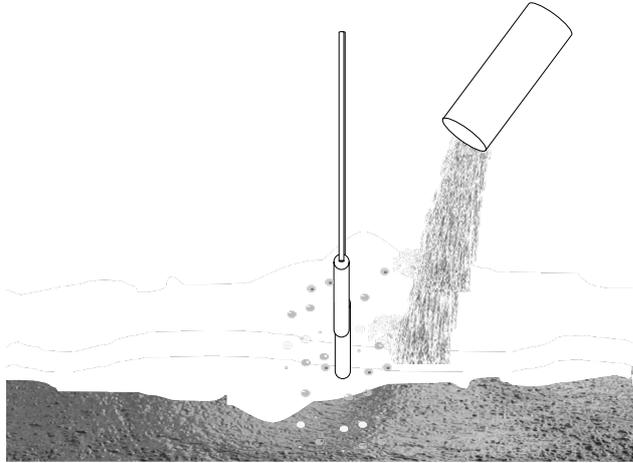


183



184

Adensamento do concreto



185

- **Projeto**
- **Central de concreto**
- **Dosagem**
- **Insumos (materiais)**
- **Carta de traço**
- **Controle de recebimento**
- **Controle de aceitação**
- **Laboratórios de controle**
- **Execução**
- **Não conformidades**

186

NÃO CONFORMIDADES

ABNT NBR 7680:2015

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

187

ABNT NBR7680:2015 $f_{ck,ext,j}$

ABNT NBR 6118:2014 f_{ck}

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

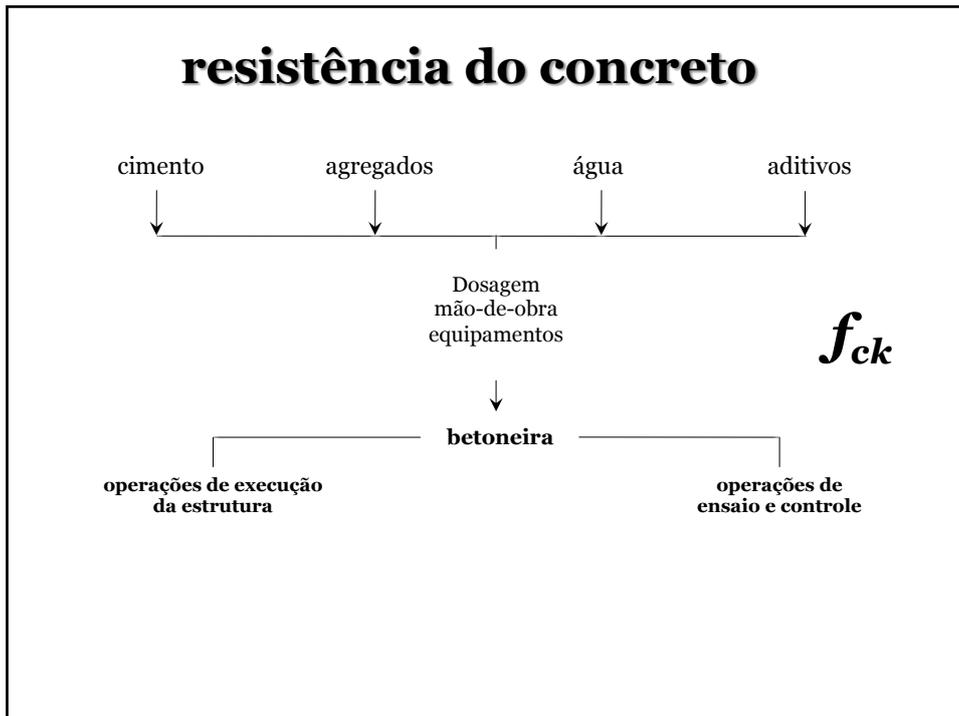
referencial de segurança

f_{ck}

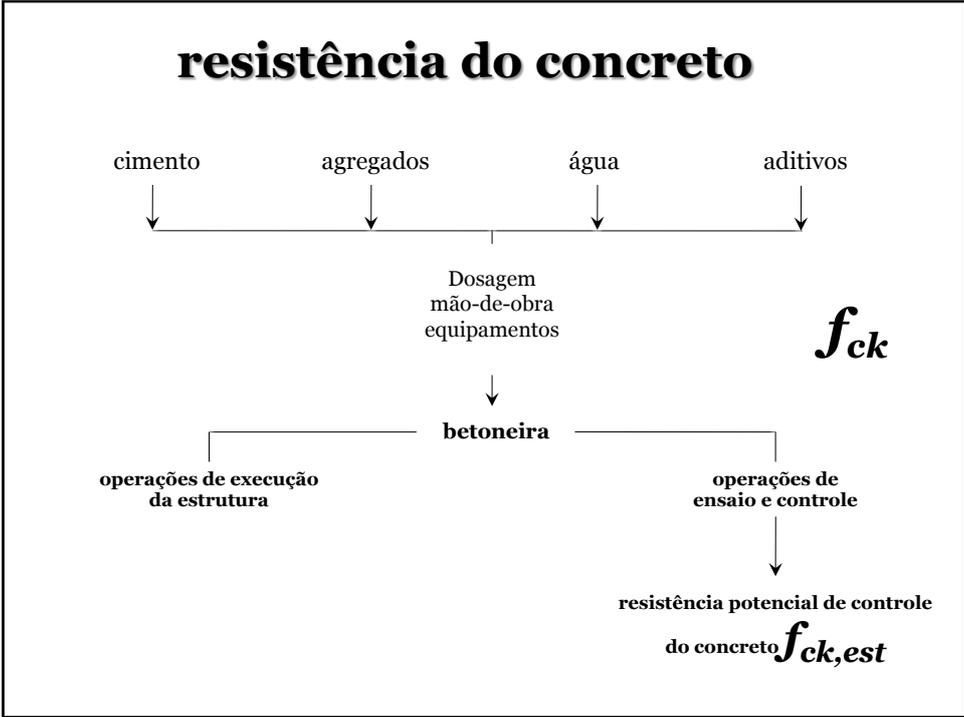
188



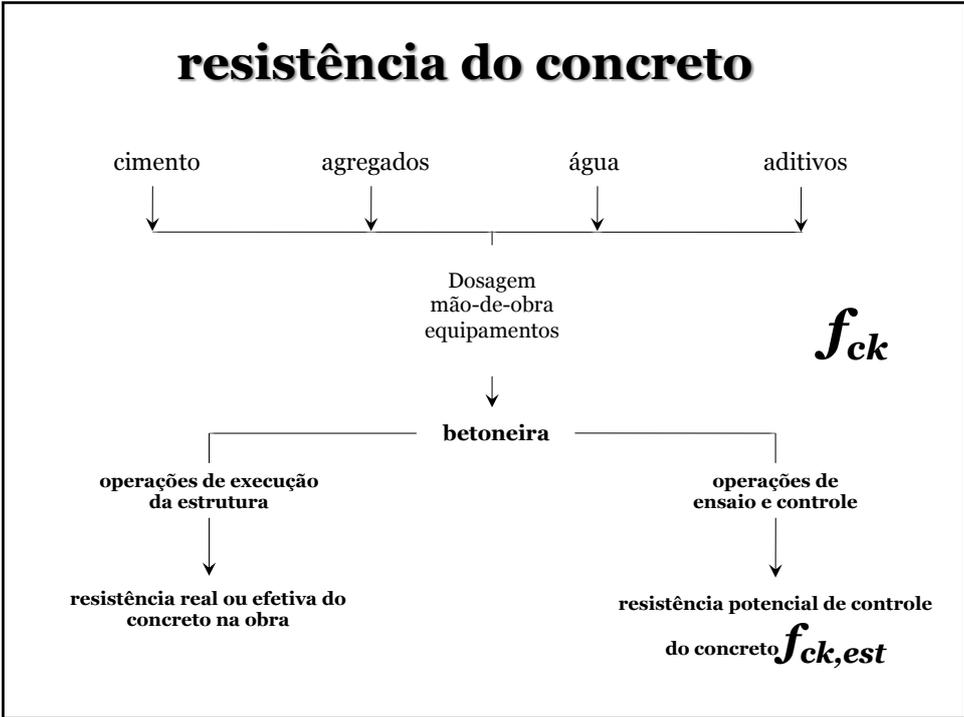
190



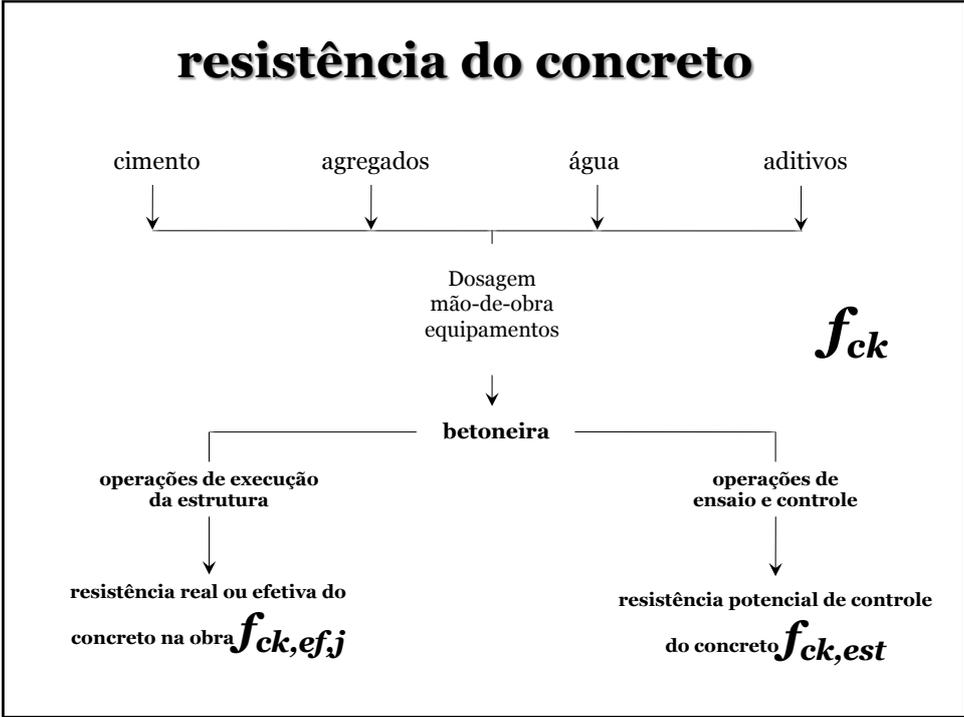
191



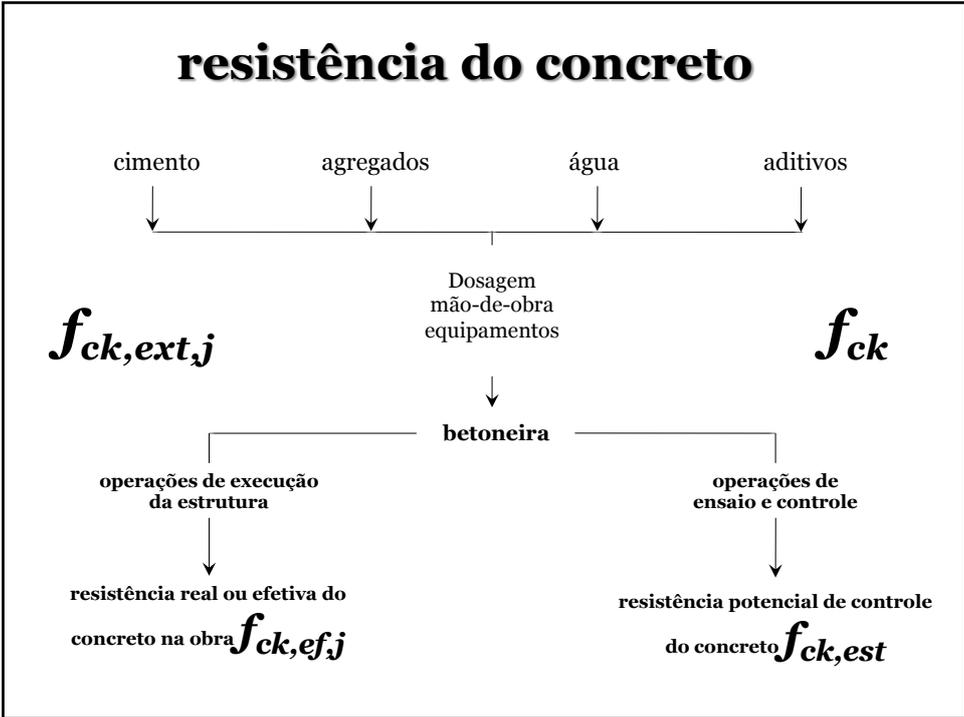
192



193



194



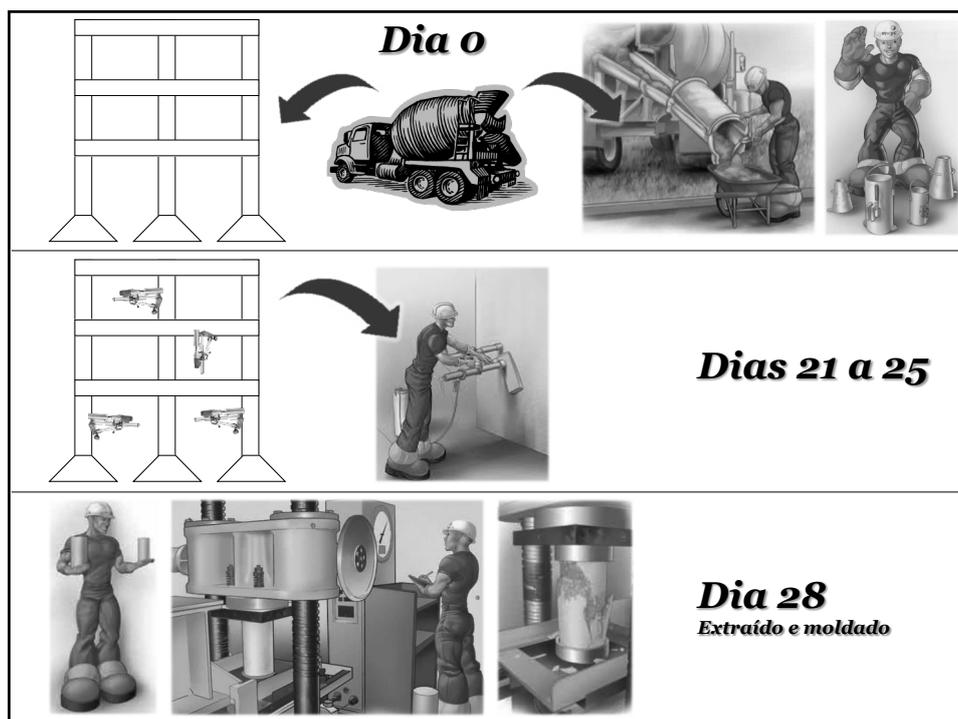
195

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

196



197

Conclusões

pilares:

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

lajes & (vigas)

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

198

Preliminares

Conceitos:

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

199

Preliminares

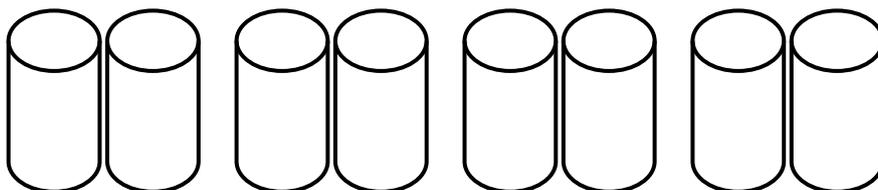
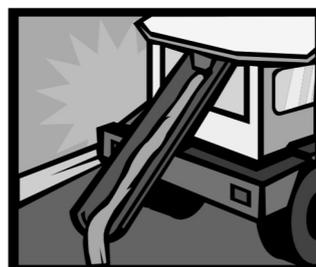
**encontrar um f_{ck} que viabilize revisar a
segurança, ou seja, verificar a
segurança conforme as convenções
universais de projeto estrutural de
ECAs**

200

Como obter a maior resistência à compressão aos 28dias?

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

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



Grupo A

Grupo B

Grupo C

Grupo D

201

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 ($f_{ck,est}$)

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

“potencial do concreto”

202

quantas resistências tem o concreto
de um caminhão betoneira?

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

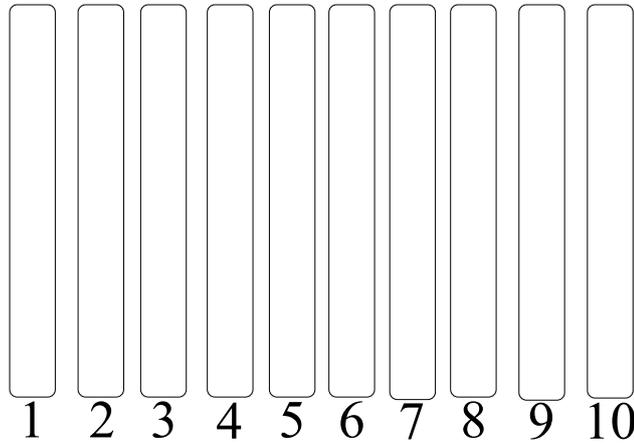
exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

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

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

203

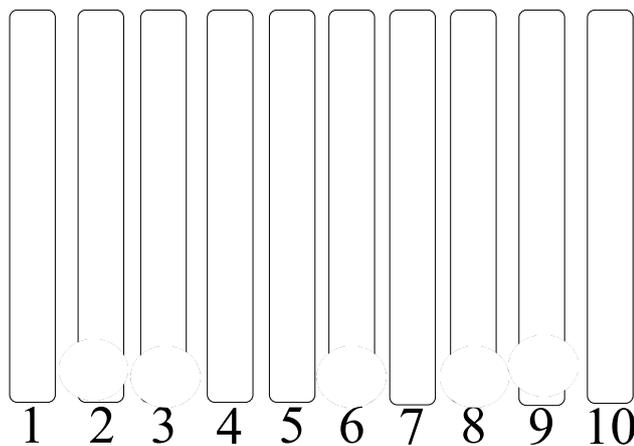
com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



f_{ck}
45MPa

204

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



205

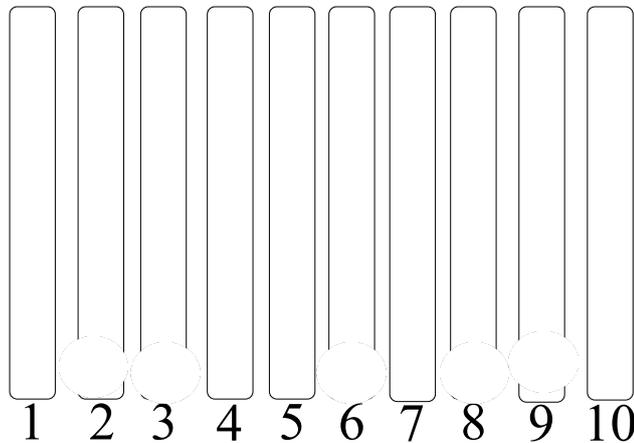


206



207

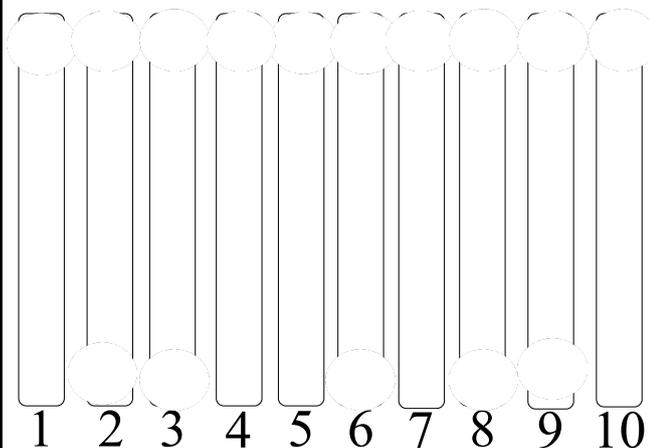
“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



f_{ck}
45MPa

208

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

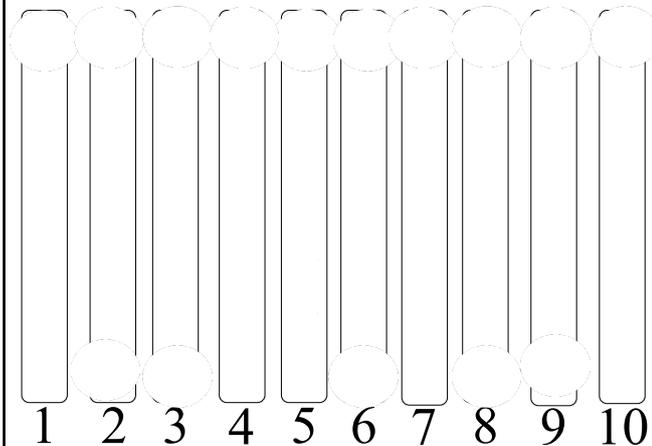


f_{ck}
45MPa

209

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

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

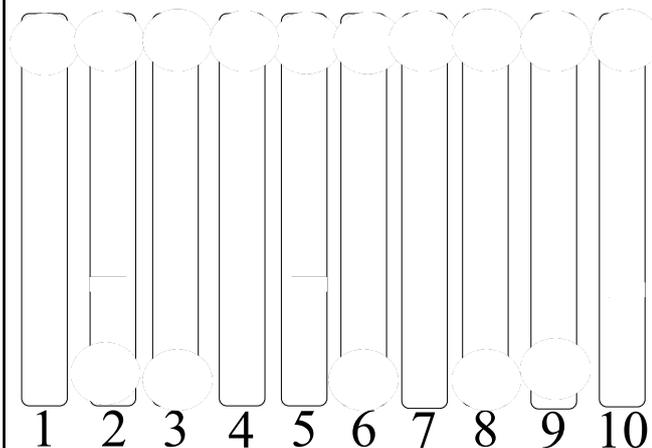


terço inferior

210

qual a resistência obtida de um pilar?

$f_{ck,ext}$?



terço inferior

$f_{ck,ext,1}$

$f_{ck,ext,2}$

$f_{ck,ext,3}$

211

**ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural
Concrete and Commentary, 2015. 520p.**
Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

Item 26.12.4 Investigation of low strength-test results:

(d) Concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if (1) and (2) are satisfied:

$$(1) \quad \frac{f_{c1} + f_{c2} + f_{c3}}{3} \geq 0.85 * f_{ck}$$

(corresponde a $f_{ck} = 1,18 * f_{ext,m}$ ou $f_{ck} = 1,33 * f_{ext,min}$)

$$(2) \quad f_{ci} \geq 0.75 * f_{ck}$$

*R26.12.4.1(d) An average core strength of 85 percent of the specified strength is realistic. **It is not realistic, however, to expect the average core strength to be equal to f_{ck}** , because of differences in the size of specimens, conditions of obtaining specimens, degree of consolidation, and curing conditions....*

212

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 ?

213

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;

214

Coefficientes de correção

ABNT NBR 7680:2015

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

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

$k_3 = \dots$

$k_4 = \dots$

215

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

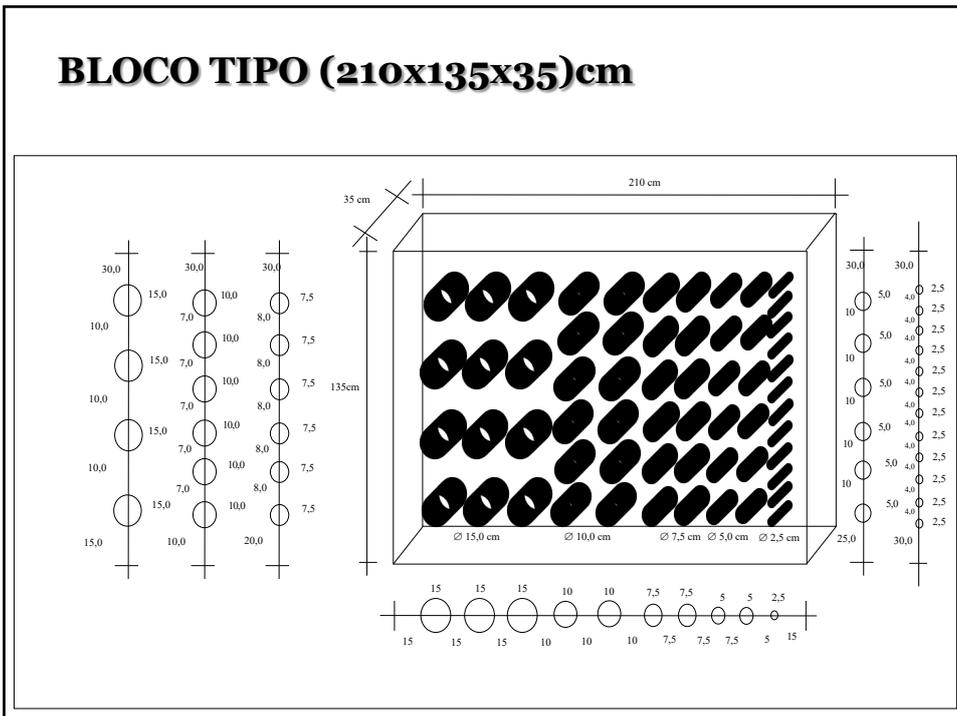
216



217



218



219



220

Conclusão

Média geral:

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

221

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 = 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

222

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;

223

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 ...”

226

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, ...

227

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

228

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja,

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

NÃO

voltar a 28dias !

COMO ???

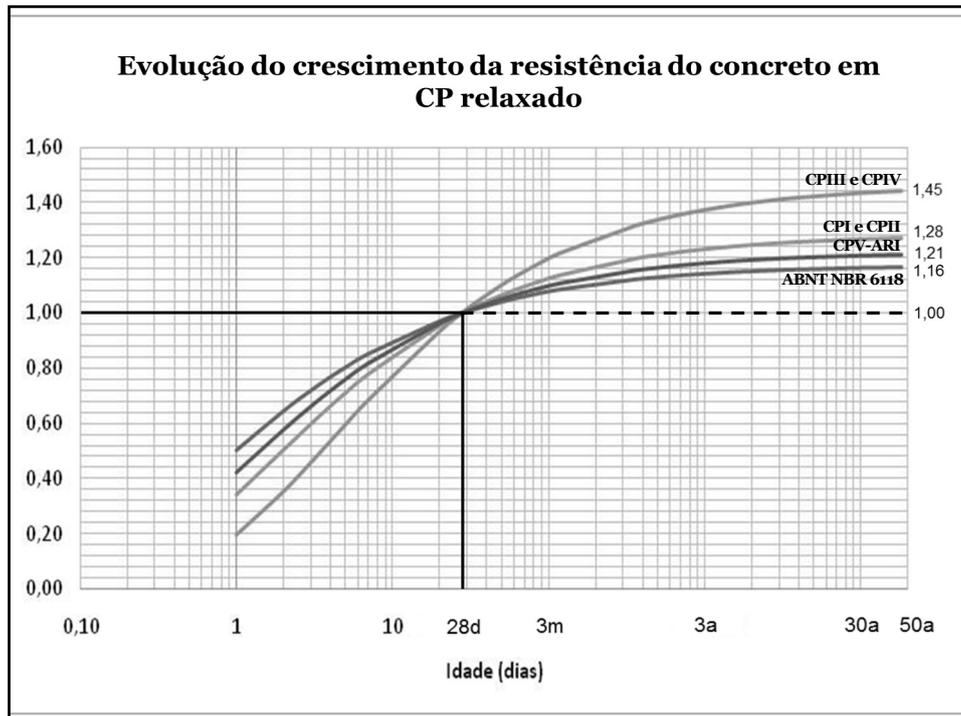
229

onde j é a idade do concreto em dias.

Crescimento da Resistência

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

230



231

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

232

Considerações *(Comunidades TQS e Bahia)*

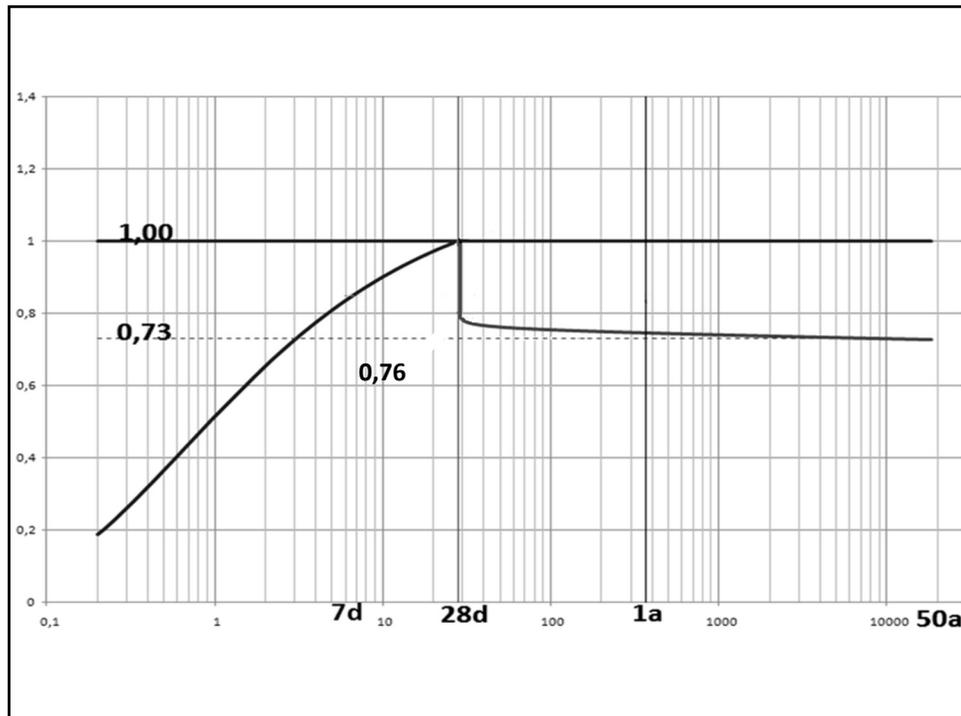
1. Qual a carga que realmente começa a reduzir a resistência?
2. Modelo para uma condição idealizada de laboratório?
3. Qual a história efetiva de carregamento?
4. Teria influência a cura, adensamento, temperatura, UR, cargas cíclicas, carbonatação,...

233

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

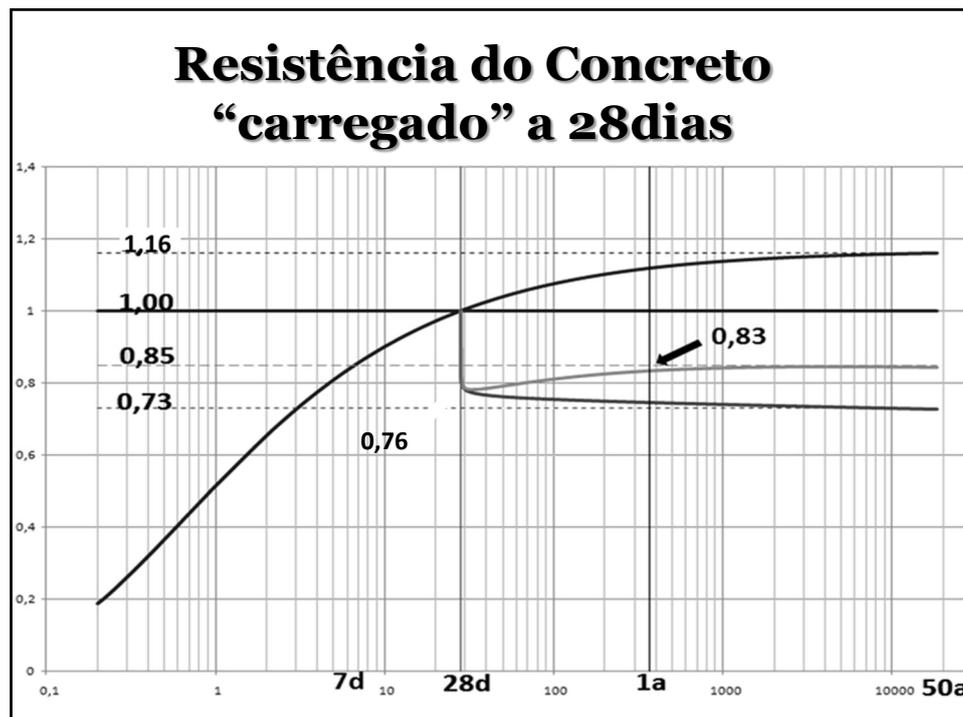
234



235

Combinando crescimento com decréscimo a partir de 28dias ?

236



237

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;

238

onde j é a idade do concreto em dias.

Retorno a 28 dias

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

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

239

Procedimento Recomendável de Produção e Controle

240

1. Dosar para uma resistência média = $f_{ck} + 7$ MPa;
2. Moldar CPs de todos os caminhões, no caso de pilares;
3. Moldar CPs de um caminhão sim, outro não, no caso de vigas e lajes;
4. Moldar 3 CPs por amassada (caminhão) com amostra retirada do terço médio do volume do balão;
5. Romper dois CPs aos 28 dias, mas tomar os devidos cuidados com a qualidade dos topos (retificar) ou se for empregado neoprene, seguir a ASTM e usar no máximo 100 vezes um mesmo neoprene (exigência da ASTM);
6. Romper um CP aos 63 dias, sempre com muito cuidado e qualidade de ensaio;
7. Resultados aos 28 dias, individuais, superiores a $0,9 \cdot f_{ck}$, podem ser aceitos, desde que não se repitam numa sequência de três, ou seja, para 300 pode se aceitar 350; 312; 270; 329; 361, ou seja, nunca se pode aceitar valores inferiores a f_{ck} em sequência: um inferior e 3 superiores, depois um inferior e etc..;
8. Caso os resultados sejam inferiores a $0,9 \cdot f_{ck}$, aguardar os resultados de 63 dias, que devem ser superiores a f_{ck} ;
9. Caso os resultados de 28 dias e 63 dias sejam inferiores a $0,9 \cdot f_{ck}$, extrair testemunhos;
10. Extrair 3 testemunhos com muito cuidado e qualidade de cada betonada, ou melhor, desta betonada. A média dos 3 deve ser igual ou superior a $0,85 \cdot f_{ck}$ e o mais baixo deve ser igual ou superior a $0,75 \cdot f_{ck}$;
11. Caso não estejam conformes com este critério, revisar o projeto estrutural com o novo f_{ck} , mas modificando o coeficiente de redução;
12. Se não passar, o elemento estrutural em questão deverá ser reforçado.

241

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

242



243

Reflexão

244

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.**

245

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.**

246

**Por que não
exigir os ensaios
e documentações
técnicas?**

247

OBRIGADO !



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23

11-95045-5408