

 **PERFORMANCE**
Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil

 **SINDUSCON-RS**



Resistência do Concreto

Mitos e Verdades

 **PhD**
Engenharia
"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Diretor e Conselheiro Permanente IBRACON
Presidente Honorífico ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures
Conselheiro CNTU e SEESP*

Sinduscon/RS **14 de dezembro de 2016** **Porto Alegre/RS**

1

Aviso!

2

Intervenientes



**projetista
estrutural**



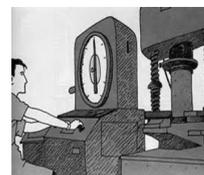
**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(controle)**

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

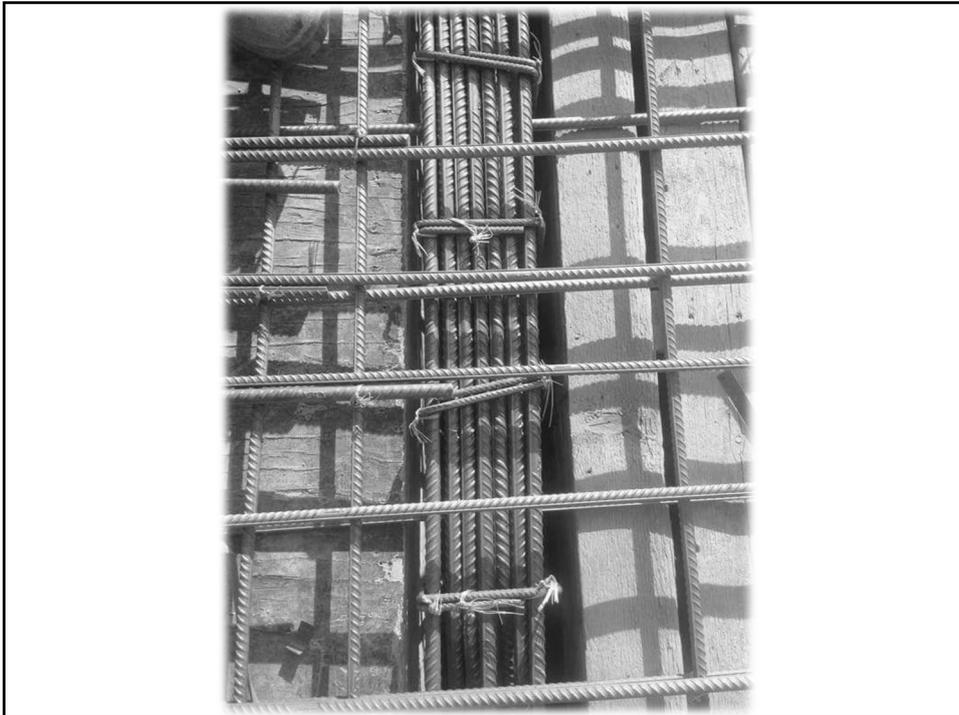
3

- **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} acima de 40 MPa é ambientalmente a melhor, a que causa os mínimos impactos ao meio ambiente

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

24



25

e-Tower

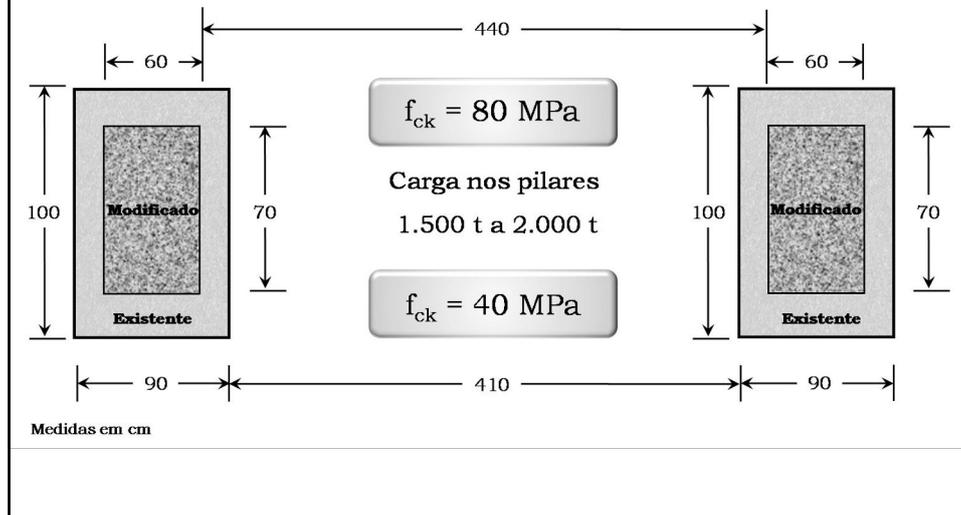
- Edifício e-Tower SP
- 42 andares
- Heliporto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de ginástica
- 2 restaurantes
- concreto colorido
- f_{ck} pilares = 80MPa



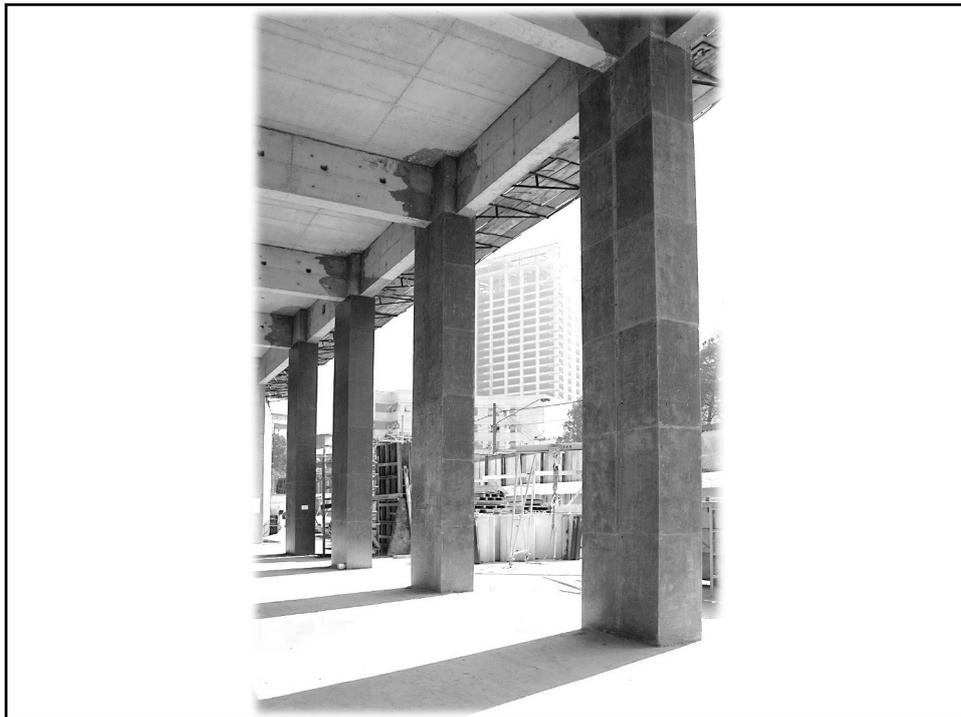


26

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.***

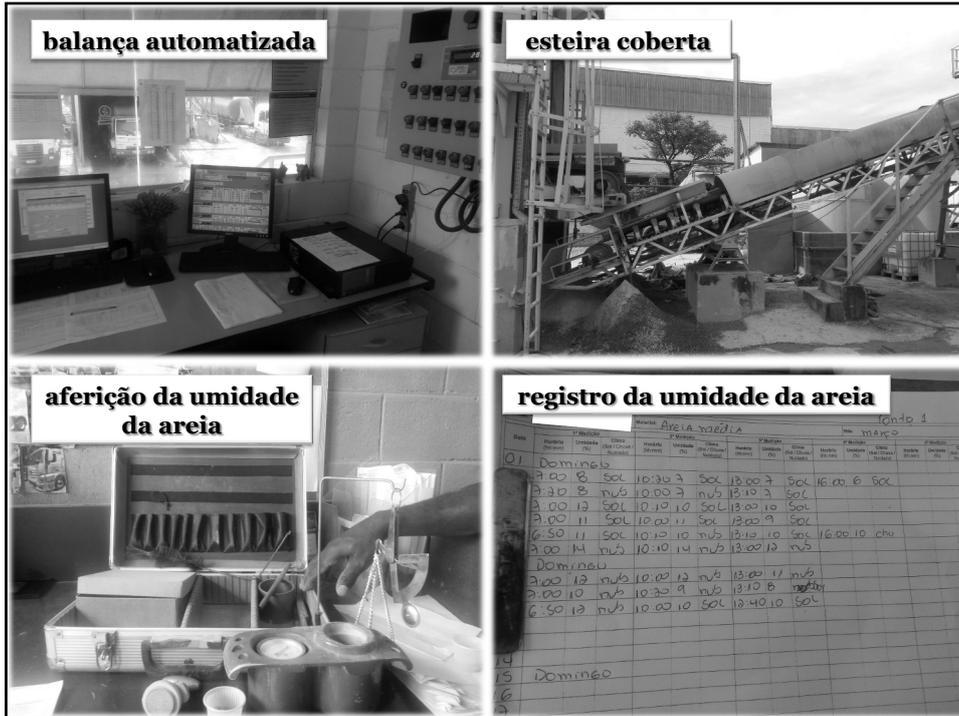
42



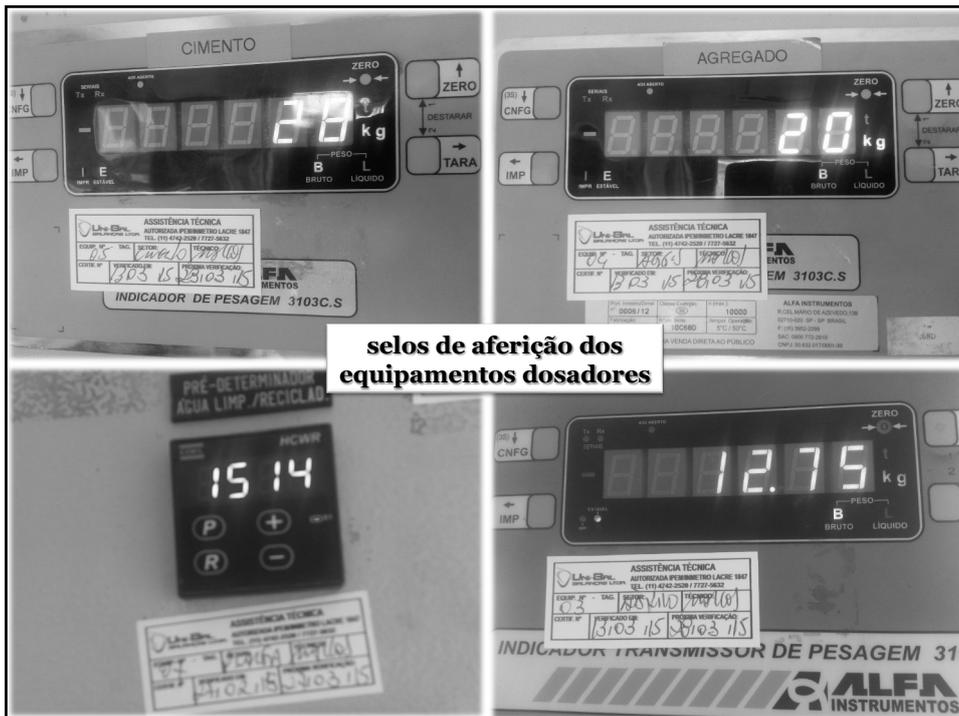
43



44

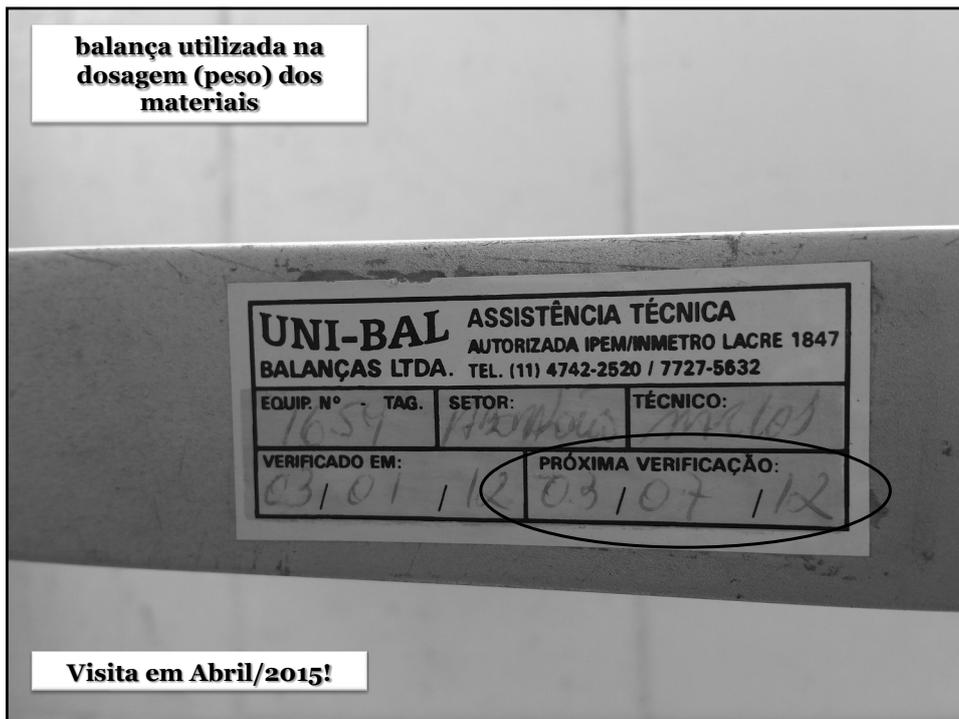


45



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



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.

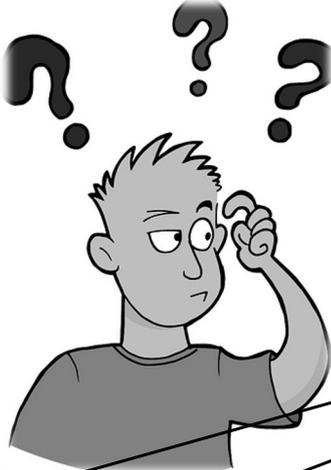
75

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

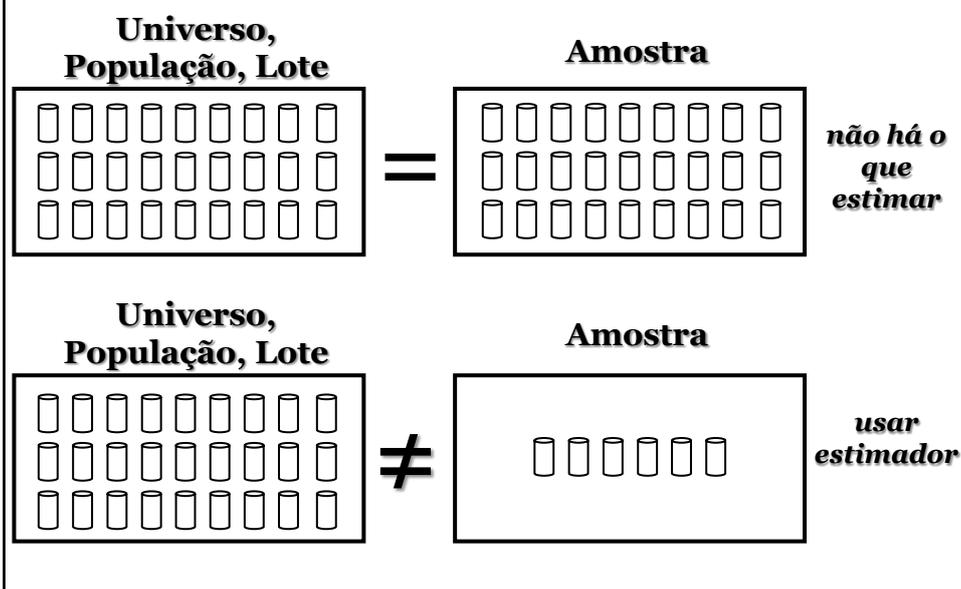
96

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

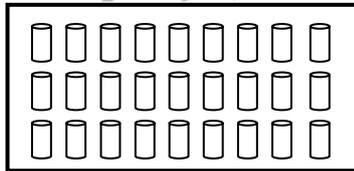
Amostragem ABNT NBR 12655



98

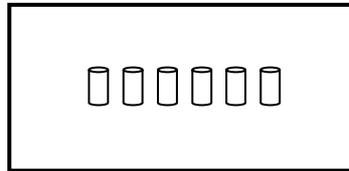
Amostragem ABNT NBR 12655

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:

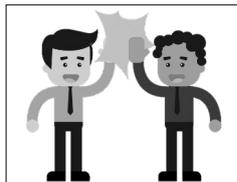
41,7

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



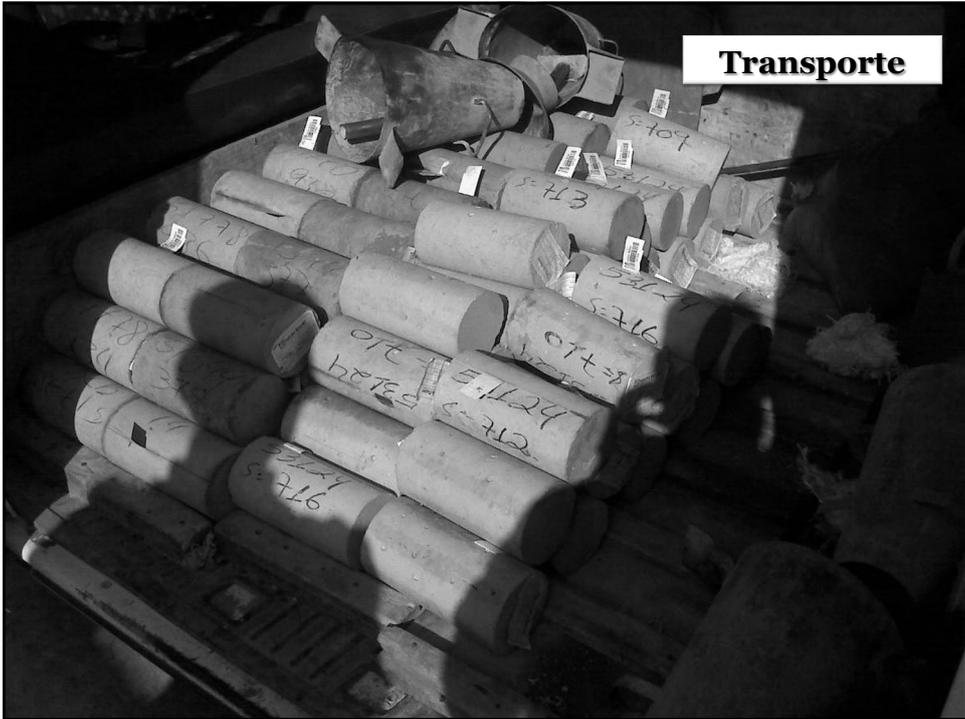
126



127



128



129



130



131



132



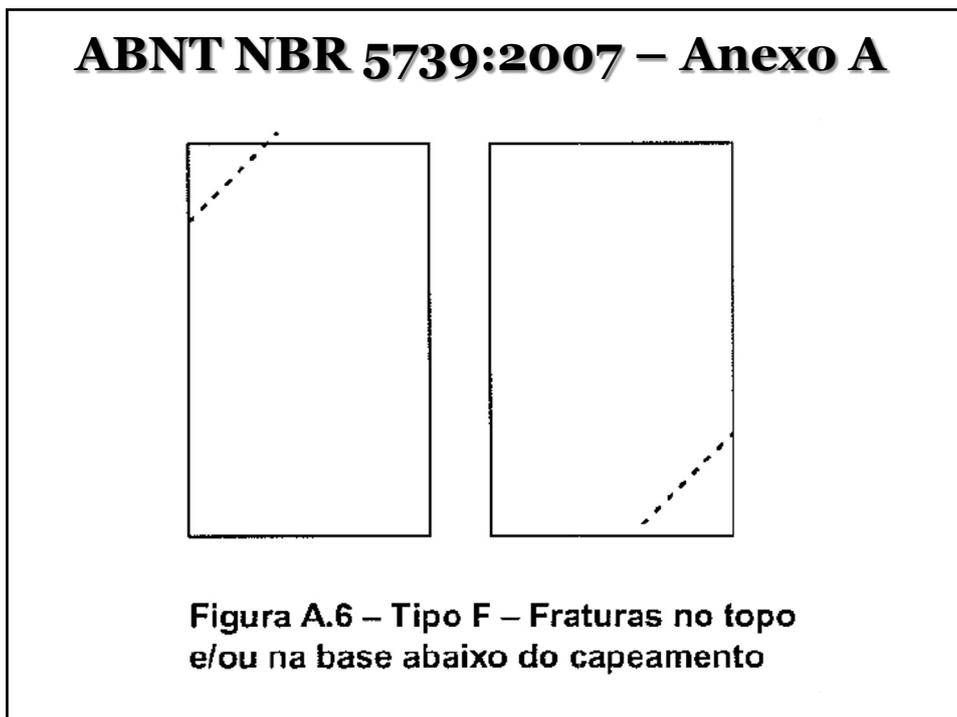
135



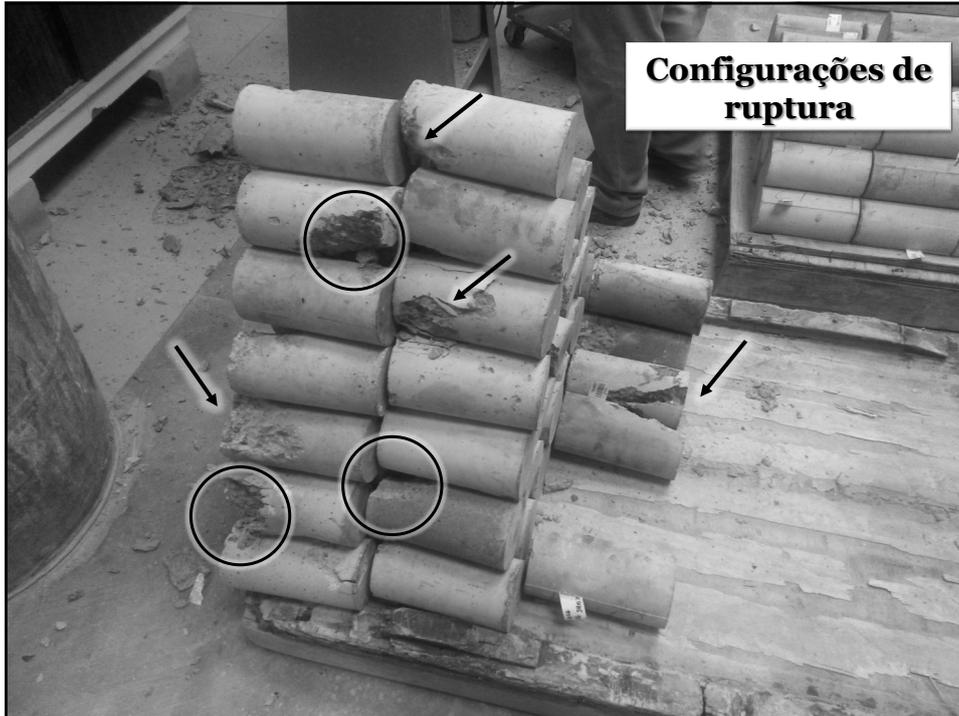
136



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



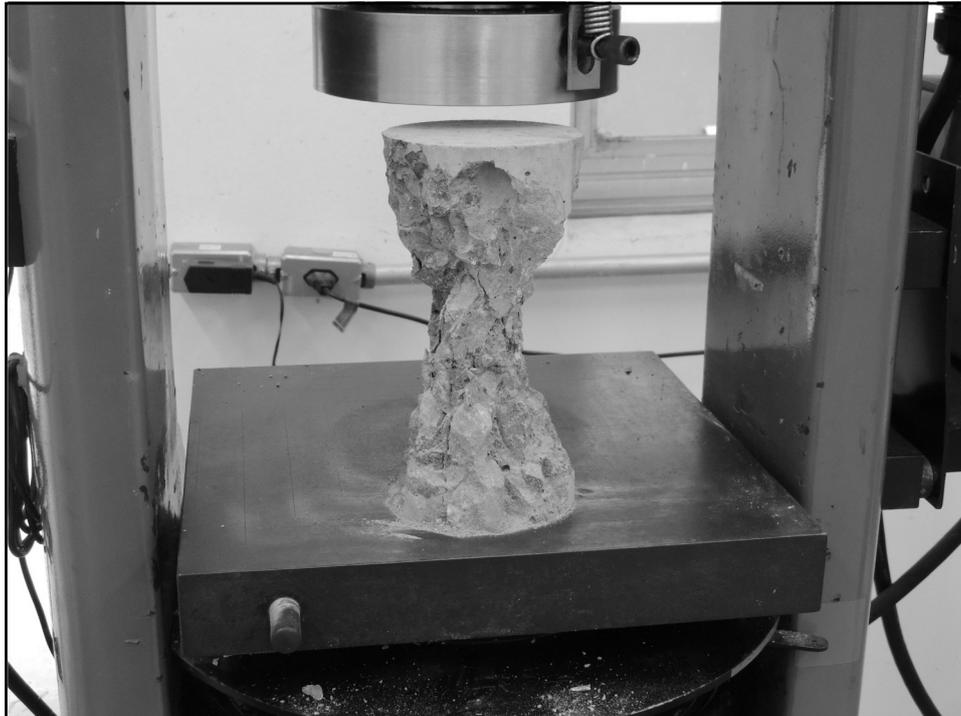
142



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



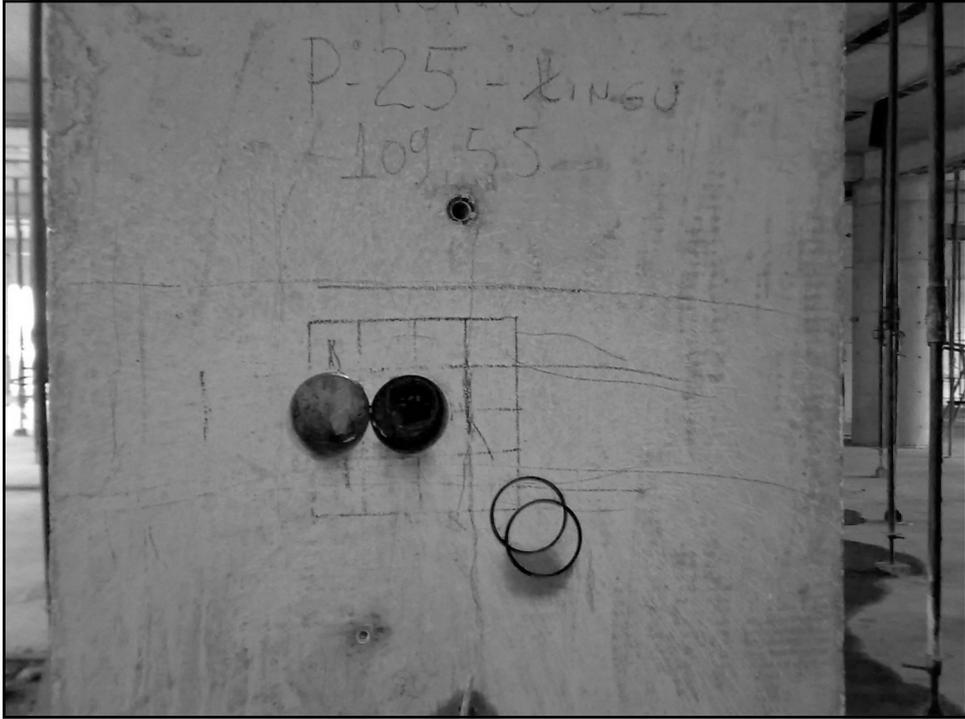
148



149



150



151



152



153



154



155



156



157



158



159



160



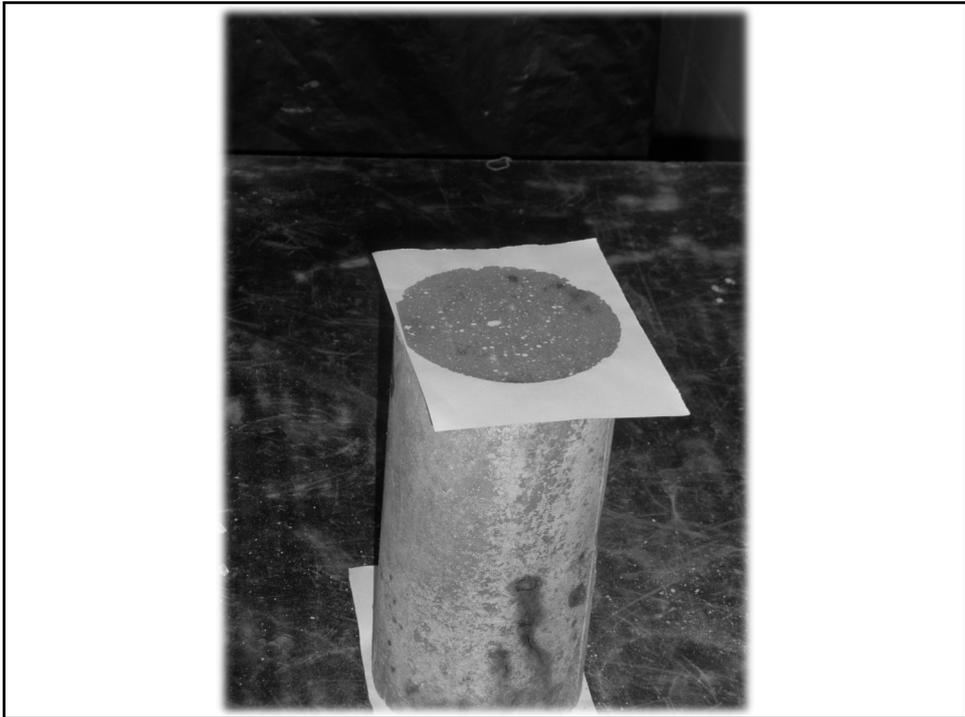
161



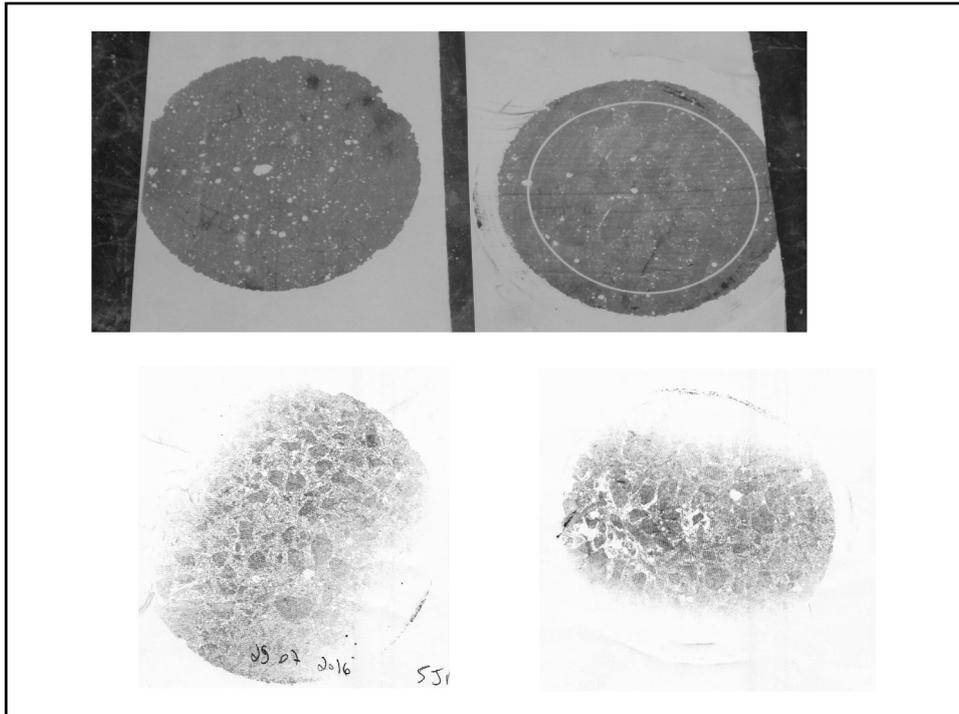
162



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

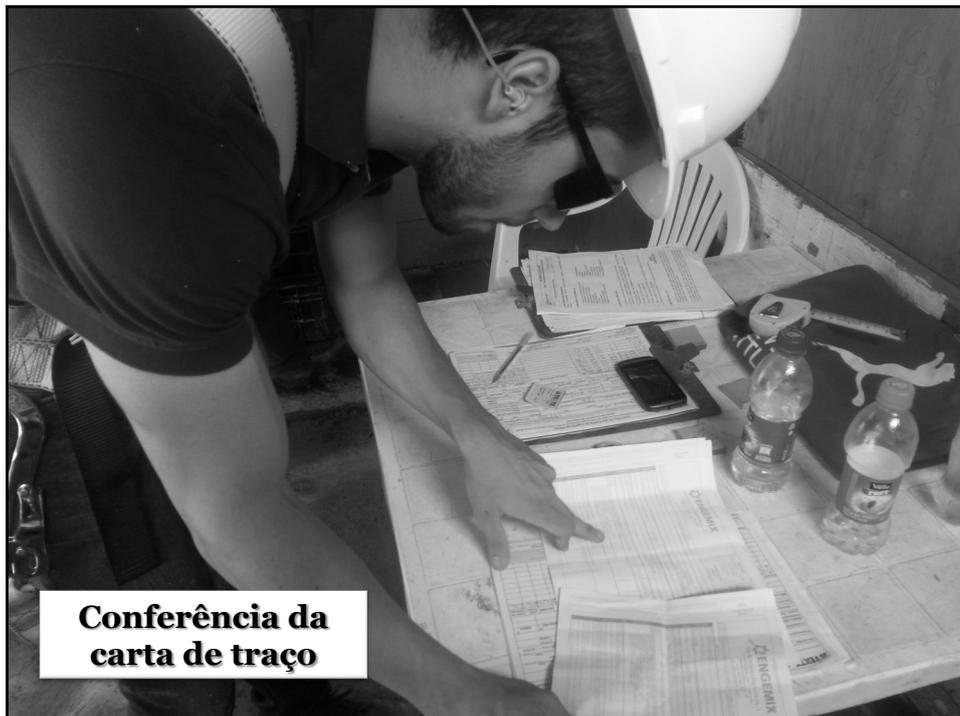
ABNT NBR 15575-1:2013 **“descreve responsabilidades”**

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

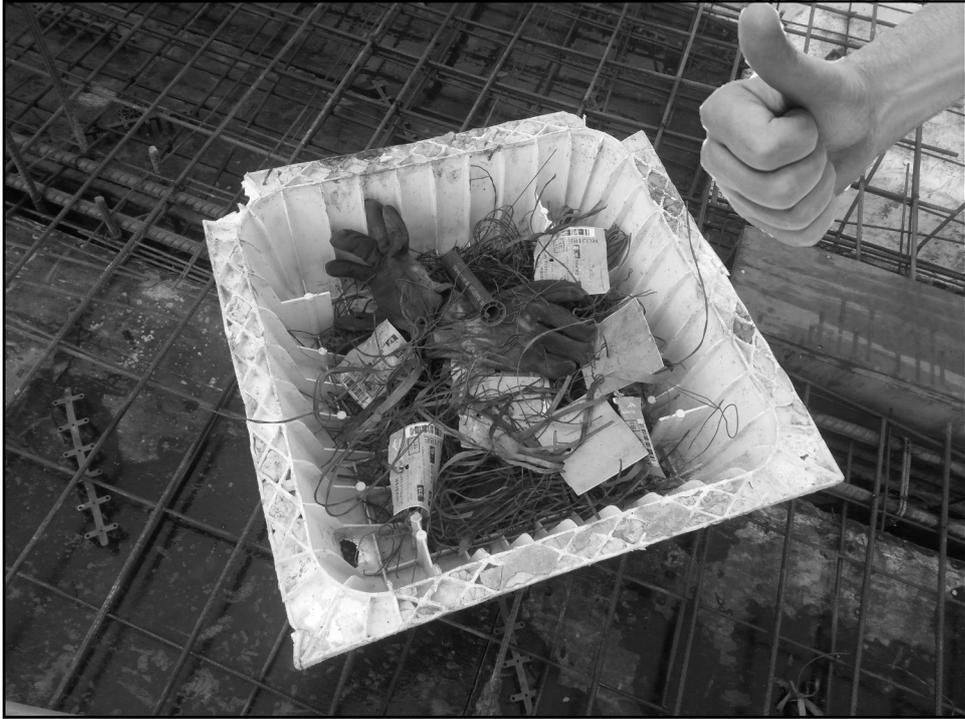
172



173



174



175

Adensamento (vídeo)



176

Cura



177

Cura



178

Cura



179



180

Adensamento do concreto

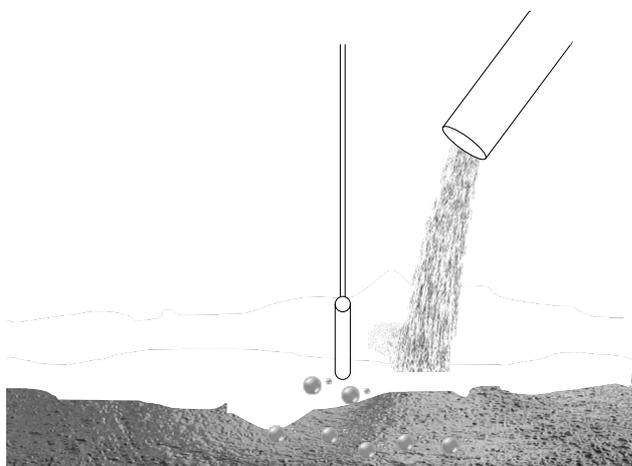


Obra A

Vídeo

181

Adensamento do concreto



182

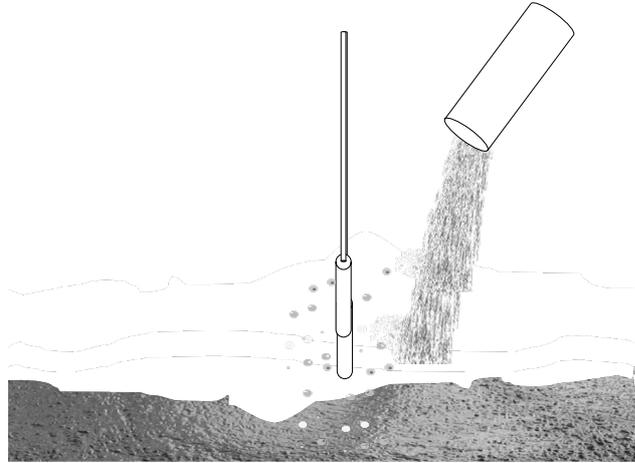


183



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 $f_{ck,est}$

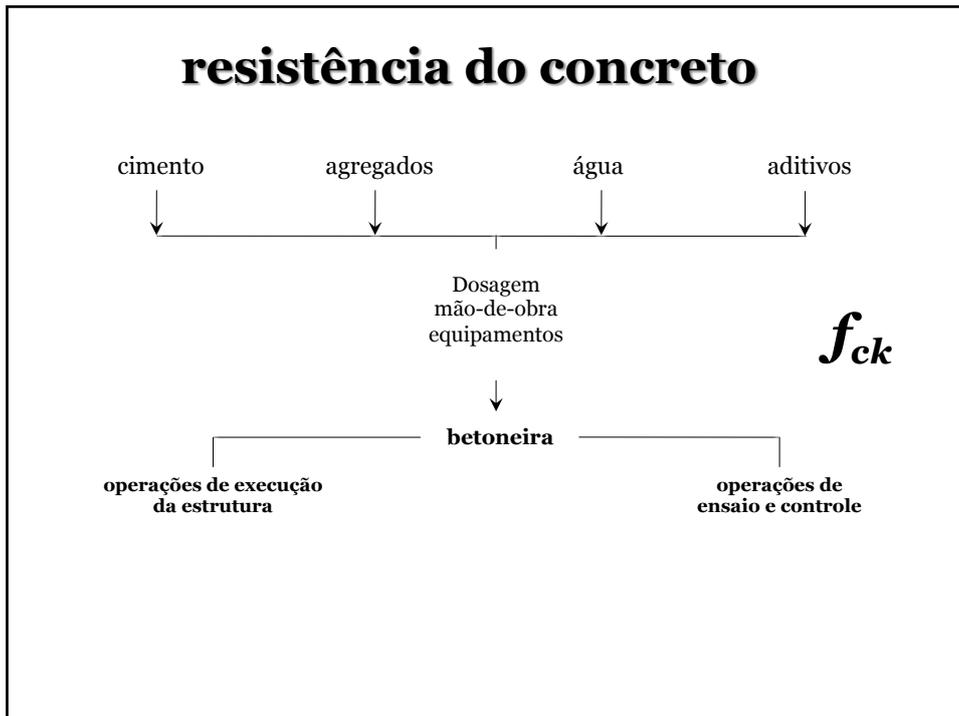
referencial de segurança

f_{ck}

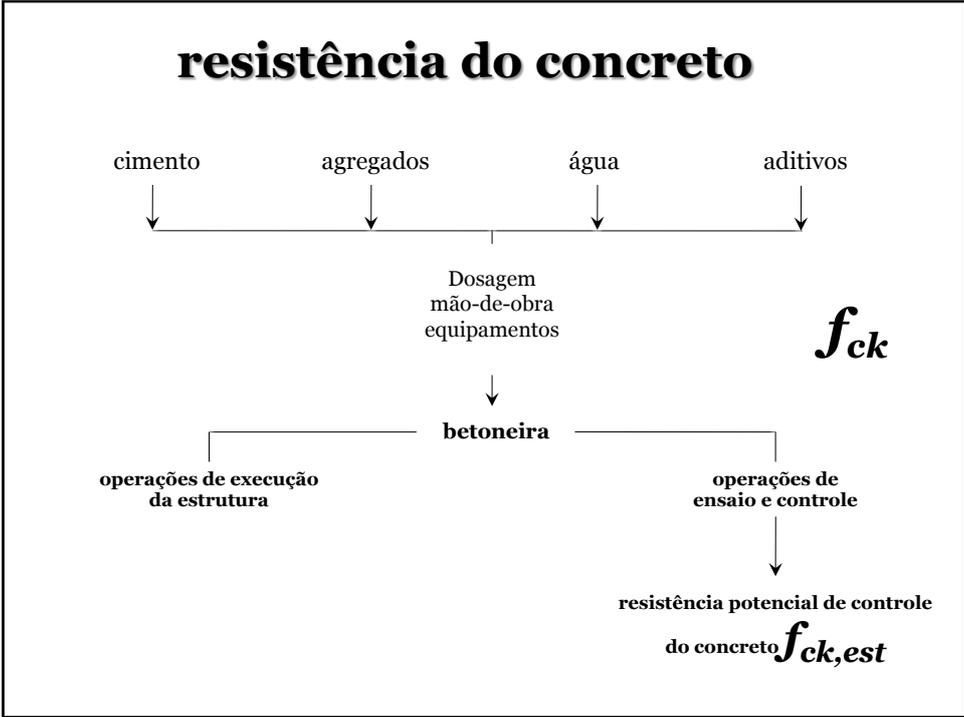
188



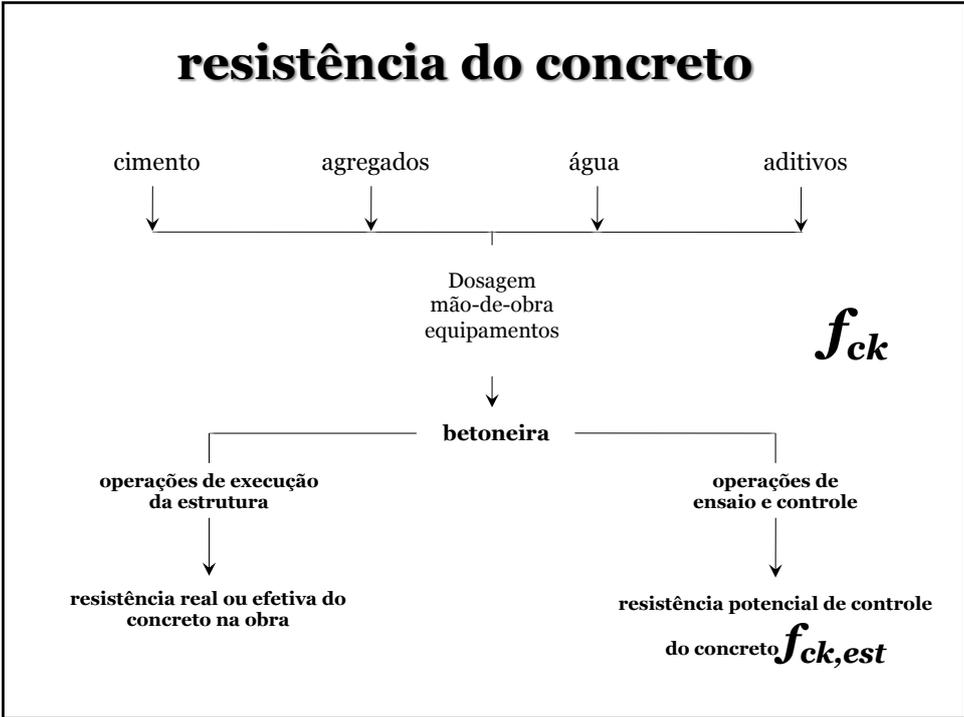
190



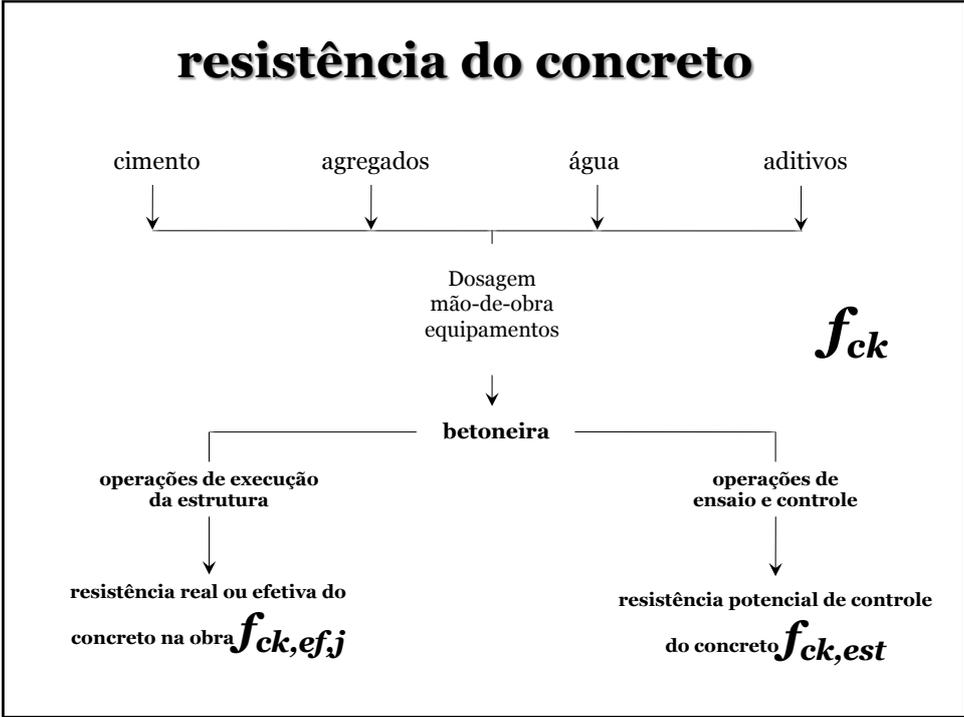
191



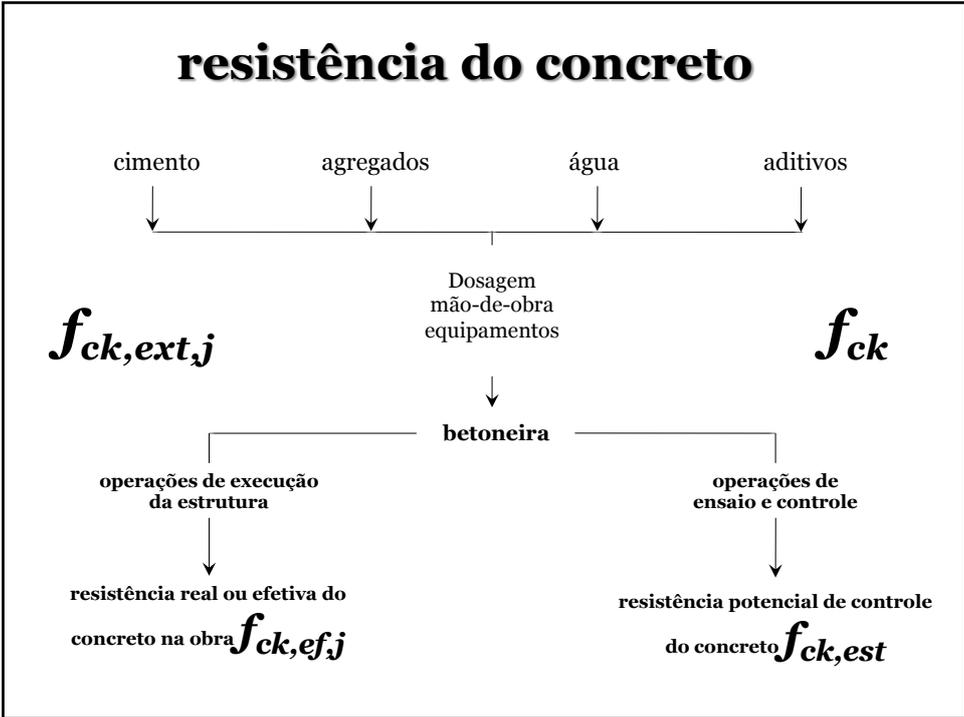
192



193



194



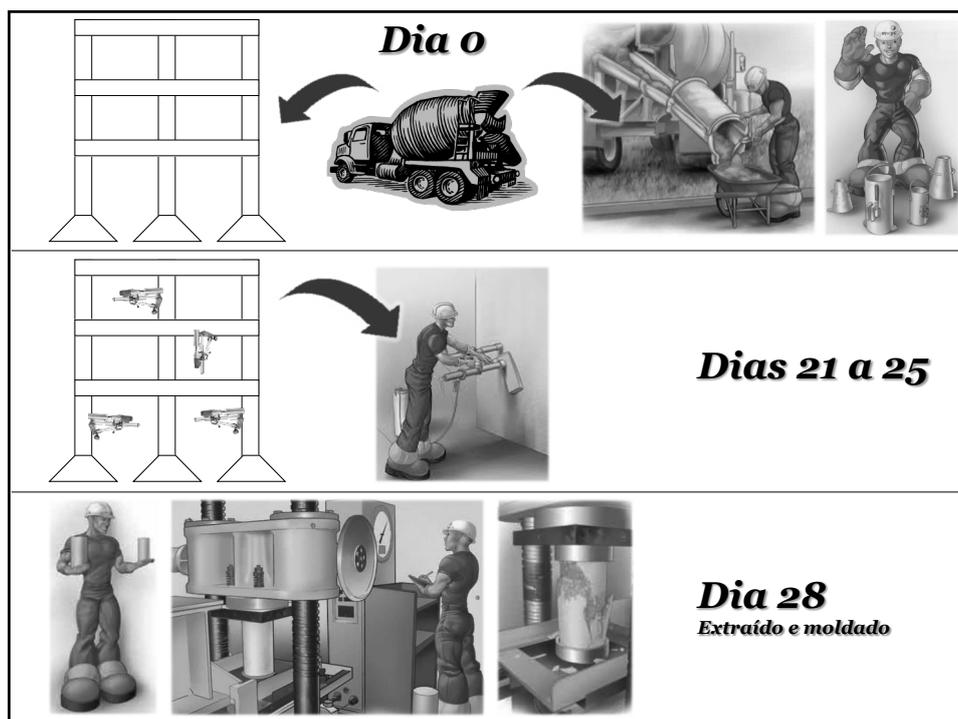
195

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

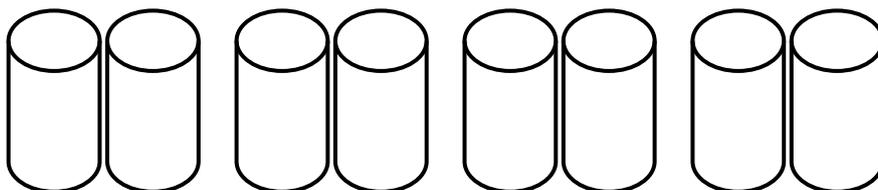
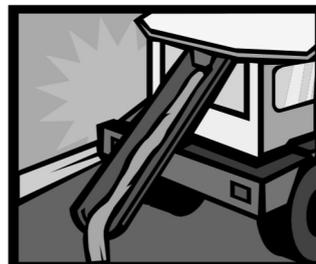
**encontrar um f_{ck} que viabilize revisar a
segurança, ou seja, verificar a
segurança conforme as convenções
universais de projeto estrutural de
ECAs**

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?

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

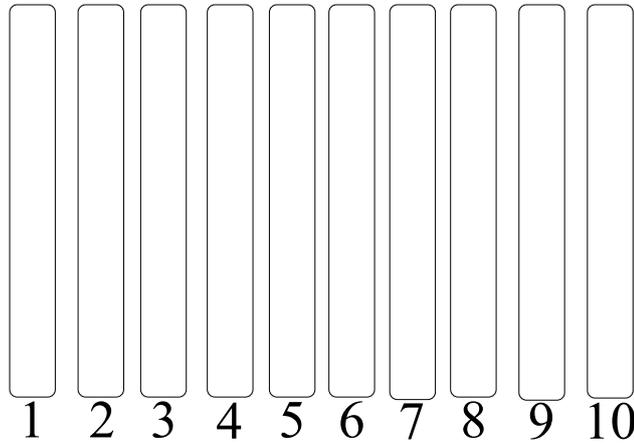
exemplar = mais alto ($f_{ck,est}$)

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

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

203

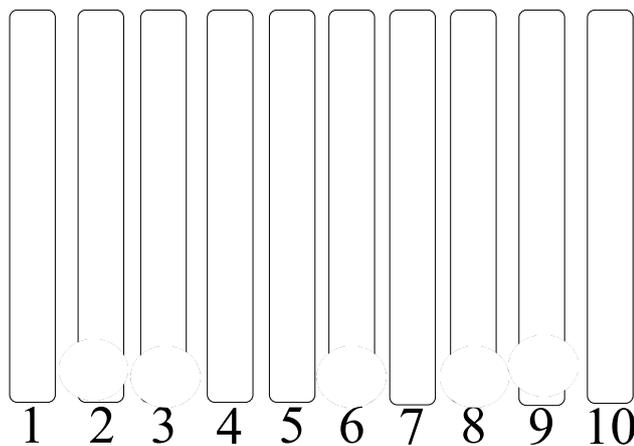
com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



f_{ck}
45MPa

204

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



205

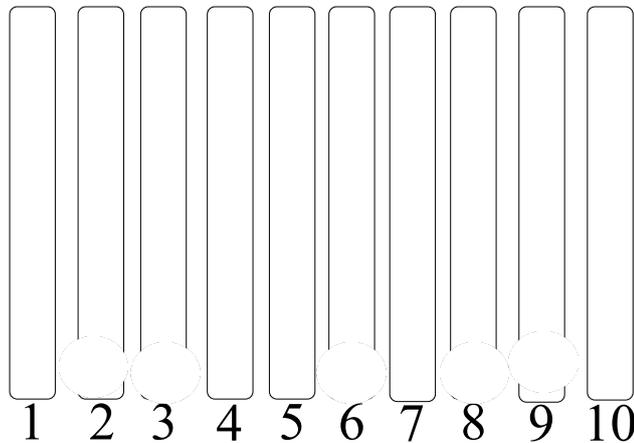


206



207

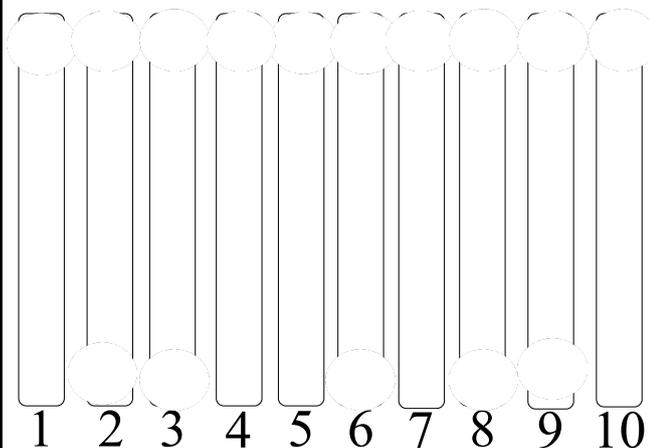
“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



f_{ck}
45MPa

208

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

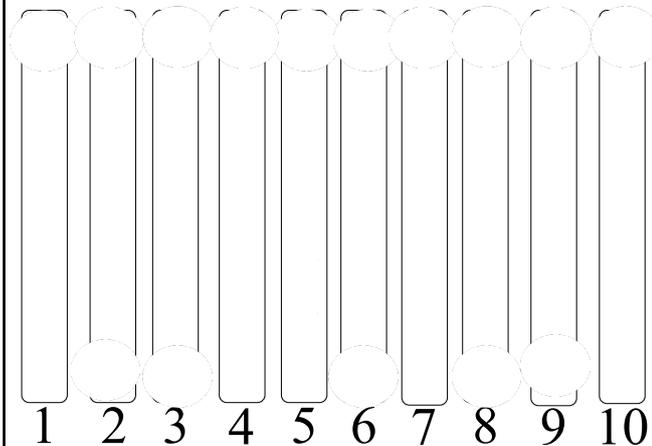


f_{ck}
45MPa

209

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

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

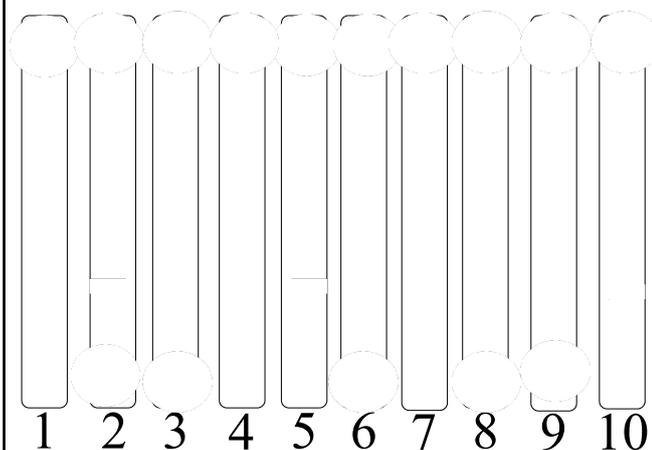


terço inferior

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



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

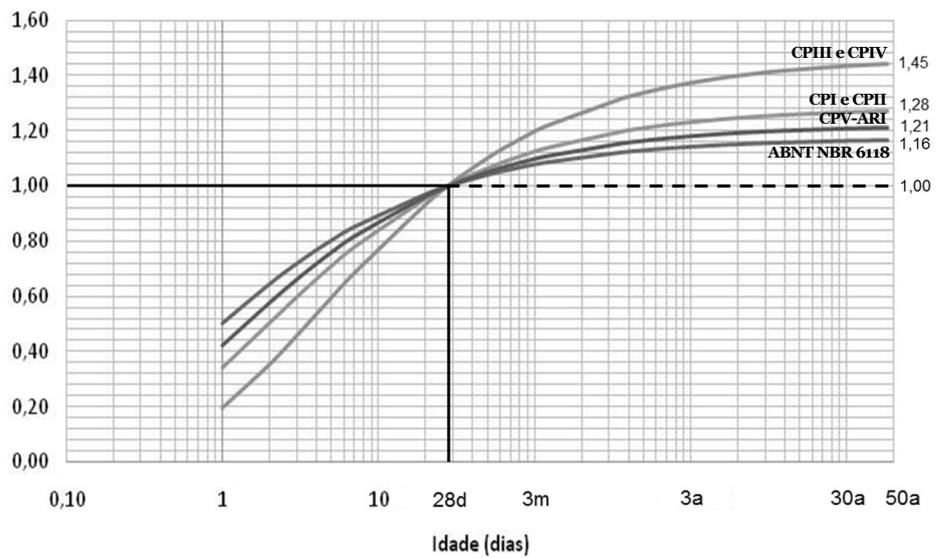
onde j é a idade do concreto em dias.

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

Evolução do crescimento da resistência do concreto em CP relaxado



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)*

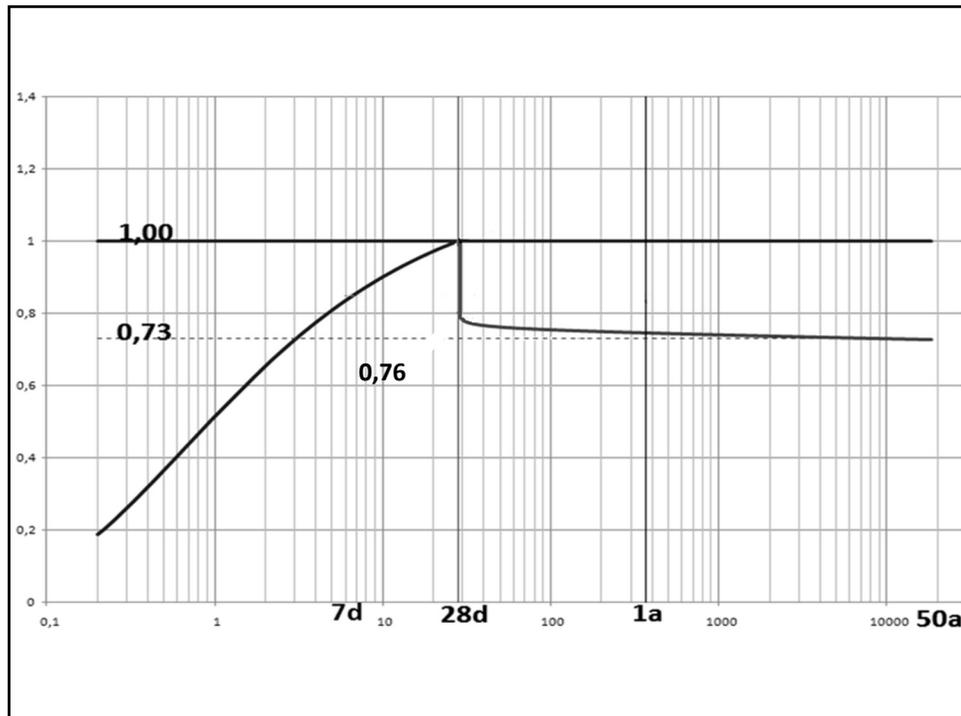
1. Qual a carga que realmente começa a reduzir a resistência?
2. Modelo para uma condição idealizada de laboratório?
3. Qual a história efetiva de carregamento?
4. Teria influência a cura, adensamento, temperatura, UR, cargas cíclicas, carbonatação,...

233

Incertezas ...

Desconhecimentos ...

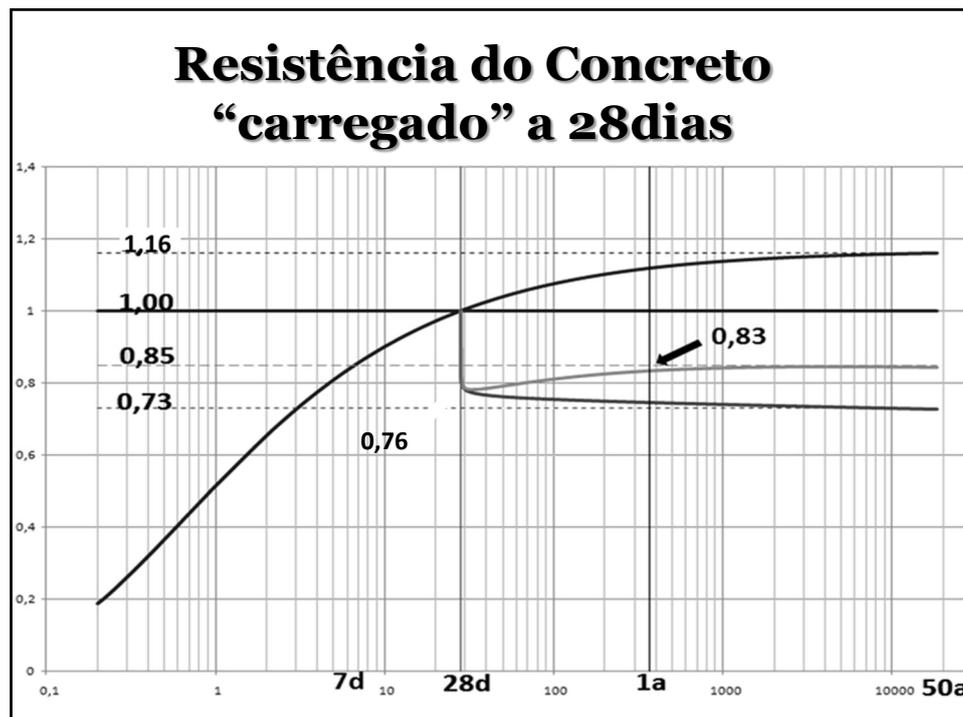
234



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