



**APROCONS**  
Asociación de Profesionales  
de la Construcción



**Consideraciones sobre las nuevas normativas**



PARAGUAY

## **ABNT NBR 12655:2014**

*Preparo, Control y Aceptación de Concreto Estructural*

y

## **ABNT NBR 7680:2015**

*Análisis de la Resistencia del Hormigón por Testigos Extraídos*



**Paulo Helene**

*Diretor PhD Engenharia*

*Conselheiro Permanente IBRACON*

*Prof. Titular Universidade de São Paulo*

*Presidente de honra ALCONPAT Internacional*

*Member fib(CEB-FIP) Service Life Design of Concrete Structures*

Sheraton

18 de Agosto de 2015

Asunción/PY

1

## ***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

2

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

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

3

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

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

no artigo 23:

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

4



5

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

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

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

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

6

## **2ª Edição/2006 e 3ª Edição/2015**

### **ABNT NBR 12655:2006**

*Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento -  
Procedimento*

### **ABNT NBR 12655:2015**

*Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento  
e aceitação - Procedimento*

**cancelamento e substituição  
da ABNT NBR 12654:1992**

7

## **ABNT NBR 12655:2015**

- ✓ **Coordenador:** Prof. Dr. Claudio Sbrighi Neto
- ✓ **Secretário:** Dr. Carlos Amado Brites
- ✓ **Vínculo:** CB-18 - (CE - 18:300.01)
- ✓ **Reuniões realizadas:** 6 (seis)\*
- ✓ **Participação da sociedade (P, C, N) - Aberto ao público**
- ✓ **Periodicidade:** março/2013 a fevereiro/2014
- ✓ **Profissionais / Empresas e Entidades:** 53 / 36
- ✓ **Consulta Nacional :** julho/2014 a setembro/2014
- ✓ **Número de votos:** 31
- ✓ **Compatibilização geral e de termos e definições (41)**
- ✓ **Normas correlatas:** 30

8

# ABNT CATÁLOGO

Segurança, Qualidade, Padrão e Confiança

Início
 Meu cadastro
 Meus pedidos
 Meu carrinho
 Perguntas Frequentes
 Instalação

Norma Técnica

Código	ABNT NBR 12655:2015
Data de Publicação:	15/01/2015
Válida a partir de:	15/02/2015
Título:	Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento
Título Idioma Sec.:	Portland cement concrete - Preparation, control, receipt and acceptance - Procedure
Comitê:	ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados
Nº de Páginas:	23
Status:	Em Vigor
Idioma:	Português
Organismo:	ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Preço (R\$):	101,00
Objetivo:	Esta Norma é aplicável a concreto de cimento Portland para estruturas moldadas na obra, estruturas pré-moldadas e componentes estruturais pré-fabricados para edificações e estruturas de engenharia.

**COMPRAR**

**CONTINUAR PESQUISANDO**

**VISUALIZE ANTES DE COMPRAR**  
Apenas para associados ABNT

9

## Termos e definições

*Novidade*

**3.41 recebimento do concreto: verificação da conformidade das propriedades especificadas para o estado fresco, efetuada durante a descarga da betoneira e, no caso do concreto dosado em central, abrange também a aprovação da documentação correspondente ao pedido do concreto**

**3.42 aceitação do concreto: verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto**

10

## **Escopo**

**Estabelece os requisitos para:**

- a) propriedades do concreto fresco e endurecido e suas verificações;**
- b) composição, preparo e controle do concreto;**
- c) recebimento e aceitação do concreto.**

**Se aplica a: concretos normais, pesados e leves.**

**não se aplica a: concreto massa, concretos aerados, espumosos e com estrutura aberta (sem finos).**

11



12

## Interação entre os intervenientes



projetista  
estrutural



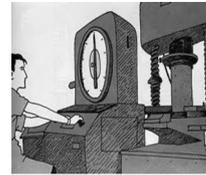
serviços de  
concretagem (execução)



construtora  
(consultor)



tecnologista  
(controlador)



laboratório  
(controle)

atribuições de incumbências bem definidas

13

## aplicando a norma



14

## **Ponderação**

**o que estamos realmente buscando quando aplicamos essa norma, juntamente com outras correlatas, num programa de qualidade em um empreendimento (obra) que envolve o material concreto armado em sua estrutura?**

15

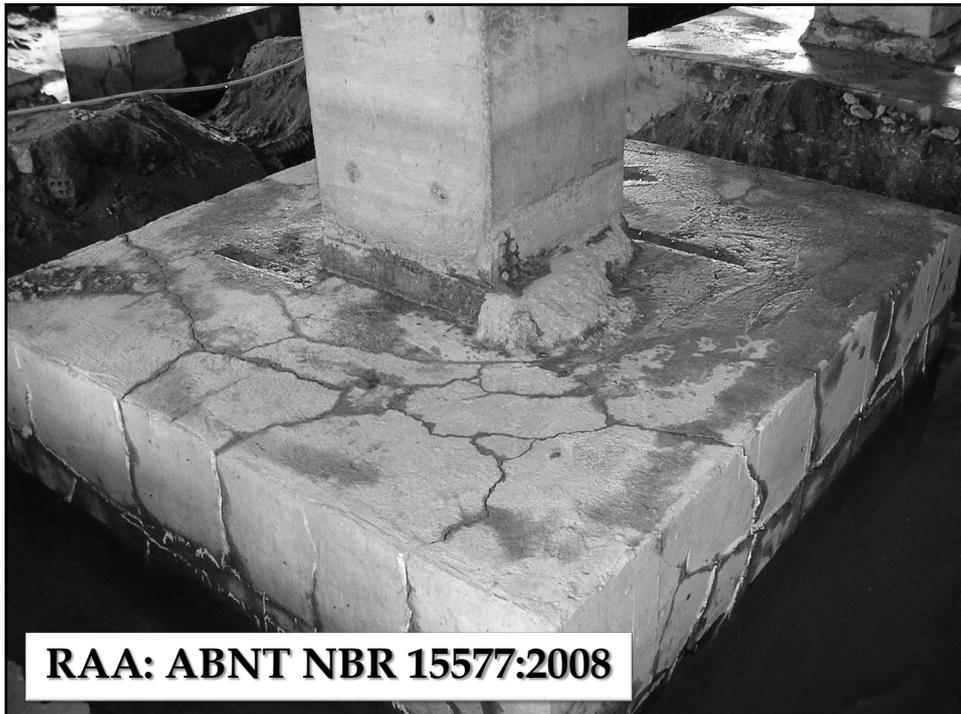
**Segurança e  
Vida útil!**

16

## Requisitos dos materiais componentes



17



18

## Durabilidade (classe de agressividade)

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 <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	



<sup>a</sup> 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).

<sup>b</sup> 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.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

19

## Durabilidade (qualidade do concreto)

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 <sup>3</sup>	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.

CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

20

# Durabilidade (condições especiais)

## Novidade

Tabela 3 – Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de $f_{ck}$ (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água, por exemplo, em caixas d'água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,45	40

21

# Sulfatos

## Novidade

Tabela 4 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água ( $SO_4$ ) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel ( $SO_4$ ) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal <sup>a</sup>	Mínimo $f_{ck}$ (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada <sup>b</sup>	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa <sup>c</sup>	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

<sup>a</sup> Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

<sup>b</sup> A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de  $SO_4$  seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

<sup>c</sup> Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

22

# Cloretos

*Novidade*

Tabela 5 – Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto

Classe de agressividade (5.2.2)	Condições de serviço da estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl <sup>-</sup> ) no concreto % sobre a massa de cimento
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

23

# Outros agentes agressivos (Anexo A)

*Novidade*

Tabela A.1 Características recomendadas para concreto exposto a soluções aquosas agressivas <sup>a</sup>

Condições de exposição em função da agressividade	pH <sup>b</sup> (Ver Bibliografia, [1])	CO <sub>2</sub> agressivo mg/L (Ver Bibliografia, [5])	Íon magnésio mg/L (Ver Bibliografia, [3])	Íon Amônia mg/L (Ver Bibliografia, [2])	Resíduo sólido mg/L (Ver Bibliografia, [4])	Máxima relação água/cimento <sup>b</sup>	Mínimo $f_{ck}$ MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	0,45	40

<sup>a</sup> Esta Tabela não é exaustiva e, para casos especiais e outras questões complementares, como o tipo e consumo de cimento, bem como da espessura mínima de cobrimento, deve-se consultar um especialista ou fazer uso de procedimentos e normas internacionais aplicáveis e aceitos pela comunidade tecnocientífica, como as constantes da bibliografia desta Norma, que foi utilizada para a elaboração deste Anexo.

<sup>b</sup> Propriedade adimensional.

24

## **Outros agentes agressivos (Anexo A)**

*Novidade*

- ✓ BRITISH CEMENT ASSOCIATION. Specifying concrete to BS EN 206-1/BS 8500: Concrete resistant to chemical attack. Cement Industry, 10p. London. 2001 – Reprinted 2004.
- ✓ BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. BRE Special Digest 1 – Concrete in Aggressive Ground. Third edition, p. 62. London. 2005.
- ✓ SALINAS, F. M.; ESCOBEDO, C. J. M. La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. IMCYC: Concreto y Cemento, v. 4, n° 1, p. 63-86. México. 2012.

**bibliografias de referência**

25

## **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/m<sup>3</sup>.

26

## 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



27

## 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:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times s_d$$

dependente da condição de preparo

onde

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

$f_{ckj}$  é a resistência característica do concreto à compressão, aos  $j$  dias, expressa em megapascals (MPa);

$s_d$  é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

28

## 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

29

## 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

30

## 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

31

## Ensaio de controle (consistência)

- ✓ Conforme ABNT NBR NM 67:1998;
- ✓ CAA: ABNT NBR 15823:2010;
- ✓ Para concreto preparado pelo construtor da obra, realizar ensaios:
  - ❖ se ocorrerem alterações na umidade dos agregados;
  - ❖ na primeira amassada do dia;
  - ❖ ao reiniciar o preparo após interrupção na concretagem de pelo menos 2h;
  - ❖ na troca dos operadores;
  - ❖ cada vez que forem moldados corpos de prova.

32

## Ensaio de controle (resistência)

*Novidade*

- ✓ **Conforme ABNT NBR 5739:2007;**
- ✓ **Formação de lotes:**

Tabela 7 – Valores máximos para a formação de lotes de concreto <sup>a</sup>

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

<sup>a</sup> No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1

<sup>b</sup> No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas

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

33

## Amostragem (definição)

- ✓ **Amostras devem ser coletadas aleatoriamente, conforme ABNT NBR NM 33:1998;**
- ✓ **As amostras são compostas por exemplares;**
- ✓ **Cada exemplar constitui-se de, no mínimo, dois CP's irmãos (mesma amassada, moldados no mesmo ato) para cada idade de ruptura, conforme ABNT NBR 5738:2015;**
- ✓ **Resistência do exemplar: o maior dos valores obtidos dos CP's no ensaio de resistência à compressão;**
- ✓ **A amostragem pode ser total ou parcial.**

34

# Amostragem total

*Novidade*

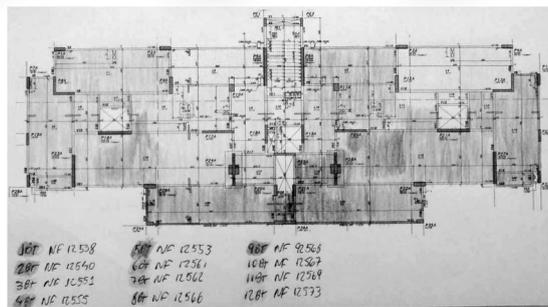
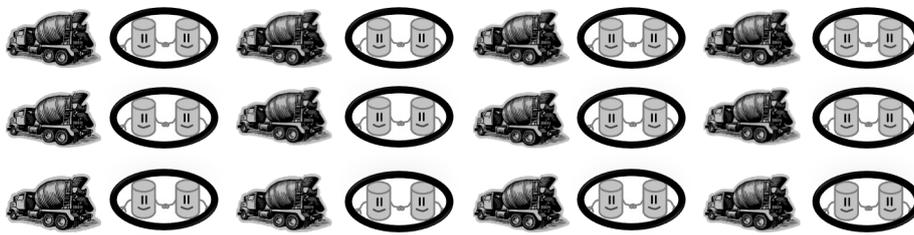
- ✓ Todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada:

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

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

35

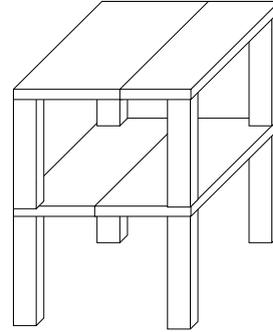
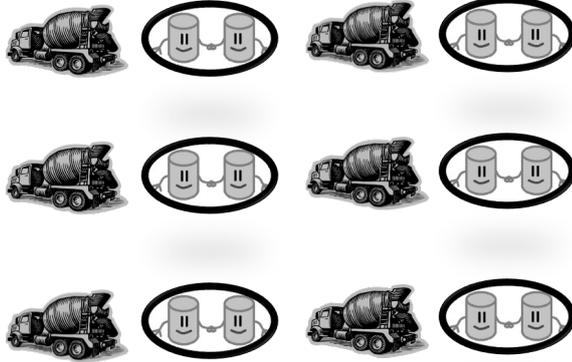
## Amostragem total (conceito)



36

## Amostragem total (aplicação)

$f_{ck}$  de projeto 35MPa

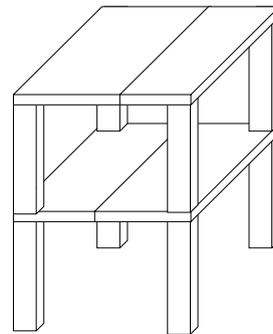
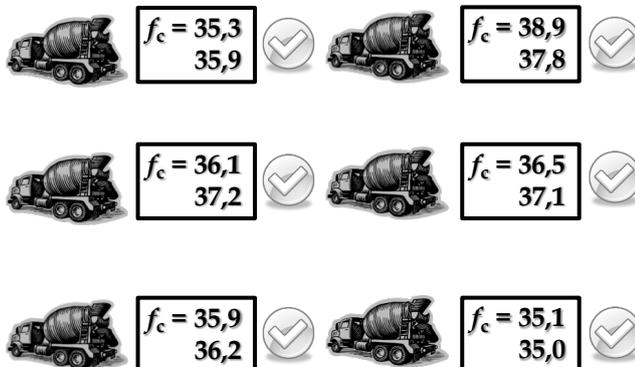


rastreabilidade

37

## Amostragem total (cenário 1)

$f_{ck}$  de projeto 35MPa



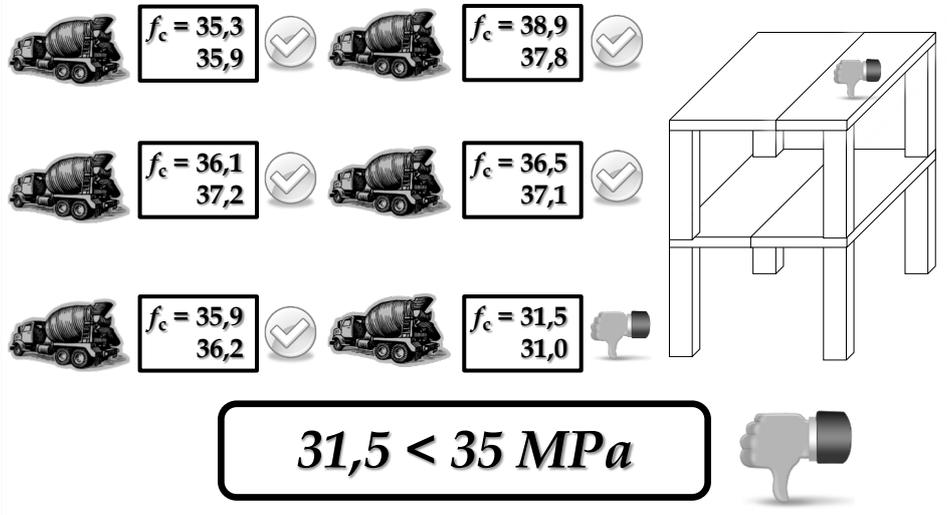
*todos > 35 MPa*



38

## Amostragem total (cenário 2)

$f_{ck}$  de projeto 35MPa



39

## Amostragem parcial (conceito)

- ✓ Coleta de exemplares de betonadas distintas;
- ✓ Concretos do grupo I (até C50): amostra de no mínimo 6 exemplares;
- ✓ Concretos do grupo II (superiores a C50): amostra de no mínimo 12 exemplares;
- ✓ Para lotes com número de exemplares  $6 \leq n < 20$ :

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

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.

40

# Amostragem parcial (conceito)

✓ Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_t$ ;

Tabela 8 – Valores de  $\Psi_6$

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

NOTA Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).

✓ Para lotes com número de exemplares  $n \geq 20$ :

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

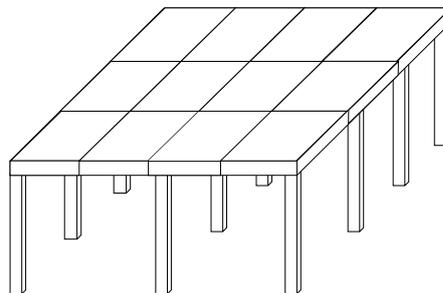
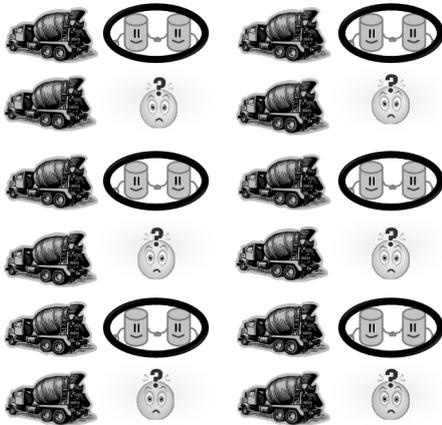
onde:

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

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

41

# Amostragem parcial (conceito)



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

exemplo concretagem de laje e vigas dum andar

Tabela 7 – Valores máximos para a formação de lotes de concreto <sup>a</sup>

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

<sup>a</sup> No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1

<sup>b</sup> No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas

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

42

## Amostragem parcial (aplicação)

concretagem de lajes e vigas de um andar: volume  $96\text{m}^3$   
 betonada (caminhão) com  $8\text{m}^3$  cada (total de 12 caminhões)  
 amostragem:  $96 / 6 = 16\text{m}^3$  (volume de dois caminhões)

$f_{ck}$  de projeto 35MPa

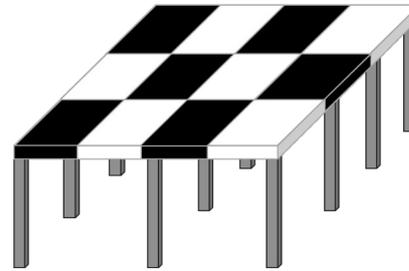
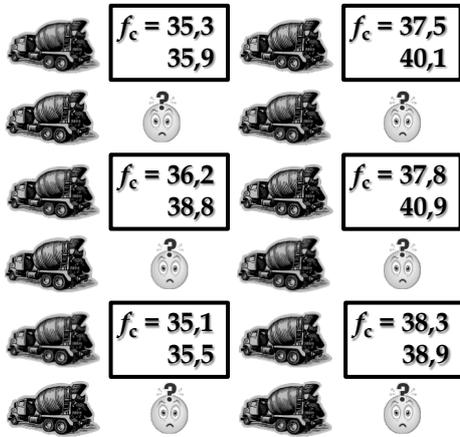


Tabela 8 - Valores de  $\gamma_6$

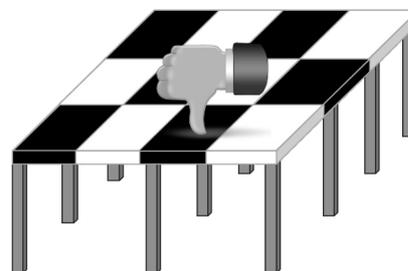
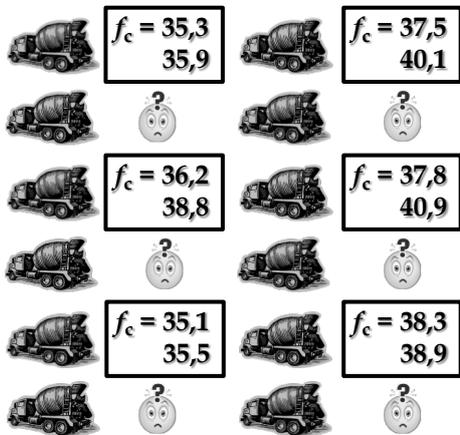
Condição de preparo	Número de exemplares (n)														
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	≥ 16			
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02				
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02				

NOTA - Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).

43

## Amostragem parcial (cenário 1)

$f_{ck}$  de projeto 35MPa



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

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{35,5 + 35,9}{2} - 38,8 = 32,6\text{MPa}$$

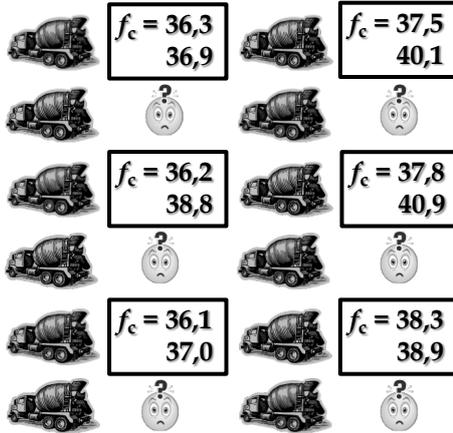
Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_i$ ;

$$\Psi_6 \times f_i = 0,92 \times 35,5 = 32,7\text{MPa}$$

$$s_d = 2,0$$

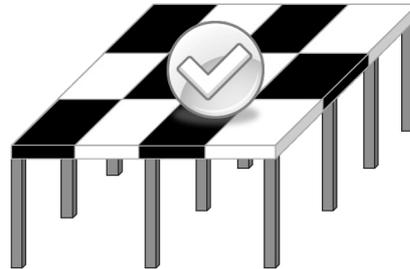
44

## Amostragem parcial (cenário 2)



$$s_d = 2,0^*$$

$f_{ck}$  de projeto 35MPa



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

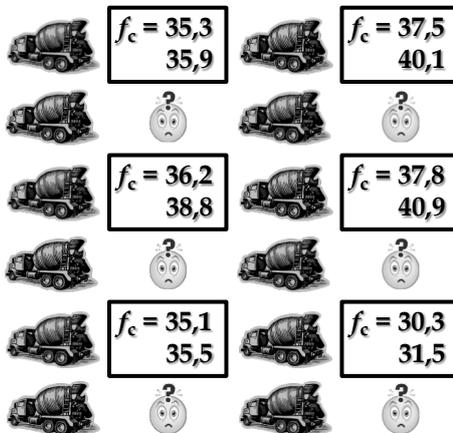
$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{36,9 + 37,0}{2} - 38,8 = 35,1 \text{MPa}$$

Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_i$ ;

$$\Psi_6 \times f_i = 0,92 \times 36,9 = 33,9 \text{MPa}$$

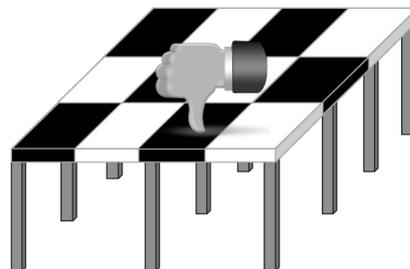
45

## Amostragem parcial (cenário 3)



$$s_d = 3,2$$

$f_{ck}$  de projeto 35MPa



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

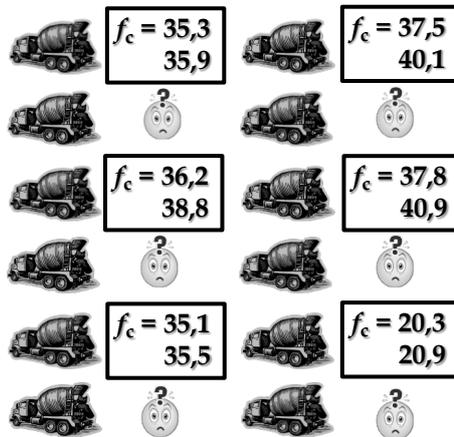
$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{31,5 + 35,5}{2} - 35,9 = 31,1 \text{MPa}$$

Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_i$ ;

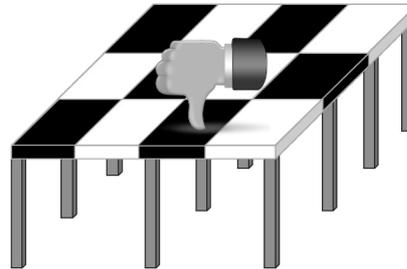
$$\Psi_6 \times f_i = 0,92 \times 31,5 = 29,0 \text{MPa}$$

46

## Amostragem parcial (cenário 4)



$f_{ck}$  de projeto 35MPa



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

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{20,9 + 35,5}{2} - 35,9 = 20,5 \text{ MPa}$$

Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_i$ ;

$$\Psi_6 \times f_i = 0,92 \times 20,9 = 19,2 \text{ MPa}$$

$$s_d = 6,8$$

47

## Amostragem parcial (caso $n \geq 20$ )

- ✓ Obra: galpão pré-moldado
- ✓ Concretagem de 07 vigas (0,4m x 0,5m x 10m)
- ✓ Volume total: 14m<sup>3</sup> (cada viga 2m<sup>3</sup>)
- ✓ Betoneira de obra com volume nominal de 500litros
- ✓ Quantidade aproximada de betonadas: 42
- ✓ Número de exemplares: 21 (50% de controle)
- ✓ Condição de preparo: B
- ✓  $f_{ck}$  de projeto 20MPa
- ✓ consumo mínimo de cimento: 300kg/m<sup>3</sup>

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

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.

48

## Amostragem parcial (Cenário 1)

						V1	$f_c = 20,3$ 20,9	$f_c = 25,9$ 26,3	$f_c = 24,4$ 26,9
						V2	$f_c = 21,2$ 23,8	$f_c = 21,8$ 22,2	$f_c = 21,2$ 22,6
						V3	$f_c = 20,1$ 20,5	$f_c = 25,1$ 25,5	$f_c = 23,3$ 25,6
						V4	$f_c = 22,5$ 25,1	$f_c = 22,5$ 24,1	$f_c = 21,5$ 22,9
						V5	$f_c = 22,8$ 25,9	$f_c = 21,3$ 23,8	$f_c = 23,0$ 23,9
						V6	$f_c = 23,3$ 23,9	$f_c = 28,3$ 28,8	$f_c = 20,6$ 22,1
						V7	$f_c = 22,9$ 23,5	$f_c = 20,0$ 23,9	$f_c = 24,1$ 24,9

$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times s_d$        $s_d = 2,0$   
 $f_{ck,est} = 24,1 - 1,65 \times 2,0 = 20,9 \text{MPa}$

49

## Amostragem parcial (Cenário 2)

						V1	$f_c = 20,3$ 20,9	$f_c = 25,9$ 26,3	$f_c = 24,4$ 26,9
						V2	$f_c = 21,2$ 23,8	$f_c = 21,8$ 22,2	$f_c = 21,2$ 22,6
						V3	$f_c = 17,8$ 18,0	$f_c = 25,1$ 25,5	$f_c = 23,3$ 25,6
						V4	$f_c = 22,5$ 25,1	$f_c = 22,5$ 24,1	$f_c = 21,5$ 22,9
						V5	$f_c = 22,8$ 25,9	$f_c = 21,3$ 23,8	$f_c = 23,0$ 23,9
						V6	$f_c = 23,3$ 23,9	$f_c = 28,3$ 28,8	$f_c = 20,6$ 22,1
						V7	$f_c = 22,9$ 23,5	$f_c = 17,7$ 18,0	$f_c = 24,1$ 24,9

$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times s_d$        $s_d = 2,6$   
 $f_{ck,est} = 23,7 - 1,65 \times 2,6 = 19,4 \text{MPa}$

50

## Amostragem parcial (Cenário 3)

						V1	$f_c = 20,3$ 20,9	$f_c = 25,9$ 26,3	$f_c = 24,4$ 26,9
						V2	$f_c = 21,2$ 23,8	$f_c = 21,8$ 22,2	$f_c = 21,2$ 22,6
						V3	$f_c = 20,1$ 20,5	$f_c = 14,0$ 14,1	$f_c = 23,3$ 25,6
						V4	$f_c = 22,5$ 25,1	$f_c = 22,5$ 24,1	$f_c = 21,5$ 22,9
						V5	$f_c = 22,8$ 25,9	$f_c = 21,3$ 23,8	$f_c = 23,0$ 23,9
						V6	$f_c = 23,3$ 23,9	$f_c = 28,3$ 28,8	$f_c = 20,6$ 22,1
						V7	$f_c = 22,9$ 23,5	$f_c = 20,0$ 23,9	$f_c = 14,1$ 14,9

$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times s_d$        $s_d = 3,5$   
 $f_{ck,est} = 23,1 - 1,65 \times 3,5 = 17,4\text{MPa}$

51

## Casos excepcionais (conceito)

- ✓ Número de betonadas (de pequeno volume) > número de exemplares;
- ✓ Dividir a estrutura em lotes de no máximo 10m<sup>3</sup>;
- ✓ Amostras com número de exemplares entre 2 e 5;
- ✓  $f_{ck,est} = \Psi_6 \times f_1$

geralmente em produção de concreto em obra

52

## Casos excepcionais (aplicação)

- ✓ Concretagem peça especial com volume de 10m<sup>3</sup>
- ✓ Betoneira de obra com volume nominal de 500litros
- ✓ Quantidade aproximada de betonadas: 30
- ✓ Número de exemplares: 4
- ✓ Condição de preparo: B
- ✓  $f_{ck}$  de projeto 20MPa
- ✓ consumo mínimo de cimento: 300kg/m<sup>3</sup>

Tabela 8 – Valores de  $\psi_6$

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

NOTA Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).

53

## Exemplo (cenário único)

$f_c = 21,3$   
 $21,9$

$f_c = 20,2$   
 $20,4$

$f_c = 20,1$   
 $22,4$

$f_c = 22,3$   
 $20,4$

$f_{ck,est} = \Psi_6 \times f_i$   
 $= 0,84 \times 20,4$   
 $= 17,1\text{MPa}$

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

54

## Conformidade dos lotes

- ✓ O valor estimado da resistência característica dos lotes de concreto (amostragem parcial) ou dos exemplares (amostragem total) deve atender ao especificado no projeto estrutural.



55

## Aceitação do concreto

- ✓ O concreto deve ser aceito se atendidas todas as condições estabelecidas na norma;
- ✓ Em caso de não conformidade, consultar a ABNT NBR 7680:2015.

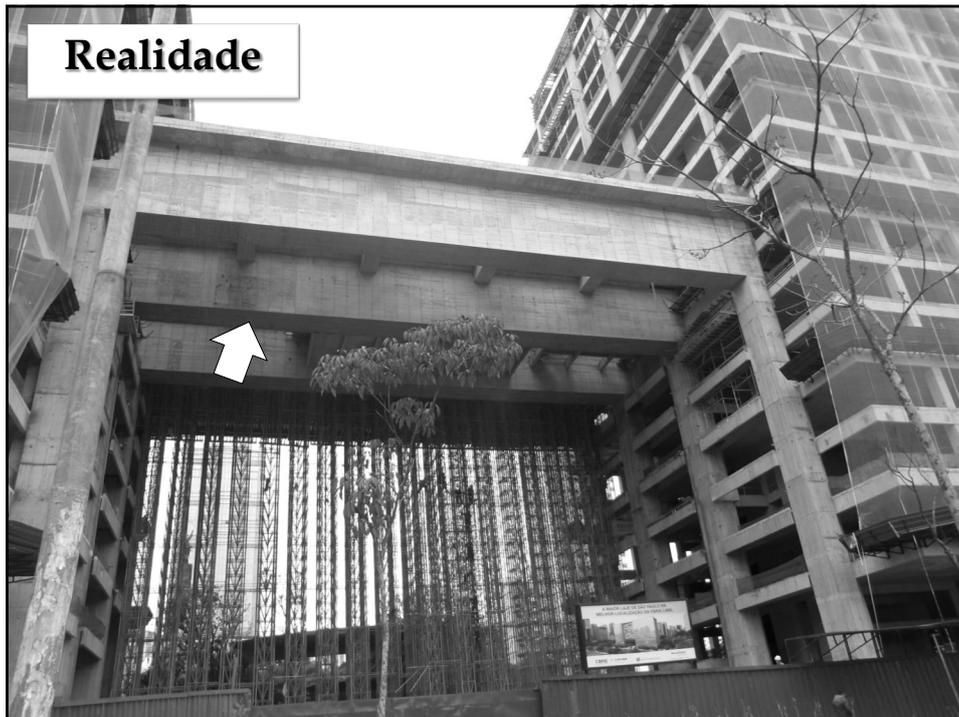


conformidade



não conformidade?

56



57

## **Ficha Técnica - V2**

- ✓ **viga protendida**
- ✓ **geometria "Viga T";**
- ✓ **volume aproximado de concreto: 500m<sup>3</sup>;**
- ✓ **concreto  $f_{ck}$  de projeto 50MPa;**
- ✓ **amostragem total (Laboratório 1);**
- ✓ **amostragem parcial (Laboratório 2).**

58

## Controle por amostragem total - V2

✓ Betonadas = Exemplares = 126

✓  $f_{ck}$  de projeto 50 MPa

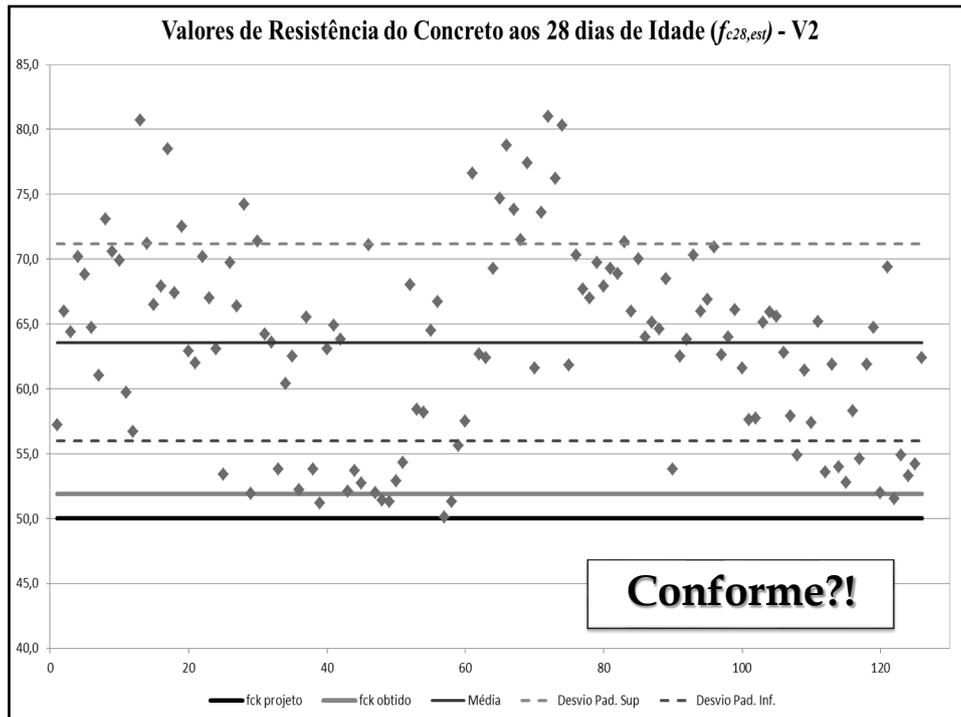
MÉDIO	63,6 MPa
MÁXIMO	81,0 MPa
MÍNIMO	50,1 MPa
desvio padrão	7,6 MPa
coeficiente variação em %	11,9

59



conforme

60



61

## Controle por amostragem parcial - V2

- ✓  $f_{ck}$  de projeto 50MPa;
- ✓ número de lotes = 5
- ✓ cada lote composto de 8 exemplares\*;
- ✓ total de 40 exemplares;
- ✓ condição de preparo do concreto = A;

*m* é igual a  $n/2$ ;

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

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

Tabela 8 – Valores de  $\psi/6$

Condição de preparo	Número de exemplares ( <i>n</i> )										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

NOTA Os valores de *n* entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).

62

**Lote 1**

**$f_{ck}$  de projeto 50MPa**

**Valores da resistência à compressão aos 28 dias de idade:**

BT	28 dias [MPa]	28 dias ordem crescente [MPa]
1	55,1	52,3
2	64,4	55,1
3	69,9	64,4
4	70,5	65,5
5	52,3	69,9
6	71,0	70,5
7	65,5	71,0
8	74,0	74,0

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

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{52,3 + 55,1 + 64,4}{4-1} - 65,5$$

$$f_{ck,est} = 49,0 \text{MPa}$$

Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_1$

$$\Psi_6 \times f_1 = 52,3 \times 0,95 = 49,7 \text{MPa}$$

$$\therefore f_{ck,est} = 49,0 \text{MPa} < 49,7 \text{MPa}$$

**"rejeitado"**

**n = 8 → m = 4**

63

**Lote 2**

**$f_{ck}$  de projeto 50MPa**

**Valores da resistência à compressão aos 28 dias de idade:**

BT	28 dias [MPa]	28 dias ordem crescente [MPa]
9	75,2	50,0
10	68,4	56,6
11	64,9	60,9
12	50,0	64,9
13	66,1	66,1
14	72,3	68,4
15	60,9	72,3
16	56,6	75,2

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

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{50,0 + 56,6 + 60,9}{4-1} - 64,9$$

$$f_{ck,est} = 46,8 \text{MPa}$$

Não se pode tomar para  $f_{ck,est}$  valor menor que  $\Psi_6 \times f_1$

$$\Psi_6 \times f_1 = 50,0 \times 0,95 = 47,5 \text{MPa}$$

$$\therefore f_{ck,est} = 46,8 \text{MPa} < 47,5 \text{MPa}$$

**"rejeitado"**

**n = 8 → m = 4**

64

Lote 3

f<sub>ck</sub> de projeto 50MPa

**Valores da resistência à compressão aos 28 dias de idade:**

BT	28 dias [MPa]	28 dias ordem crescente [MPa]	
17	79,3	57,1	$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1+f_2+\dots+f_{m-1}}{m-1} - f_m$
18	67,6	67,6	
19	76,2	69,6	
20	76,1	74,8	
21	74,8	76,1	$f_{ck,est} = 2 \times \frac{57,1 + 67,6 + 69,6}{4 - 1} - 74,8$
22	57,1	76,2	
23	84,0	79,3	$f_{ck,est} = 54,7\text{MPa}$
24	69,6	84,0	

**n = 8 → m = 4**

conforme

Não se pode tomar para f<sub>ck,est</sub> valor menor que Ψ<sub>6</sub> x f<sub>1</sub>  
 Ψ<sub>6</sub> x f<sub>1</sub> = 57,1 x 0,95 = 54,2MPa  
 ∴ f<sub>ck,est</sub> = 54,7MPa

65

Lote 4

f<sub>ck</sub> de projeto 50MPa

**Valores da resistência à compressão aos 28 dias de idade:**

BT	28 dias [MPa]	28 dias ordem crescente [MPa]	
25	78,8	53,3	$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1+f_2+\dots+f_{m-1}}{m-1} - f_m$
26	71,5	55,5	
27	66,2	57,8	
28	53,3	60,5	
29	57,8	66,2	$f_{ck,est} = 2 \times \frac{53,3 + 55,5 + 57,8}{4 - 1} - 60,5$
30	55,5	67,5	
31	67,5	71,5	$f_{ck,est} = 50,6\text{MPa}$
32	60,5	78,8	

**n = 8 → m = 4**

conforme

Não se pode tomar para f<sub>ck,est</sub> valor menor que Ψ<sub>6</sub> x f<sub>1</sub>  
 Ψ<sub>6</sub> x f<sub>1</sub> = 53,3 x 0,95 = 50,6MPa  
 ∴ f<sub>ck,est</sub> = 50,6MPa

66

Lote 5

f<sub>ck</sub> de projeto 50MPa

**Valores da resistência à compressão aos 28 dias de idade:**

BT	28 dias [MPa]	28 dias ordem crescente [MPa]	
33	55,2	50,4	$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$ $f_{ck,est} = 2 \times \frac{50,4 + 55,2 + 56,8}{4-1} - 61,2$ $f_{ck,est} = 47,1 \text{MPa}$
34	64,8	55,2	
35	61,2	56,8	
36	61,6	61,2	
37	63,4	61,6	<p>Não se pode tomar para f<sub>ck,est</sub> valor menor que Ψ<sub>6</sub> × f<sub>1</sub></p> $\Psi_6 \cdot f_1 = 50,4 \times 0,95 = 47,9 \text{MPa}$ <p>∴ f<sub>ck,est</sub> = 47,9MPa</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">"rejeitado"</div>
38	64,3	63,4	
39	56,8	64,3	
40	50,4	64,8	

n = 8 → m = 4

67

## Resumo dos resultados dos lotes

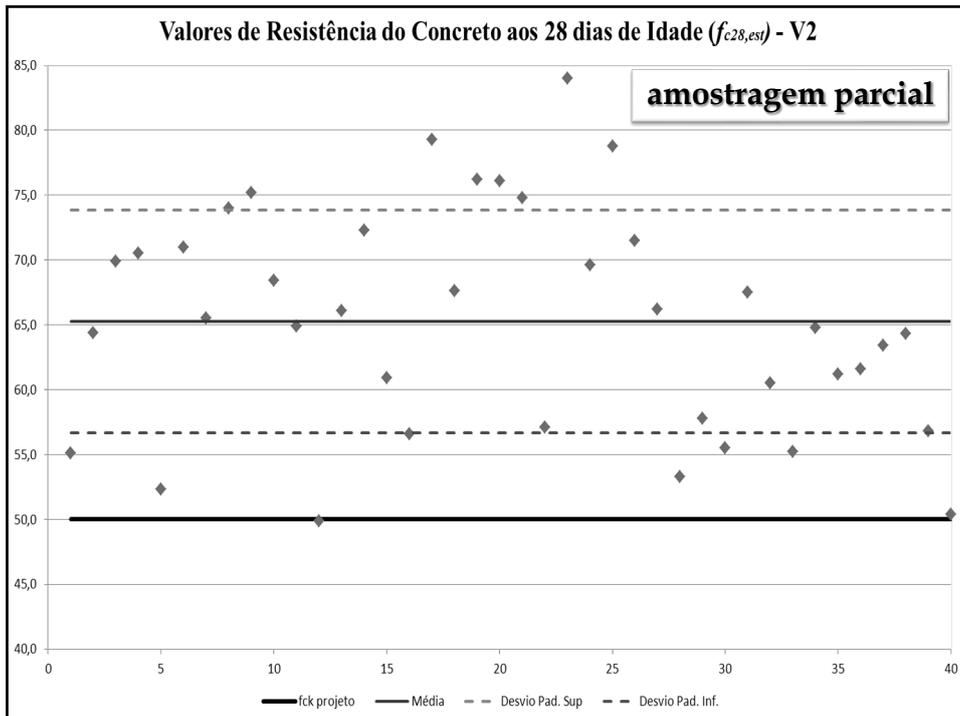
Lote	f <sub>ck,est</sub> [MPa]	S <sub>d</sub> [MPa]	
1	49,7	7,8	
2	47,5	8,3	
3	54,7	8,3	
4	50,6	8,7	
5	47,9	5,1	

3 lotes "rejeitados"

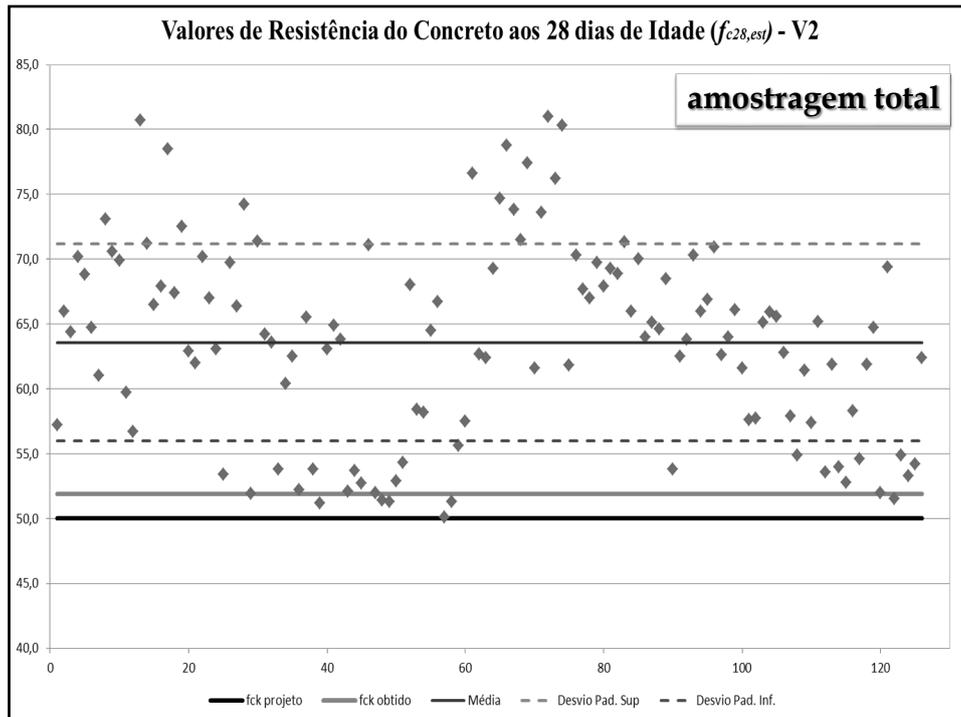
68



69



70



71

**Ponderação**

**serviços de  
concretagem?**

72

## Serviços de concretagem

### Controle por amostragem total - V2

	Real [MPa]	Norma [MPa]
MÉDIO	63,6	56,6
MÁXIMO	81,0	63,2
MÍNIMO	50,1	50,0
desvio padrão [MPa]	7,6	4,0
coeficiente variação em %	11,9	7,0

73

## Ponderação

**controle de  
recebimento do  
concreto?**

74

## **Controle de recebimento**

**fazemos direito?  
como contratar?**

75

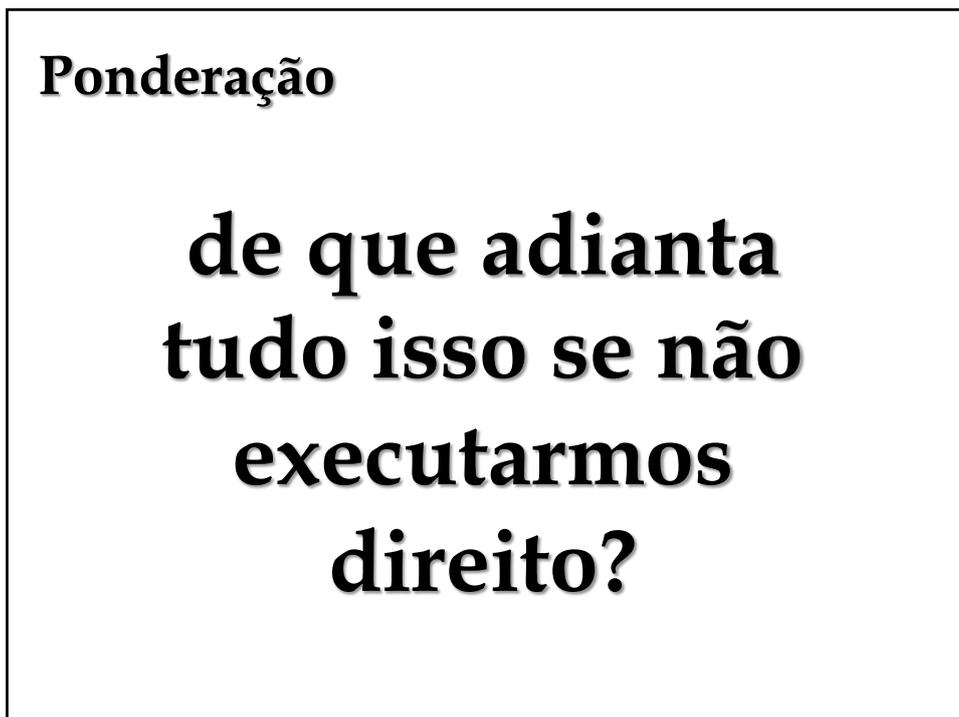
## **Controle tecnológico**

- ✓ **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)**

76



77



78

## Reflexão



79

## Reflexão



80

## Reflexão



81

## Reflexão



82

## Reflexão



83

## E depois extraímos assim...



84



85



86



87



88

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pelo ACI**

**ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete**  
*Chapter 5 Concrete quality, mixing, and placing, item 5.6 Evaluation and acceptance of concrete*

- Exige que o Laboratório de Controle seja acreditado pela norma ASTM C 1077 e que os laboratoristas sejam certificados pelo ACI;
- Obriga que os corpos de prova 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;
- É obrigatório medir e registrar a temperatura do concreto na “boca da betoneira” no momento de moldar os corpos de prova.

89

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pelo ACI**

**ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete**  
*Chapter 5 Concrete quality, mixing, and placing, item 5.6 Evaluation and acceptance of concrete*

- Recomenda que a retirada de corpos de prova obedeça a:
  - $\geq 1$  exemplar por dia de concretagem;
  - $\geq 1$  exemplar para cada  $115\text{m}^3$  de concreto;
  - $\geq 1$  exemplar para cada  $465\text{m}^2$  de área construída;
  - Dispensado o controle para volumes inferiores a  $36\text{m}^3$ , desde que exista carta de traço aprovada;
  - Cada betonada fornece apenas um resultado;
  - O tamanho mínimo da amostra deve ser de 5 exemplares e quando não houver 5 betonadas pode ser menor que 5;
  - 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.

90

## Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pelo ACI

**ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete**  
*Chapter 5 Concrete quality, mixing, and placing, item 5.6 Evaluation and acceptance of concrete*

- Como critério de aceitação exige:
  1. A média móvel de quaisquer 3 resultados consecutivos, cronologicamente falando, deve ser  $\geq f_{ck}$  (na verdade  $f'_c$ , que é a notação americana e que corresponde ao quantil inferior de 10%);
  2. Nenhum resultado individual deve ser inferior em 3,5MPa em relação ao valor característico (até  $f_{ck} = 35\text{MPa}$ );
  3. Nenhum resultado individual deve ser inferior a  $0,9 \cdot f_{ck}$  para  $f_{ck} > 35\text{MPa}$ .

∴ É recomendado um controle por amostragem, bem leve, superficial (uma betonada por dia!) com uso obrigatório de estimadores e com julgamento de grandes volumes de concreto de uma só vez.

91

## Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pelo *fib* Model Code 2010

**No *fib* Model Code 2010 não constam referências para controle da resistência do concreto, salvo rápida referência à ISO 22965 e à EN 206.**

92

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pelo Eurocode II**

**O EuroCode II também remete as diretrizes para controle e recebimento à *EN 206-1: Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity*. Chapter 8 – *Conformity Control and Conformity Criteria*. 8.2.1 *Conformity control for compressive strength*.**

93

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pela EN 206-1**

- Além da responsabilidade pela produção do concreto, cabe ao Produtor (Empresa de Serviços de Concretagem) também aferir a conformidade do concreto;
- Recomenda que a amostragem siga a *EN 12350-1 Testing Fresh Concrete*.

94

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pela EN 206-1**

- Recomenda que a retirada de corpos de prova obedeça a:
  - *Produção inicial*: corresponde à situação de início de produção de concreto até que sejam disponíveis resultados de, pelo menos, 35 exemplares durante, no máximo, 12 meses:
    - ✓ O resultado do exemplar é a média de 2 ou 3 corpos de prova da mesma betonada. Caso um desses resultados individuais difira  $\pm 15\%$  dessa média, o resultado deve ser descartado;
    - ✓ Aleatoriamente, escolher 3 exemplares dos primeiros 50m<sup>3</sup> da produção;
    - ✓ Daí em diante, retirar 1 exemplar a cada 200m<sup>3</sup> ou pelo menos 2 exemplares por semana, para concretos com certificação de controle de produção;
    - ✓ Daí em diante, retirar 1 exemplar a cada 150m<sup>3</sup> ou pelo menos 1 exemplar por dia, para concretos sem certificação de controle de produção.

95

## **Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pela EN 206-1**

- Recomenda que a retirada de corpos de prova obedeça a:
  - *Produção contínua*: corresponde à situação na qual já são conhecidos mais de 35 resultados:
    - ✓ A partir dos 50m<sup>3</sup> iniciais, retirar 1 exemplar a cada 400m<sup>3</sup> ou pelo menos 1 exemplar por semana, para concretos com certificação de controle de produção;
    - ✓ A partir dos 50m<sup>3</sup> iniciais, retirar 1 exemplar a cada 150m<sup>3</sup> ou pelo menos 1 exemplar por dia, para concretos sem certificação de controle de produção;
    - ✓ As amostras devem ser retiradas somente após a adição de 100% da água e do aditivo;
    - ✓ O desvio padrão de produção não pode superar em 37% o desvio padrão de dosagem. Caso isso ocorra, aferido pelos últimos 15 resultados, todo o controle deve se intensificar retornando à condição de Produção Inicial, que é um pouco mais rigorosa e precisa, mas ainda bem longe de um controle ideal.

96

## Controle de aceitação/rejeição do concreto recomendado pela EN 206-1

- Como critério de aceitação, 8.2.1.3 *Conformity criteria for compressive strength*, exige:
  - Para Produção inicial:
    - ✓ Critério 1: a média de, no mínimo, 3 resultados consecutivos deve ser  $\geq f_{ck} + 4$ , qualquer que seja o  $f_{ck}$ ;
    - ✓ Critério 2: qualquer valor individual deve ser  $\geq f_{ck} - 4$ , qualquer que seja o  $f_{ck}$ ;
  - Para Produção contínua:
    - ✓ Critério 1: a média de, no mínimo, 15 resultados consecutivos deve ser  $\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ , qualquer que seja o  $f_{ck}$ ;
    - ✓ Critério 2: qualquer valor individual deve ser  $\geq f_{ck} - 4$ , qualquer que seja o  $f_{ck}$ .

∴ Novamente, pode-se verificar que se trata de um controle por amostragem, bem leve, muito superficial (uma betonada por semana!) com uso obrigatório de estimadores e com julgamento de grandes volumes de concreto de uma só vez, permitindo julgar todo o concreto produzido em 1ano!

97

## Mensagem final

**Usar as normas  
e as boas  
práticas de  
engenharia**

98

# **OBRIGADO!**



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

**[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)**  
**[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)**

**11-2501-4822 / 23**  
**11-95045-5562**