



IBRACON

## Análisis de Resistencia del Concreto en Estructuras Acabadas. Edificaciones.

Paulo Helene

Presidente ALCONPAT

Diretor PhD Engenharia

Diretor Conselheiro IBRACON

Prof. Titular Universidade de São Paulo USP

fib (CEB-FIP) member of Model Code for Service Life

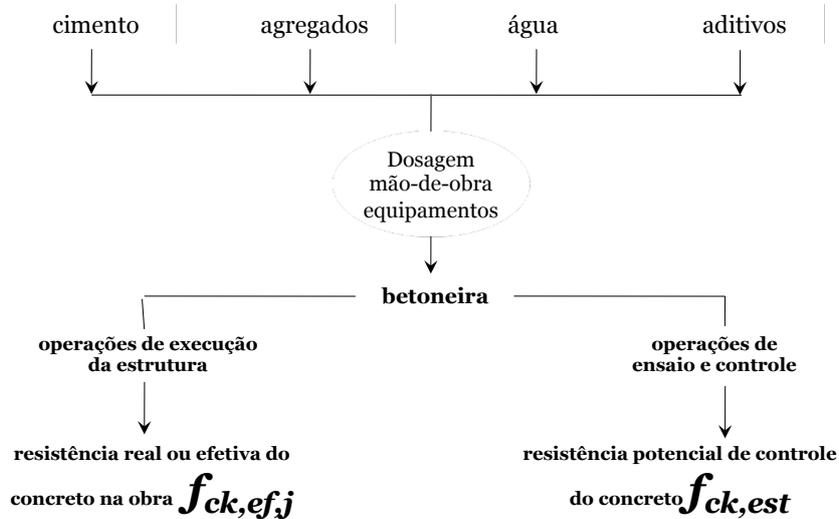
Hotel Vista Real

15 de Marzo de 2011

Guatemala

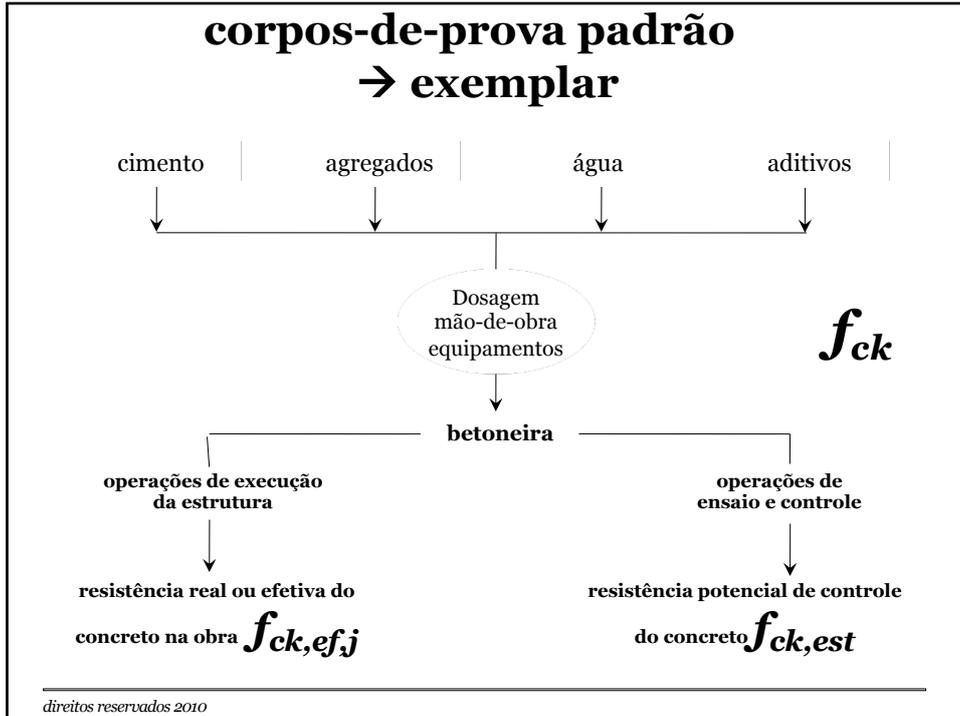
1

### corpos-de-prova padrão → exemplar

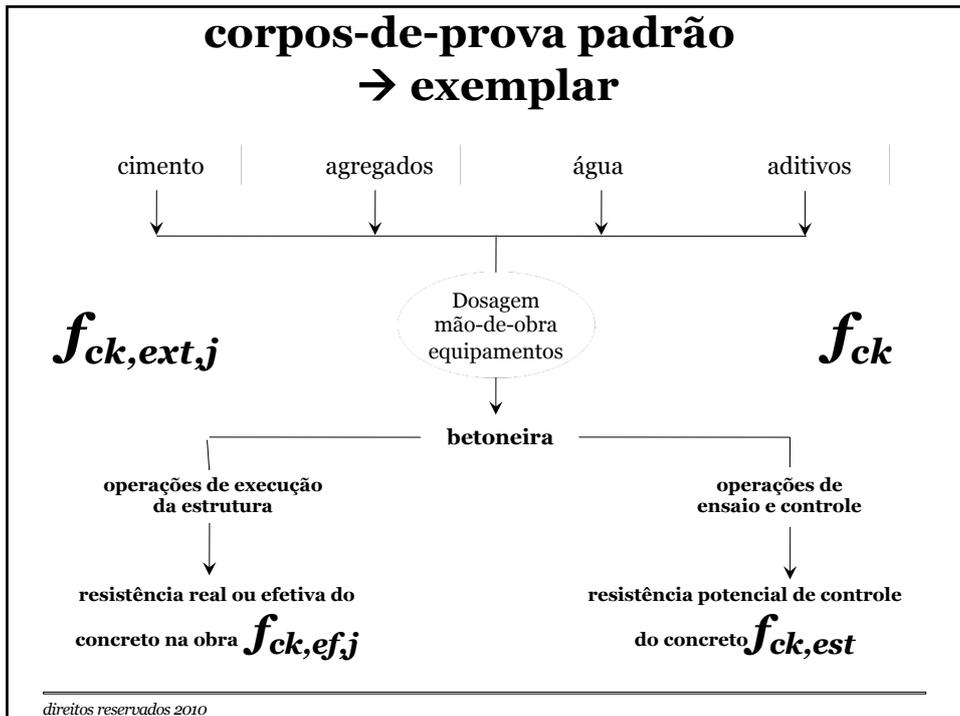


direitos reservados 2010

2



3



4

<b>razões</b>	<b>escopo</b>	<b>ações</b>
$f_{ck,est} < f_{ck}$	qual o novo $f_{ck}$ para verificação da segurança estrutural	trata-se de transformar o resultado de $f_{c,ext,j}$ num $f_{ck}$ equivalente
concreto não conforme com o especificado	analisar o concreto para comparar com o especificado / pedido	trata-se de pesquisar se a composição, traço, resistência e outras características e propriedades do concreto entregue
concreto exposto a meio agressivo	analisar características e propriedades do concreto determinantes da vida útil	trata-se de uma análise complexa de ciclo de vida do concreto naquele meio
qualidade da execução da estrutura	analisar homogeneidade do concreto, geometria, tolerâncias	trata-se de uma aferição da qualidade das concretagens e precisão da execução frente às tolerâncias de norma
perícia	inspeção e diagnóstico para esclarecer um problema patológico	trata-se de esclarecer um colapso parcial ou total, um problema patológico grave, uma flecha exagerada, etc.
mudança de uso, retrofit	avaliar o estado atual da estrutura	trata-se de uma análise tipo “as built” da estrutura.

5

<b>razões</b>	<b>escopo</b>	<b>ações</b>
$f_{ck,est} < f_{ck}$	qual o novo $f_{ck}$ para verificação da segurança estrutural	trata-se de transformar o resultado de $f_{c,ext,j}$ num $f_{ck}$ equivalente
concreto não conforme com o especificado	analisar o concreto para comparar com o especificado / pedido	trata-se de pesquisar se a composição, traço, resistência e outras características e propriedades do concreto entregue
concreto exposto a meio agressivo	analisar características e propriedades do concreto determinantes da vida útil	trata-se de uma análise complexa de ciclo de vida do concreto naquele meio
qualidade da execução da estrutura	analisar homogeneidade do concreto, geometria, tolerâncias	trata-se de uma aferição da qualidade das concretagens e precisão da execução frente às tolerâncias de norma
perícia	inspeção e diagnóstico para esclarecer um problema patológico	trata-se de esclarecer um colapso parcial ou total, um problema patológico grave, uma flecha exagerada, etc.
mudança de uso, retrofit	avaliar o estado atual da estrutura	trata-se de uma análise tipo “as built” da estrutura.

6

# Preliminares

IBRACON

→ Durante o controle de recebimento (obra):

$$f_{ck,est} < f_{ck}$$

*Pode haver problemas na produção do concreto → CONCRETEIRA*

*Pode haver problemas no controle → LABORATÓRIO*

→ Precisa extrair testemunhos:

*Pode haver problemas na execução → CONSTRUTORA*

*Pode haver problemas nos ensaios → (outro) LABORATÓRIO*

*Pode haver problemas na análise → PROJETISTA / CONSULTOR*

direitos reservados 2010

7

# Preliminares

IBRACON

*Um concreto conforme é aquele que apresenta resistência à compressão igual ou superior ao  $f_{ck}$  de projeto em 95% do volume de concreto da estrutura em construção.*

*Por exemplo: numa estrutura de edifício com 20 andares de  $100\text{m}^3$  por andar daria um volume total de  $2.000\text{m}^3$  de concreto.*

*Em princípio  $100\text{m}^3$  (cerca de 12 caminhões-betoneira) poderia apresentar resistência abaixo de  $f_{ck}$  e o concreto ainda assim estaria conforme.*

direitos reservados 2010

8

# Preliminares

IBRACON

***Portanto é preciso saber CONVIVER com esse problema.***

***É preciso saber ONDE está esse concreto e QUAL sua resistência efetiva.***

***Só sabe quem CONTROLA.***

***Um caminhão-betoneira pode concretar 10 pilares ou mais de um edifício !***

direitos reservados 2010

9

# Definições

IBRACON

$f_{cd}$  → resistência de cálculo do concreto à compressão adotada no projeto

$\sigma_{cd}$  → tensão de cálculo do concreto à compressão adotada no projeto

$f_{ck}$  → resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural (28 dias)

$f_{ck,est}$  → resistência característica do concreto à compressão estimada a partir de corpos-de-prova moldados (28 dias)

$f_{c,ext,j}$  → resistência do concreto à compressão obtida a partir de testemunhos extraídos na idade  $j$  (dias)

direitos reservados 2010

10

## Normatização Internacional

IBRACON

1. *fib(CEB-FIP) Model Code 2010. Draft Model Code. March 2010. Bulletin 55. v.1*
2. *fib(CEB-FIP) Bulletin 22 Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures. State-of-art Report. 304p. 2003.*
3. *fib(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999. Structural Concrete. updating CEB/FIP Model Code 90)*
4. *fib(CEB-FIP) bulletin n.54. v.4. October 2010. Manual, Textbook on Behavior, Design and Performance. Structural Concrete*
5. *ISO 13822:2010. Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization. 2010. 44 p.*

direitos reservados 2010

11

## Normatização Internacional

IBRACON

6. *EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*
7. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
8. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
9. *ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.*

direitos reservados 2010

12

# Normatização Internacional

IBRACON

6. **EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.**
7. **ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.**
8. **ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.**
9. **ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.**

direitos reservados 2010

13

## **ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.**

Chapter 9. Item 9.1 → Conversion of core strengths to equivalent in-place strength

IBRACON

$$f_c = F_{l/d} * F_{dia} * F_{mc} * F_d * f_{core}$$

$F_{l/d}$  → depende de  $l/d$  ( $l/d = 2 \rightarrow 1$  e  $l/d = 1 \rightarrow 0,87$ )

$F_{dia}$  → depende do diâmetro ( $f=150\text{mm} \rightarrow 0,98$ ;  $f=100\text{mm} \rightarrow 1,00$ ;  $f=50\text{mm} \rightarrow 1,06$ )

$F_{mc}$  → depende do sazonalamento (padrão = 1,00; submerso  $2d = 1,09$ ; seco  $7d = 0,98$ )

$F_d$  → correção efeito deletério do broqueamento = 1,06

observar que para um testemunho de diâmetro 5cm, com  $h/d=2$  e rompido submerso / saturado,  $f_c = 1 * 1,06 * 1,09 * 1,06 * f_{core} \rightarrow f_c = 1,225 * f_{core}$

direitos reservados 2010

14

**ACI 318M-08 Building Code Requirements for  
Structural Concrete. 2008. 470p.**

Chapter 5. Concrete Quality, Mixing, and Placing

IBRACON

Item 5.6.5 Investigation of low-strength test results:

...concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if the average of three cores is equal to at least 85 percent of  $f'_c$  and if no single core is less than 75 percent of  $f'_c$ ... (corresponde a  $f'_c = 1,18 * f_{core,av}$  ou  $f'_c = 1,33 * f_{core,min}$ )

5.6.5 comments → ...core tests having an average of 85 percent of the specified strength are realistic. To expect core tests to be equal to  $f'_c$  is not realistic, since differences in the size of specimens, conditions, of obtaining samples, and procedures for curing, do not permit equal values to be obtained...

5.6.5.5 ...if criteria of 5.6.5.4 are not met and if the structural adequacy remains in doubt...strength evaluation accordance with chapter 20...

15

**ACI 318M-08 Building Code Requirements for  
Structural Concrete. 2008. 470p.**

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

IBRACON

20.2.3 ...for strength evaluation of an existing structure, cylinder or core test data shall be used to estimated an equivalent  $f'_c$ . The method for obtaining and testing cores shall be in accordance with ASTM C42M...

20.2.5 ...it shall be permitted to increase the strength reduction factor  $\phi$  but  $\phi$  shall be according with Table 20.2.5.1

Table 20.2.5.1 Factor  $\phi$  to reduce the concrete strength.

sections	item 9.3.2	item 20.2.5	aumento
tension controlled sections	0,90	1,00	1,11
compression controlled sections			
members with spiral reinforcement	0,75	0,90	1,20
other reinforced members	0,65	0,80	1,23
shear and/or torsion	0,75	0,80	1,06
bearing on concrete (engastar)	0,65	0,80	1,23

16

## Normatização Internacional

IBRACON

duas partes bem distintas:

1. Uma primeira relativa a ensaio, ou seja, passar de  $f_{c,ext}$  a  $f_c$  equivalente, para a qual algumas normas chegam até a recomendar explicitamente um especialista em tecnologia de concreto. Corresponde à inspeção da estrutura, pacometria, esclerometria e ultrassom, amostragem, extração, prumo, excentricidade, medidas geométricas “as built” de campo, transporte dos testemunhos, preparação dos topos, sazonalidade, ensaio de ruptura e correção do resultado para obter  $f_c = l * f_{c,ext}$

18

## Normatização Internacional

IBRACON

2. Uma segunda relativa à verificação da segurança, ou cálculo da segurança estrutural na qual é alterado o coeficiente de minoração da resistência do concreto, ou o coeficiente global de segurança, ou o coeficiente  $\beta$  de confiabilidade, segundo seja o método de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto preferido pelo projetista. Em todos os casos é recomendado aceitar coeficientes  $\gamma_M$  de minoração da resistência dos materiais ou  $\beta$  de confiabilidade, inferiores aos utilizados normalmente no projeto (verificação) da segurança em estruturas novas.

19

# sumário

IBRACON

1. *Pesquisas de doutorado;*
2. *NBR 12655:2006. Variáveis intervenientes;*
3. *NBR 7680:2007. Variáveis intervenientes;*
4. *Critérios de introdução da segurança;*
5. *Considerações finais.*

direitos reservados 2010

20

# TESE de DOUTORADO

IBRACON

*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***

direitos reservados 2010

21

## **OBJETIVO**

IBRACON

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

direitos reservados 2010

22

## **EXPERIMENTO**

IBRACON

- 10 obras correntes de edifícios habitacionais em fase de execução das estruturas de concreto. Resistência à compressão  $20\text{MPa} < f_{ck} < 35\text{MPa}$ .
- **Pilares**
  - 06 obras → concreto produzido na obra (500L)
  - 17 lotes → 17 andares
  - volume total de concreto  $129\text{ m}^3$
  - média de 6 cps moldados por lote → 28dias
  - média de 6 cps extraídos por lote → 28dias
  - extração no terço inferior (arranque)
  - 102 cps → 102 testemunhos

direitos reservados 2010

23

## **EXPERIMENTO**

IBRACON

### ■ Lajes e (vigas)

- 06 obras → concreto de Central
- cps extraídos das lajes maciças 10cm a 15cm
- 15 lotes (lajes e vigas) → 15 andares
- 8 a 11 caminhões por andar
- volume total de concreto de 1.195 m<sup>3</sup>
- 2 cps / caminhão → vale maior
- média de 6cps extraídos por lote → 28dias
- média dos n exemplares moldados do lote → 28dias
- 90 cps extraídos 7,5cm x altura laje
- 142 exemplares moldados 10cm x 20cm

direitos reservados 2010

24

## **RESULTADOS**

Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$
OB1L1	<b>1,07</b>	OB4L1	<b>1,14</b>	OB6L3	<b>1,18</b>	OB9L2	<b>1,21</b>
OB1L2	<b>1,25</b>	OB4L2	<b>1,39</b>	OB7L1	<b>1,38</b>	OB9L3	<b>1,29</b>
OB2L1	<b>1,12</b>	OB4L3	<b>1,40</b>	OB7L2	<b>1,19</b>	OB10L1	<b>1,39</b>
OB2L2	<b>1,31</b>	OB5L1	<b>1,05</b>	OB7L3	<b>0,96</b>	OB10L2	<b>1,62</b>
OB2L3	<b>1,18</b>	OB5L2	<b>1,51</b>	OB8L1	<b>1,09</b>	OB10L3	<b>1,05</b>
OB3L1	<b>1,18</b>	OB5L3	<b>1,45</b>	OB8L2	<b>1,02</b>	OB11L1	<b>1,46</b>
OB3L2	<b>1,23</b>	OB6L1	<b>1,17</b>	OB8L3	<b>1,13</b>	OB11L2	<b>1,36</b>
OB3L3	<b>1,33</b>	OB6L2	<b>1,40</b>	OB9L1	<b>0,99</b>	OB12L1	<b>1,11</b>

$f_c/f_{c,ext}$  = relação entre a resistência média de corpos de prova moldados e resistência média de testemunhos

Obras 1 a 6 – Pilares      Obras 7 a 12 – Lajes e (vigas)

25

**RESULTADOS**  $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$

estatística	<b>pilares</b>	<b>lajes e (vigas)</b>
mínimo	<b>1.05</b>	<b>0.96</b>
máximo	<b>1.51</b>	<b>1.62</b>
média	<b>1.24</b>	<b>1.20</b>
<b>S<sub>c</sub></b>	<b>0.14</b>	<b>0.19</b>
<b>v<sub>c</sub></b>	<b>11%</b>	<b>16%</b>
	$\Phi_{\text{moldado}} \approx \Phi_{\text{extraído}}$	$\Phi_{\text{moldado}} > \Phi_{\text{extraído}}$
	<b>h/d=2</b>	<b>h/d≠2</b>
	<b>cp<sub>ext</sub> ortogonal lanç.</b>	<b>cp<sub>ext</sub> paralelo lanç.</b>

26

## Conclusões

IBRACON

pilares:

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

lajes & (vigas)

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

direitos reservados 2010

27

## TESE de DOUTORADO

IBRACON

*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**

direitos reservados 2010

28

## OBJETIVO

IBRACON

- Comparação entre a resistência potencial e a efetiva do concreto em paredes/blocos moldados especificamente para esse propósito (lab.). Contribuição ao estudo do efeito deletério de “**broqueamento**”.
- **Resistência potencial** → 480 corpos de prova cilíndricos moldados NBR 5738 / 5739 (28dias) 10cm x 20cm & 15cm x 30cm
- **Resistência efetiva** → 930 testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) 15cm x 30cm; 10cm x 20cm; 7.5cm x 15cm; 5cm x 10cm e 2.5cm x 5cm

direitos reservados 2010

29

## EXPERIMENTO

IBRACON

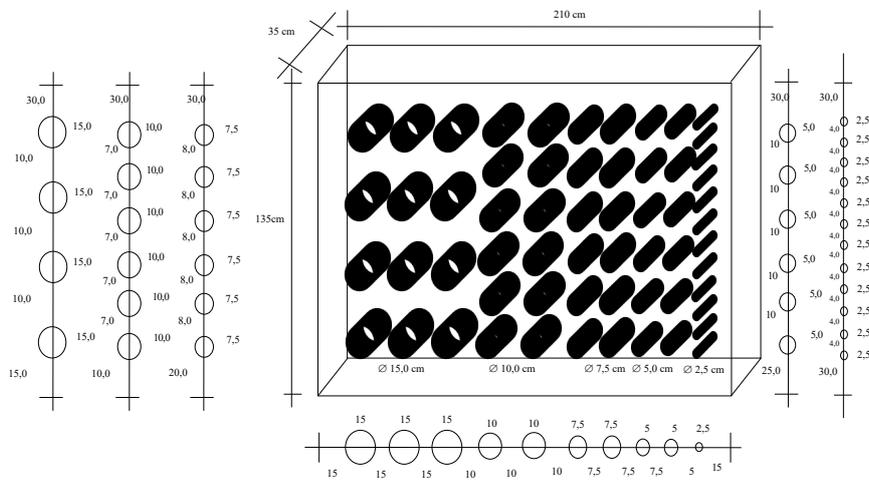
- 56 blocos/paredes de espessura de 35cm x 2.10m altura x 1.45 m construídos no canteiro de uma Central de concreto. Situação ideal!
- Resistências à compressão de: 20MPa; 40MPa; 50MPa; 65MPa e 70MPa.
- Cura seca e cura úmida;
- Idade de 28dias e 91dias e slump 100mm;
- Direção de extração ortogonal à concretagem.

direitos reservados 2010

30

## BLOCO TIPO (210X135X35)cm

IBRACON



direitos reservados 2010

31



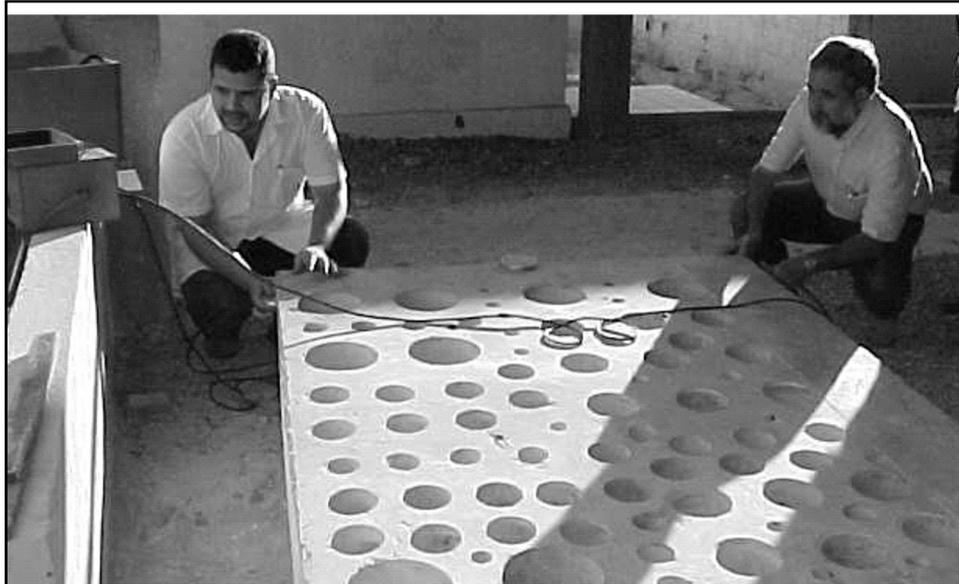
*direitos reservados 2010*

32



*direitos reservados 2010*

33



Parede/bloco perfurada

*direitos reservados 2010*

34

## Conclusões

IBRACON

1. os valores de  $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$  entre 1,01 e 1,40 correspondem a 100% dos resultados obtidos
2. todos “broqueamento”:

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

3. os testemunhos de diâmetro 5cm e 2.5cm tendem a médias superiores porém maior variabilidade. Refletem melhor quando  $f_c$  é igual ou superior a 50MPa.
4. vale a pena consultar as demais conclusões...

*direitos reservados 2010*

35

## Conclusões das Teses

IBRACON

Efeito deletério do “broqueamento”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \bullet 1,07$$

Efeito deletério do “broqueamento + outras variáveis”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \bullet 1,24$$

direitos reservados 2010

36

## controle NBR 12655:2006

IBRACON

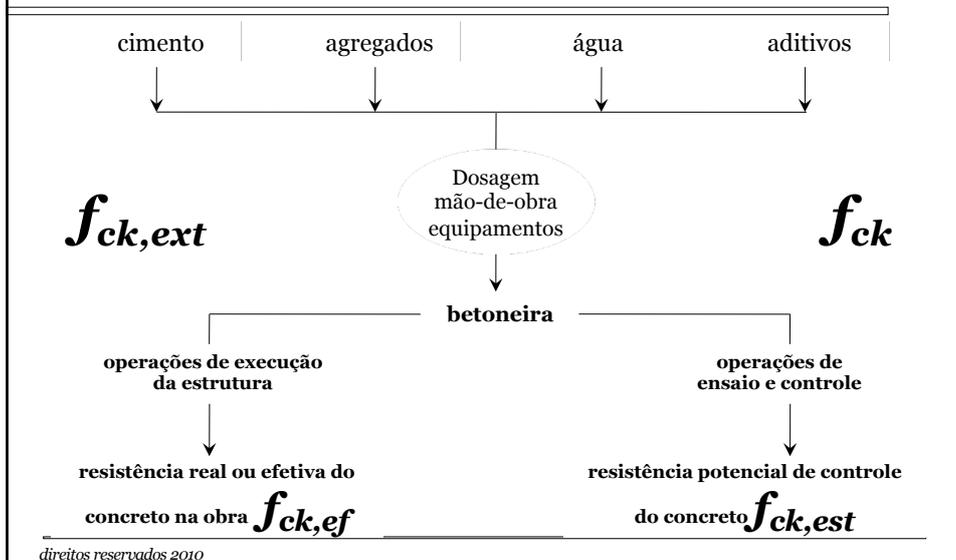
É 100%  
confiável?

direitos reservados 2010

37

# controle do concreto resistência

IBRACON



38

# Premissas

IBRACON

- Controle de recebimento da resistência do concreto em conformidade com NBR 6118:2003 Projeto de Estruturas de Concreto
- Controle de recebimento da resistência do concreto em conformidade com NBR 12655:2006 Preparo, Controle e Recebimento
- Auto-controle de produção do concreto em conformidade com NBR 12655:2003 Preparo, Controle e Recebimento
- Auto-controle de produção do concreto em conformidade com NBR 7212:1984 Execução de Concreto Dosado em Central

direitos reservados 2010

39

# Dúvidas

IBRACON

Apesar de todos esses procedimentos existirem, podem ocorrer dúvidas quanto aos valores obtidos nos controles de aceitação ou recebimento, ou seja, dúvidas sobre  $f_{ck,est}$

O resultado final de  $f_{ck,est}$  depende:

- da variabilidade da produção;
- da representatividade da amostragem;
- das operações de ensaio

direitos reservados 2010

40

# Dúvidas

IBRACON

Portanto é conveniente suspeitar que houve falha nas operações de ensaio de controle sempre que:

- ❖ **a coleta de concreto é feita na entrada da obra;**
- ❖ **os cps são moldados inadequadamente;**
- ❖ 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

direitos reservados 2010

41



42

## Dúvidas

IBRACON

Portanto é conveniente suspeitar que houve falha nas operações de ensaio de controle sempre que:

- ❖ 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

direitos reservados 2010

43



44



45

# Dúvidas

IBRACON

Portanto é conveniente suspeitar que houve falha nas operações de ensaio de controle sempre que:

- ❖ 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**

*direitos reservados 2010*

46

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
<b>média em MPa</b>			<b>52.4</b>	<b>54.4</b>	<b>1.041</b>
<b>desvio padrão em MPa</b>			<b>4.0</b>	<b>2.6</b>	
<b>coeficiente variação em %</b>			<b>7.7</b>	<b>4.8</b>	

47

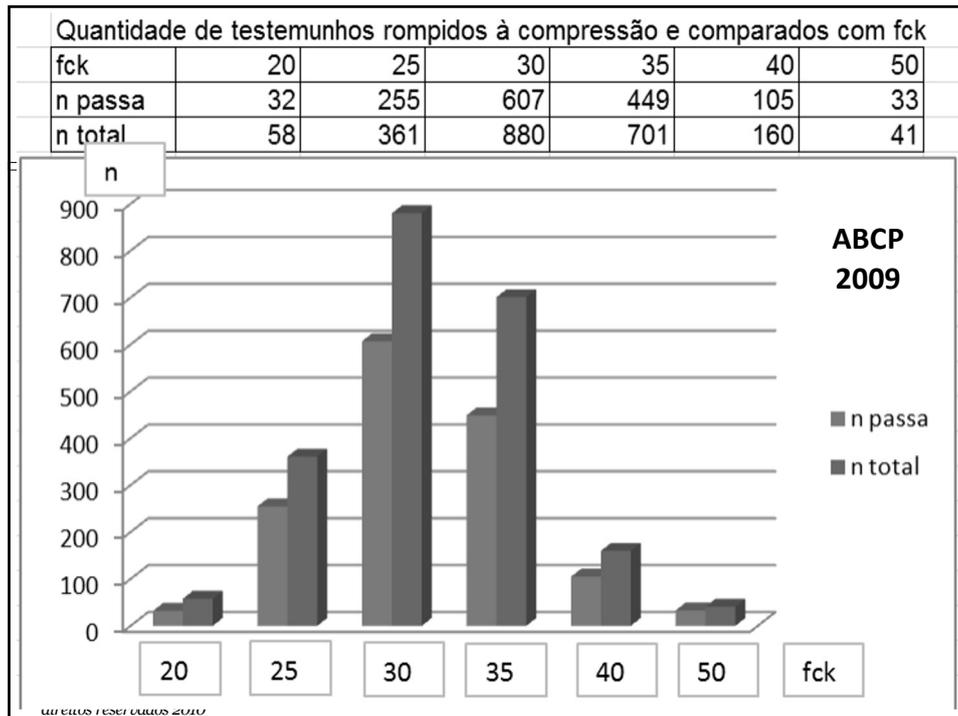
# Dúvidas

IBRACON

testemunhos extraídos que demonstraram que o resultado do corpo-de-prova de controle nem sempre é confiável

direitos reservados 2010

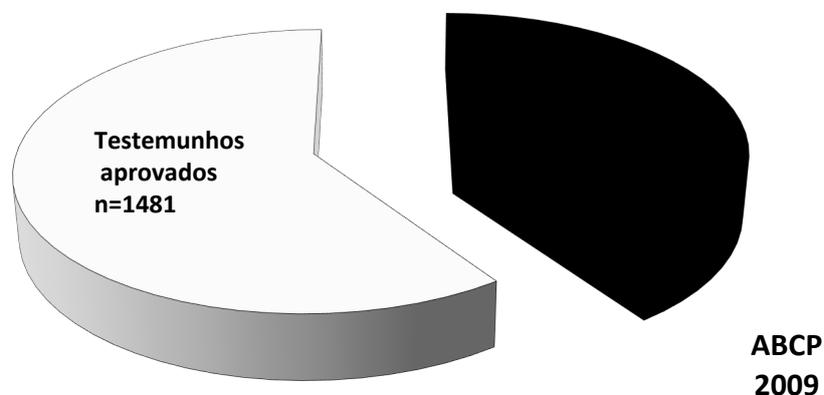
48



49

**Total de testemunhos extraídos e ensaiados em 2009  
comparando os resultados com fck especificado**

IBRACON



*direitos reservados 2010*

50

**extração  
NBR 7680:2006**

IBRACON

**É 100%  
confiável?**

*direitos reservados 2010*

51

# NBR 7680:2006

IBRACON

## Testemunhos Extraídos

*obs.: sempre uma avaliação de  $f_{ck,ef}$  muito melhor, mais fiel!*

direitos reservados 2010

52

## testemunhos extraídos

NBR 7680:2007; NBR 12655:2006

IBRACON

- ✓ cilíndrico, cúbico ou prismático;
- ✓ testemunhos devem ser íntegros (descartar → vazios, ninhos, madeira, armadura, falhas, fissuras, ...);
- ✓  $f_c$  deve ser superior a 8MPa na ocasião da extração;
- ✓  $\Phi \geq 75\text{mm}$  e sempre  $\Phi \geq 3D_{max}$  do agregado (mini-cilindros?);
- ✓ recomendações rigorosas com relação aos equipamentos e operações de extração... cuidados! (água, fixação, ortogonalidade, quebra, transporte, sazonalidade, corte, capeamento, retificação, ensaio,...)
- ✓  $1 \geq h/\Phi \geq 2$  (evitar montagem...Anexo A permite...)
- ✓ secos ao lab. ou saturados sup. seca → ambos 48h
- ✓ *ensaio com total desagregação, observar e registrar com fotos*

direitos reservados 2010

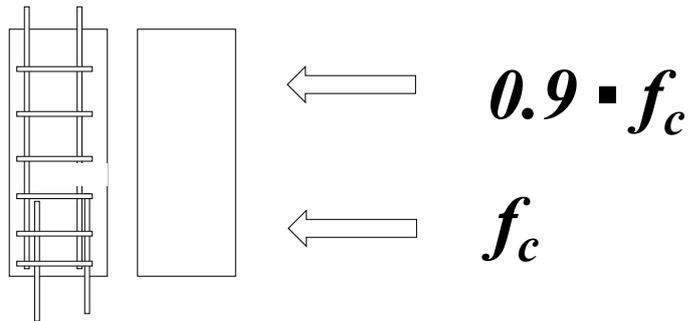
53

## testemunhos extraídos

NBR 7680:2007; NBR 12655:2006

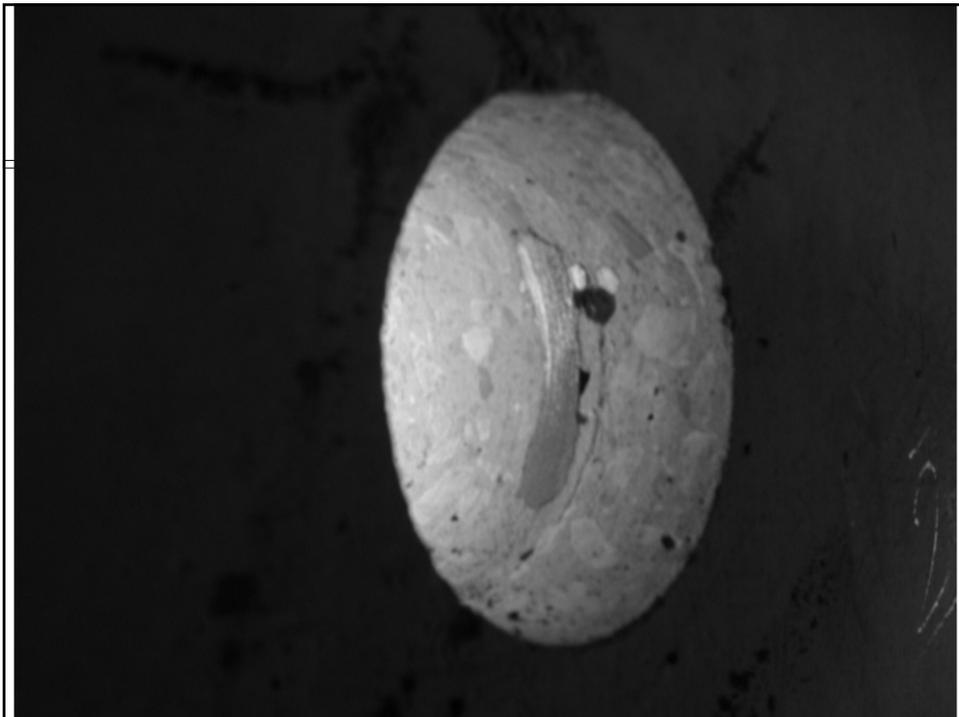
IBRACON

- ✓ não cortar armadura (pacômetro);
- ✓ evitar extrair de lajes, dar preferência a vigas;
- ✓ pilares evitar topo e pé, extrair logo acima dos arranques;
- ✓ pilares evitar extrair mais de um, se necessário mesma prumada;



direitos reservados 2010

54



55



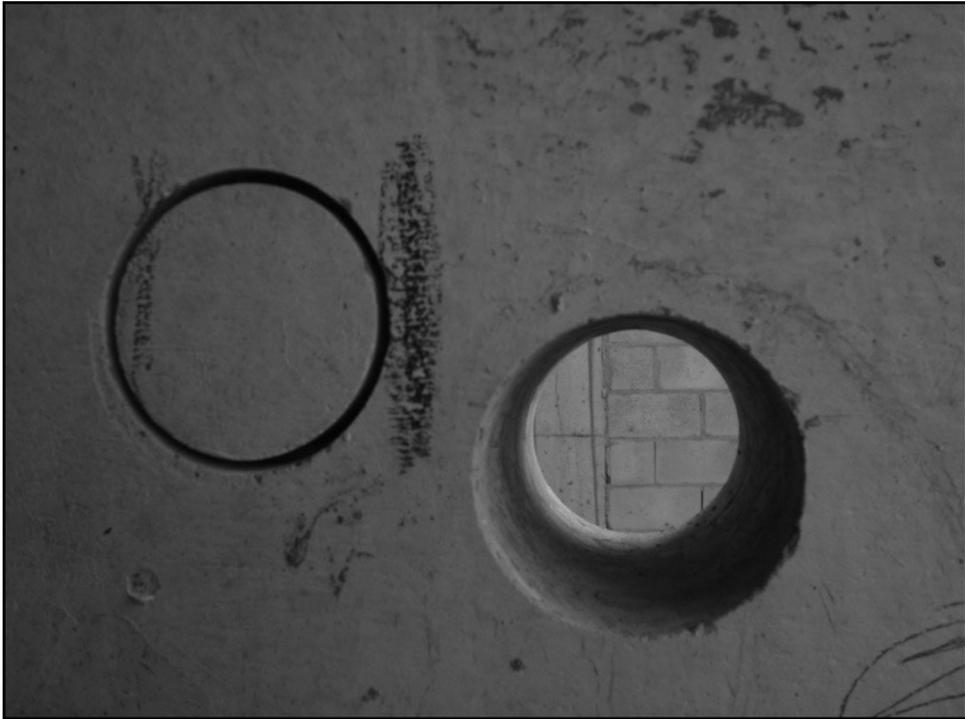
56



57



58



59



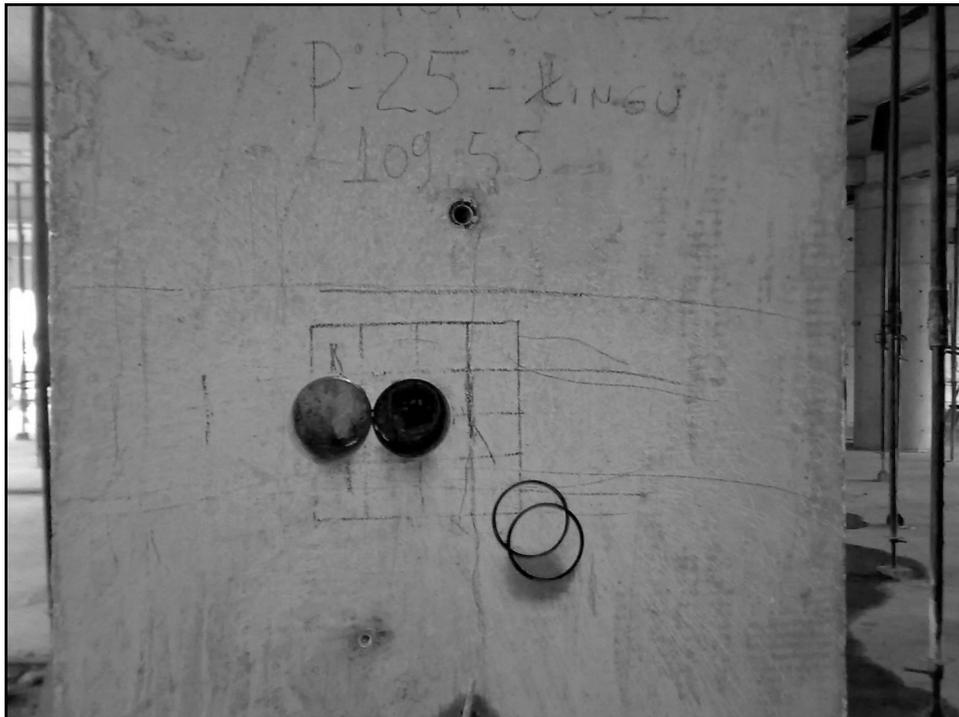
60



61



62



63



64



65



66



67



68



69



70



71



*direitos reservados 2010*

72



73



74



75



76



77



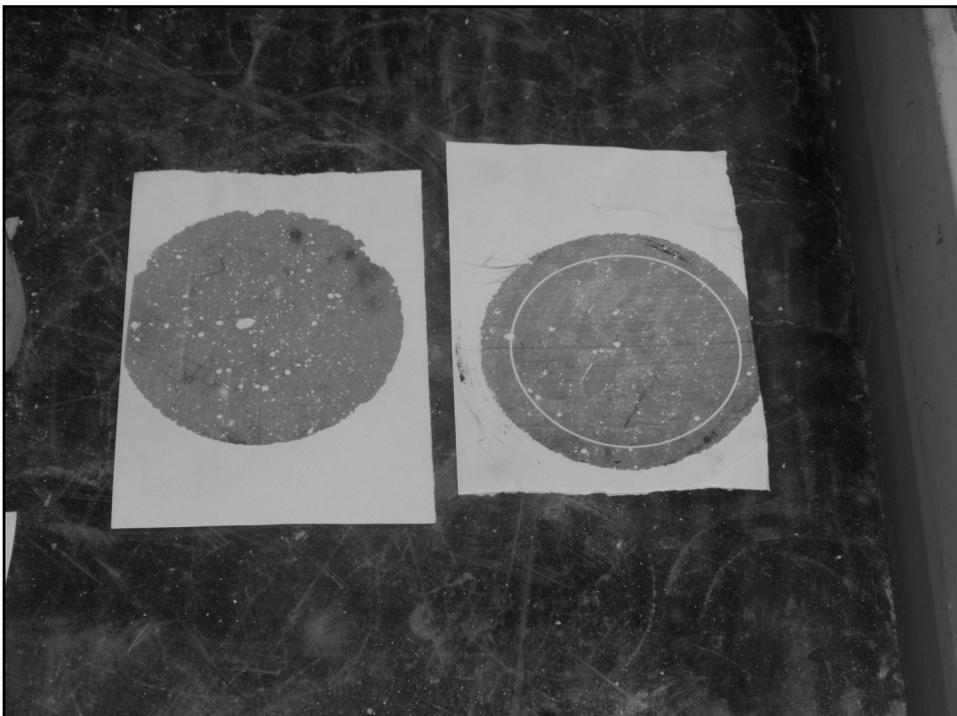
78



79



80



81

## testemunhos extraídos

estudo de caso  $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

IBRACON

pilar	c. betoneira 1	c. betoneira 2	c. betoneira 3
P11	29.5	30.9	28.7
P12	31.6	32.2	32.6
P13	33.0	34.2	33.7
P11	34.3	34.5	35.3
P14	35.2	35.1	35.4
P14	35.4	35.6	35.6
P13	35.9	36.8	35.7
P12	37.4	37.2	36.7
P15	37.7	37.3	36.9
P16	37.9	38.5	38.7
<b><math>f_{cm}</math> (MPa)</b>	<b>34.8</b>	<b>35.2</b>	<b>34.9</b>
<b><math>s_c</math> (MPa)</b>	<b>2.8</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>
<b><math>v_c</math> (%)</b>	<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>
<b><math>f_{ck,est}</math> (MPa)</b>	<b>29.0</b>	<b>30.8</b>	<b>29.7</b>

direitos reservados 2010

82

## testemunhos extraídos

estudo de caso  $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

IBRACON

pilar	c. betoneira 1	c. betoneira 2	c. betoneira 3
P11	29.5	30.9	28.7
P12	31.6	32.2	32.6
P13	33.0	34.2	33.7
P11	34.3	34.5	35.3
P14	35.2	35.1	35.4
P14	35.4	35.6	35.6
P13	35.9	36.8	35.7
P12	37.4	37.2	36.7
P15	37.7	37.3	36.9
P16	37.9	38.5	38.7
<b><math>f_{cm}</math> (MPa)</b>	<b>34.8</b>	<b>35.2</b>	<b>34.9</b>
<b><math>s_c</math> (MPa)</b>	<b>2.8</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>
<b><math>v_c</math> (%)</b>	<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>
<b><math>f_{ck,est}</math> (MPa)</b>	<b>29.0 <math>\rightarrow</math> 31.9</b>	<b>30.8 <math>\rightarrow</math> 33.9</b>	<b>29.7 <math>\rightarrow</math> 32.7</b>

direitos reservados 2010

83

## testemunhos extraídos

estudo de caso  $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

IBRACON

pilar	c. betoneira 1	c. betoneira 2	c. betoneira 3
P11	29.5	30.9	28.7
P12	31.6	32.2	32.6
P13	33.0	34.2	33.7
P11	34.3	34.5	35.3
P14	35.2	35.1	35.4
P14	35.4	35.6	35.6
P13	35.9	36.8	35.7
P12	37.4	37.2	36.7
P15	37.7	37.3	36.9
P16	37.9	38.5	38.7
<b><math>f_{cm}</math> (MPa)</b>	<b>36.4</b>	<b>36.7</b>	<b>36.5</b>
<b><math>s_c</math> (MPa)</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>
<b><math>v_c</math> (%)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b><math>f_{ck,est}</math> (MPa)</b>	<b>33.8</b>	<b>33.3</b>	<b>35.2</b>

direitos reservados 2010

84

## testemunhos extraídos

estudo de caso  $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

IBRACON

pilar	c. betoneira 1	c. betoneira 2	c. betoneira 3
P11	29.5	30.9	28.7
P12	31.6	32.2	32.6
P13	33.0	34.2	33.7
P11	34.3	34.5	35.3
P14	35.2	35.1	35.4
P14	35.4	35.6	35.6
P13	35.9	36.8	35.7
P12	37.4	37.2	36.7
P15	37.7	37.3	36.9
P16	37.9	38.5	38.7
<b><math>f_{cm}</math> (MPa)</b>	<b>36.4</b>	<b>36.7</b>	<b>36.5</b>
<b><math>s_c</math> (MPa)</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>
<b><math>v_c</math> (%)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b><math>f_{ck,est}</math> (MPa)</b>	<b>33.8 <math>\rightarrow</math> 37.2</b>	<b>33.3 <math>\rightarrow</math> 36.6</b>	<b>35.2 <math>\rightarrow</math> 38.7</b>

direitos reservados 2010

85

## testemunhos extraídos

estudo de caso  $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

IBRACON

pilar	mesma betoneira	diferença
P102	32.2	- 8.0%
P113	32.2	-8.0%
P114	32.2	-8.0%
P112	33.5	-4.3%
P115	33.7	-3.7%
P168	33.7	-3.7%
P134	34.7	-0.8%
P101	39.2	+ 12.0%
<b><math>f_{cm}</math> (MPa)</b>	<b>33.9</b>	
<b><math>s_c</math> (MPa)</b>	<b>2.3</b>	
<b><math>v_c</math> (%)</b>	<b>7%</b>	
<b><math>f_{ck,est}</math> (MPa)</b>	<b>30.9 <math>\rightarrow</math> 33.8</b>	

direitos reservados 2010

86

## SEGURANÇA

IBRACON

critérios de introdução da  
segurança no projeto e  
construção das estruturas de  
concreto, NBR 8681:2003 e  
NBR 6118:2003

direitos reservados 2010

87

## Segurança

IBRACON

Valem critérios da NBR6118:2003, ou seja:

$$\sigma_{cd} = f_{cd} \cdot 0.85 = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot 0.85$$

onde, na realidade 0.85 deveria depender de cada caso

direitos reservados 2010

88

## Problema

IBRACON

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

direitos reservados 2010

96

## 1º Passo

IBRACON

Aplicar coeficientes de correção devidos a:

- dimensões padrão: → NBR 7680
- direção de extração
- posição no elemento
- broqueamento

obtem-se →  $f_{c,ext,j}$

direitos reservados 2010

97

## 2º Passo

IBRACON

Passar de extraído a moldado:

- coeficientes de 1,10 a 1,25

obtem-se →

$$f_{c,j} = k f_{c,ext,j}$$

direitos reservados 2010

98

## 3º Passo

IBRACON

Passar de moldado a  $j$  dias para  $f_{c,28}$ :

1. Componente foi carregado a 28 dias;
2. Componente será carregado a  $j$  dias

obtem-se  $\rightarrow$

$$f_{c,28} = \beta f_{c,j}$$

direitos reservados 2010

99

## 4º Passo

IBRACON

Passar de moldado  $f_{c,28}$  para  $f_{ck,est,28}$

1. Mesmo lote;
2. Mesmo componente;
3. Mesma unidade de produto

obtem-se  $\rightarrow$

$$f_{c,28} = f_{ck,est,28}$$

direitos reservados 2010

100

## 5º Passo

IBRACON

Passar de moldado  $f_{ck,est,28}$  para  $f_{ck}$

1. NBR 8953

obtem-se →

**$f_{ck} \rightarrow C20; C25; C30;$   
 **$C35; C40; C45; C50$****

direitos reservados 2010

101

## testemunhos extraídos

Pontos para Discussão

IBRACON

Muitas vezes uma diferença de 3MPa nos testemunhos ou corpos-de-prova moldados tornam-se motivo de intransigências enquanto nas obras é comum:



102

## testemunhos extraídos

Pontos para Discussão

IBRACON



*direitos reservados 2010*

103

## testemunhos extraídos

Pontos para Discussão

IBRACON



*direitos reservados 2010*

104

# testemunhos extraídos

Pontos para Discussão

IBRACON



*direitos reser*

105

# testemunhos extraídos

Pontos para Discussão

IBRACON



*direitos reservados 2010*

106

## Conformidade do Concreto

IBRACON

### ***Depende:***

- **Empresa de Concreto** → domínio do processo
- **Empresa de Controle** → eficiência das operações de ensaio
- **Empresa Construtora** → precisão construtivas → tolerâncias
- **Empresa de Projeto** → especificação correta

### ***Problemas:***

- ✓ **Variabilidade dos materiais**
- ✓ **Mão-de-obra despreparada (motorista e técnico)**
- ✓ **Falta de conceitos e de bom senso** (exigências descabidas)

direitos reservados 2010

107

## Conformidade do Concreto

IBRACON

### ***Construtor:***

- **Pedir slump baixo por preço;**
- **Pedir 400kg/m<sup>3</sup> cimento e  $f_{ck}=20MPa$ ;**
- **Lançar concreto de altura;**
- **Fôrma não estanque e não estável.**

### ***Projetista:***

- ✓ **Usa cobertura menor com  $\Delta_c=0,5cm$ ;**
- ✓ **Pede  $E_c$  de laje maciça com 19cm ou menos;**
- ✓ **Cria dificuldade para vender facilidade.**

direitos reservados 2010

108

## Conformidade do Concreto

IBRACON

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

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

direitos reservados 2010

109

## Conformidade do Concreto

IBRACON

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

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

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

direitos reservados 2010

110



142



143