

**IBRACON**  
Diretoria Regional RS  
**NA ESTRADA GAÚCHA**

# Controle da Resistência do Concreto

**Paulo Helene**  
Doutor - PhD Engenharia  
Consultor Permanente - IBRACON  
Prof. Titular Universidade de São Paulo  
Presidente de Honra ALCONPAT - Internacional  
Membro fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design  
Conselheiro da CONTE e SIESP

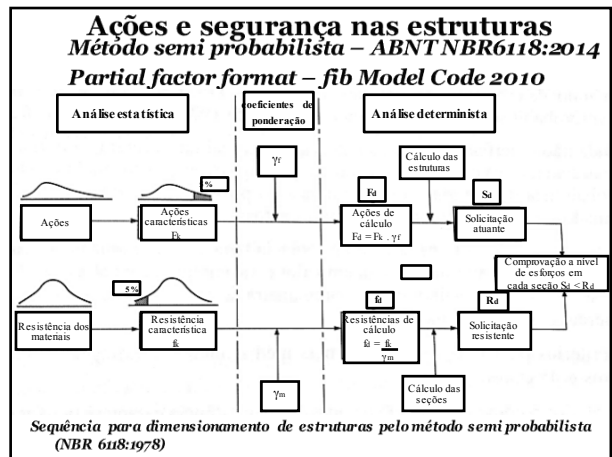
IMED 12 de abril de 2018 Passo Fundo/RS

## Normalização Brasileira

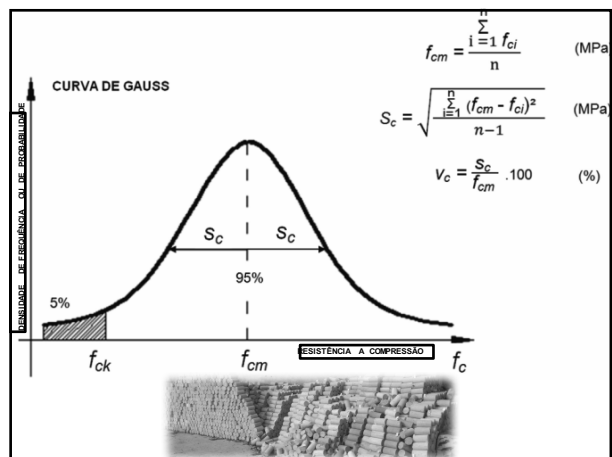
**ABNT NBR 6118:2014** - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;  
**ABNT NBR 6120:1980 Versão Corrigida:2000** – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;  
**ABNT NR 6122:2010** – Projeto e execução de fundações;  
**ABNT NBR 6123:1988 Versão Corrigida: 2013** – Forças devidas ao vento em edificações;  
**ABNT NBR 7188:2013** – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;  
**ABNT NBR 8681:2004 Versão Corrigida:2004** – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;  
**ABNT NBR 9062:2017** – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;  
**ABNT NBR 15200:2012** – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;  
**ABNT NBR 15421:2006** – Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento;  
**ABNT NBR 15575:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho;

## Normalização Internacional

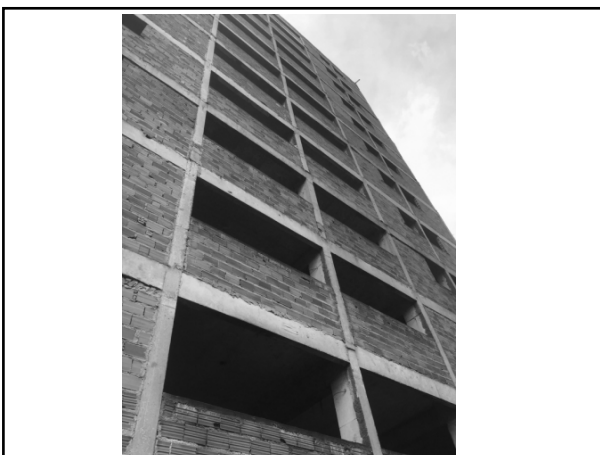
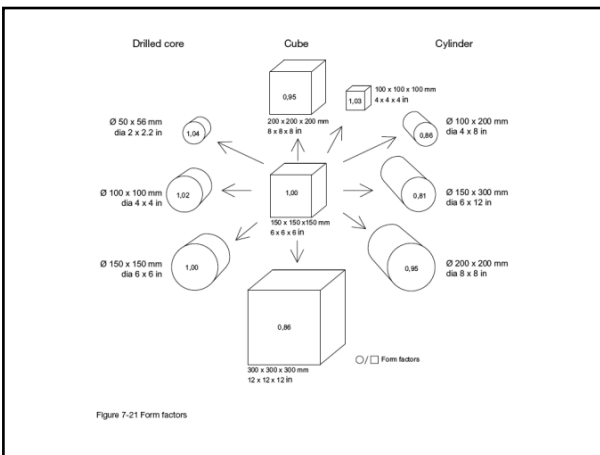
**ACI-318-14** – Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary;  
**EN 1991 EUROCODE 1 – Actions on structures:**  
 Part 1-1: General actions – Densities, self-weight and imposed loads;  
 Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire;  
 Part 1-3: General actions – Snow loads;  
 Part 1-4: General actions – Wind actions;  
 Part 1-5: General actions – Thermal actions;  
 Part 1-6: General actions – Actions during execution;  
 Part 1-7: General actions – Accidental actions;  
**EN 1992 EUROCODE 2 – Design of concrete structures:**  
 Part 1-1: General – Common rules for building and civil engineering structures;  
 Part 1-2: General – Structural fire design;  
 Part 2: Bridges;  
 Part 3: Liquid retaining and containment structures;  
**fib** Model Code for Concrete Structures 2010;  
**Bulletin fib n.º 63** – Design of precast concrete structures against accidental loads;  
**Bulletin fib n.º 61** – Design examples for strut-and-tie models;  
**Bulletin CEB n.º 223** – Ultimate limit state design models;  
**ISO 2211:2007** – Basis for Design of Structures. General Requirements.



## O que é a Resistência Característica à Compressão $f_{ck}$ ?



# Qual é o referencial de resistência à compressão do concreto, $f_{ck}$ ?



## Ações e segurança nas estruturas

### ABNT NBR 8681:2004

Ações majoradas:

$$F_d = F_k * \gamma_f$$

Resistências minoradas:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

## Ações e segurança nas estruturas

### ABNT NBR 8681:2004

Coefficiente de minoração das resistências

$$\gamma_m (\gamma_c \text{ e } \gamma_s)$$

$$\gamma_c = \gamma_{c1} * \gamma_{c2} * \gamma_{c3}$$

$\gamma_{c1}$  → considera variabilidade da resistência efetiva na estrutura

$\gamma_{c2}$  → considera as diferenças entre a resistência efetiva do concreto na estrutura e a resistência potencial do CP.

$\gamma_{c3}$  → considera as incertezas na determinação das solicitações resistentes, devido ao método construtivo ou método de cálculo empregado

## Premissas

Introdução da Segurança no Projeto Estrutural segundo a NBR6118:2007

1. Para fins de cálculo:

$$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * \beta = \frac{f_{ck}}{1,4} * 0,85 = 0,60 * f_{ck}$$

## Ações e Segurança

### NBR 6118:2014

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \gamma_c = 1,4$$
$$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * \beta = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * 0,85$$

para  $f_{ck} = 30$  MPa →  $f_{ck,ef}$  (estrutura)  $\approx 18,2$  MPa

para  $f_{ck} = 50$  MPa →  $f_{ck,ef}$  (estrutura)  $\approx 30,3$  MPa

## Premissas

Introdução da Segurança no Projeto Estrutural segundo a NBR6118:2007

$$\beta = \beta_1 * \beta_2 = 1,16 * 0,73 = 0,85$$

$\beta_1 = 1,16$  → crescimento relativo da resistência de 28 dias a 50 anos

$\beta_2 = 0,73$  → decréscimo relativo da resistência à compressão do concreto devido à carga aplicada aos 28 dias e mantida até 50 anos

## Premissas

Como **crece** a resistência com o tempo a partir de 28 dias ?

concreto em dias

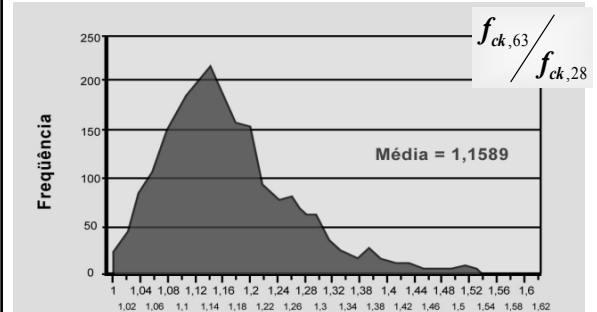
## Crescimento da Resistência

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{s*(1-\sqrt{\frac{28}{j}})}$$

CPV ARI	s = 0,20	1,21 → 50anos	1,15 → 1ano	1,05 de 1ano a 50anos
CP I/II	s = 0,25	1,28 → 50anos	1,20 → 1ano	1,07 de 1ano a 50anos
CP III/IV	s = 0,38	1,45 → 50anos	1,32 → 1ano	1,10 de 1ano a 50anos
NBR 6118	s = 0,1545	1,16 → 50anos	1,11 → 1 ano	1,05 de 1ano a 50anos

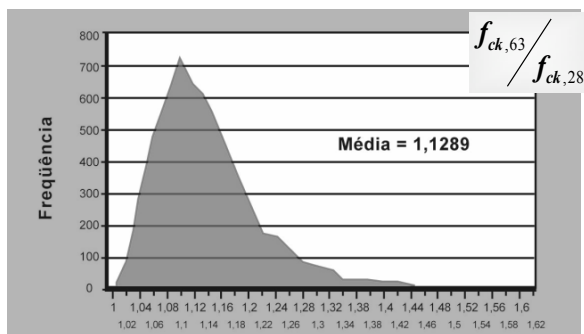
## Análise

2.046 Registros Analisados, CP III

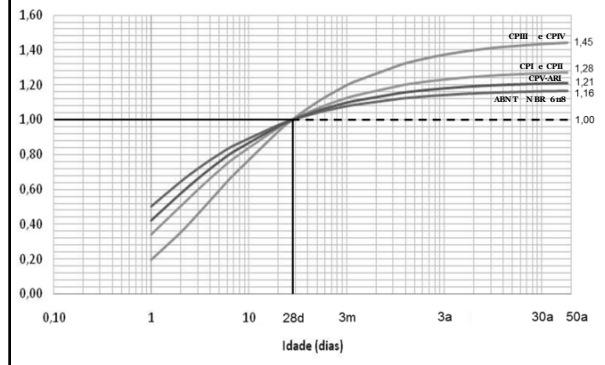


## Análise Geral

8.429 Registros Analisados, todos os cimentos



## Evolução do crescimento da resistência do concreto em CP relaxado



## Premissas

**Como decresce a resistência com o tempo a partir de 28 dias ?**

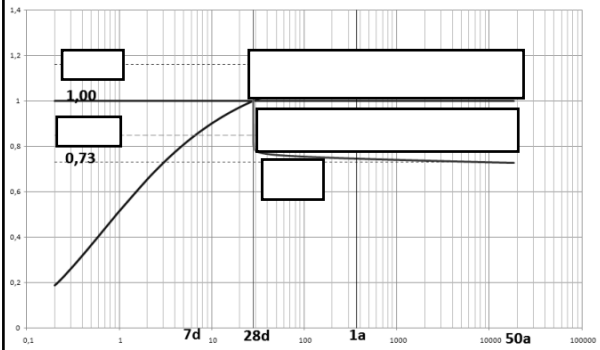
## Relaxação das Resistências (efeito Rüsçh)

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,t_0}} = 0,96 - 0,12 * \sqrt[4]{\ln\{72 * (j - t_0)\}}$$

- j em dias
- t<sub>0</sub> → idade de aplicação das cargas
- j - t<sub>0</sub> > 15 minutos



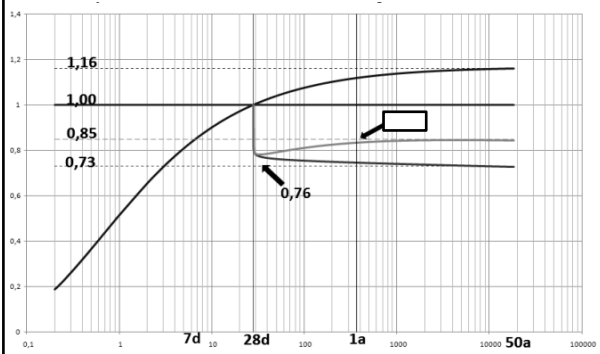
### Decréscimo da Resistência



### Premissas

Combinando crescimento com decréscimo a partir de 28 dias ?

### Resistência do Concreto “carregado” a 28 dias

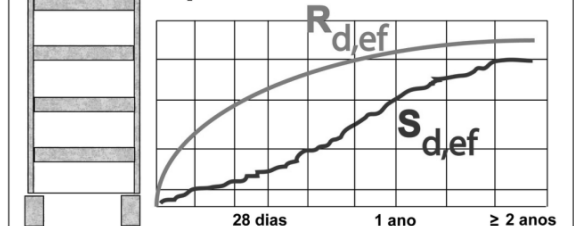


# EDIFICAÇÕES

Quando efetivamente os elementos estruturais são carregados?

- lajes e vigas → 7 dias?
- pilares e fundações → 6 meses?

Estudo analítico da distribuição de  $S_{d,ef}$  e de  $R_{d,ef}$ , com a idade e o processo construtivo



## NÃO CONFORMIDADES

ABNT NBR 7680:2015  
"Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise  
de testemunhos de estruturas de concreto"

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

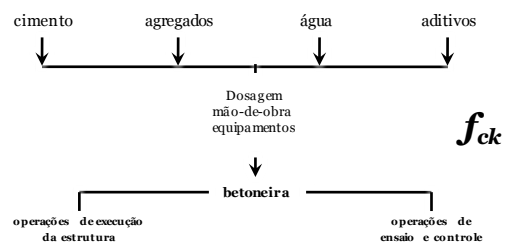
ABNT NBR 6118:2014  $f_{ck}$

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

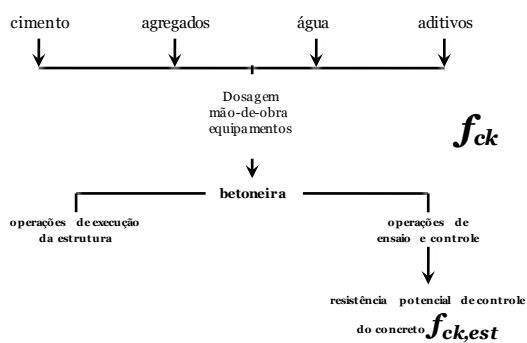
referencial de segurança  
 $f_{ck}$



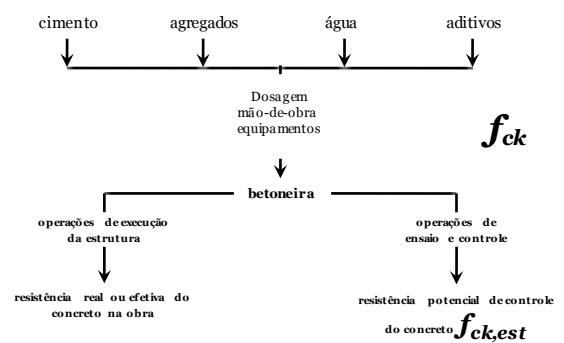
### resistência do concreto



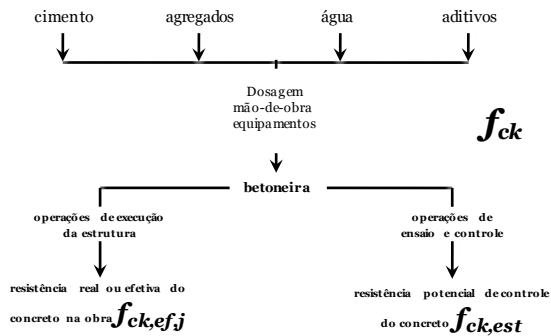
### resistência do concreto



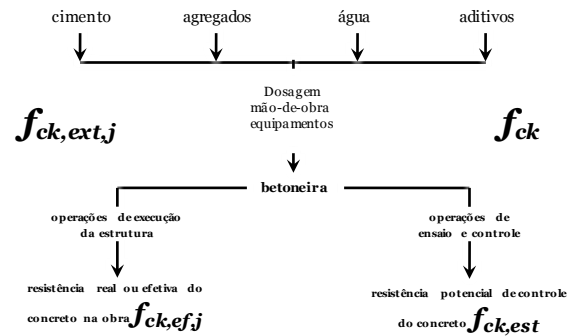
### resistência do concreto



## resistência do concreto



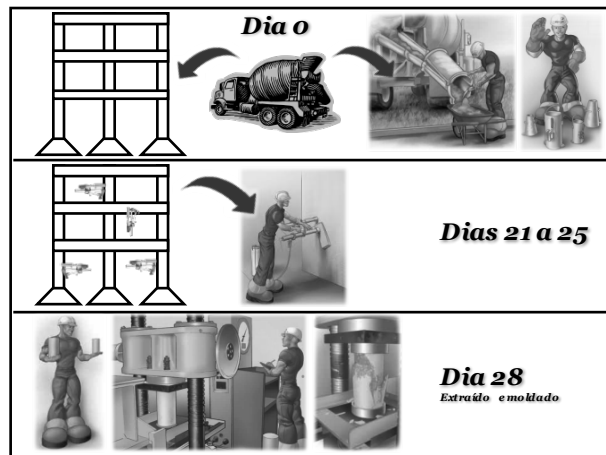
## resistência do concreto



## 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



## Conclusões

pilares:

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

lajes & (vigas)

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

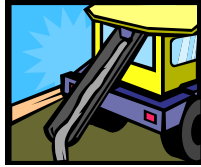
## Preliminares

Conceitos:

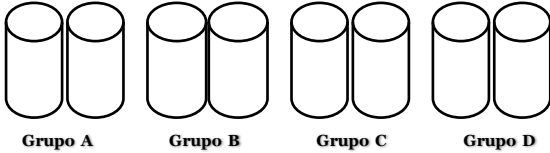
→ qual o objetivo de uma investigação com extração de testemunhos?

Como obter a maior resistência à compressão aos 28 dias?

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



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



quantas resistências tem o concreto de um caminhão betoneira?

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

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

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

“potencial do concreto”

quantas resistências tem o concreto de um caminhão betoneira?

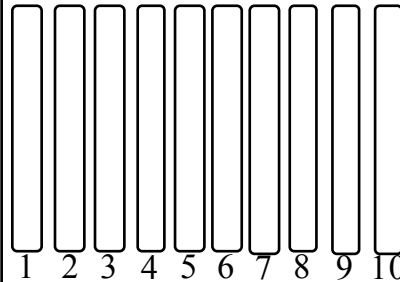
$f_{c1}$   $f_{c2}$   $f_{c3}$   $f_{c4}$   $f_{c5}$

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

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

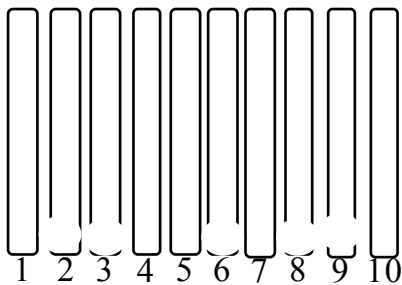
$f_{ck} = 45\text{MPa}$

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



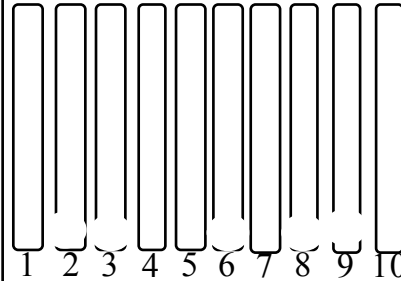
$f_{ck}$   
**45MPa**

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



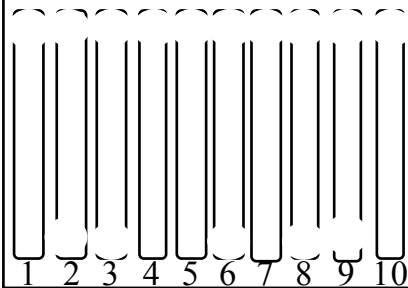


“ninhos de concretagem”  
qual a resistência do concreto nesses pilares  
para fins de verificação da segurança?



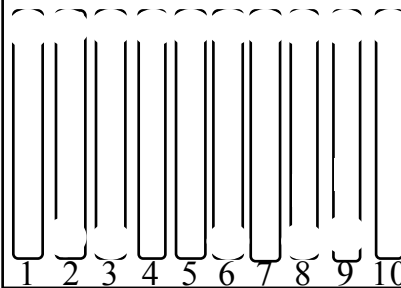
$f_{ck}$   
45MPa

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



$f_{ck}$   
45MPa

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



terço  
inferior

qual a resistência obtida de um pilar?

$f_{ck,ext}$ ?



terço  
inferior

$f_{ck,ext,1}$

$f_{ck,ext,2}$

$f_{ck,ext,3}$

### Problema

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

## 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;

## Coeficientes 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;

$k_3 = \dots$

$k_4 = \dots$

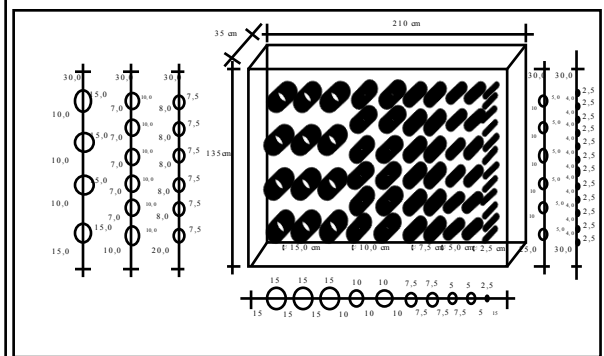
## TESE de DOUTORADO

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



## BLOCO TIPO (210x135x35)cm





## Conclusão

Média geral:

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

### 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**

### 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;

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

<p><b>SIM</b></p> <p><i>verificar a segurança com o novo <math>f_{ck}</math></i></p> <p><b>ACI, Eurocode</b></p> <p><b>ABNT NBR 6118:2014</b></p>	<p><b>NÃO</b></p> <p><b>voltar a 28 dias !</b></p> <p><i>verificar a segurança com o novo <math>f_{ck}</math></i></p> <p><b>ABNT NBR 6118:2014</b></p>
---	--

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

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

---

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



**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....

### Considerações

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, ...

## Incertezas ...

## Desconhecimentos ...

Estaria assim cumprida a primeira parte, ou seja,

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

NÃO

voltar a 28 dias !

## COMO ???

### Crescimento da Resistência

onde  $j$  é a idade do concreto em dias

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

### Decréscimo da Resistência (efeito Rüschi)

$$\beta_{c,sus,28 \rightarrow j} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = 0.96 - 0.12^4 \sqrt{\ln[72(j - 28)]}$$

→  $j$  em dias

→  $j - 28 > 15$  minutos

### Considerações

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,...

## Incertezas ...

## Desconhecimentos ...

### 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;

onde  $j$  é a idade do concreto em dias

### Retorno a 28 dias

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

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

### 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

## como receber o concreto no canteiro?



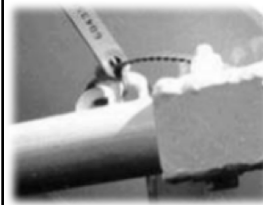
## CONTROLE DE RECEBIMENTO

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

### Recebimento em Obra



Comparar o número do lacre com o especificado na nota fiscal



Fica na traseira do caminhão, travando a abertura da bica de concreto



- ✓ conferir nota fiscal com carta de traço
- ✓ conferir volume com pedido
- ✓ conferir tipo de dosagem eagem

### Ensaio de controle de recebimento (consistência)

✓ Conforme ABNT NBR NM 67:1998

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



**Cone de Abrams**  
*Slump-test* ou Abatimento





**Outras propriedades:**

- ✓ Massa específica;
- ✓ Teor de ar aprisionado;
- ✓ Temperatura;
- ✓ Cor;
- ✓ Exsudação;
- ✓ Consumo ?
- ✓ Volume ?
- ✓ Relação a/c ?
- ✓ Tipo de cimento ?
- ✓ Adições ?
- ✓ Aditivos ?
- ✓ Natureza do agregado ?
- ✓  $D_{max}$  do agregado graúdo ?

## como aceitar o concreto ?



- ✓ 2 cps para 28 dias (3cps para 28 dias);
- ✓ 1 cp para 7 dias ( $> 0,8 * f_{ck}$  ou  $f_{ck} = 1,25 * f_{c7}$ )
- ✓ 1 cp para 63 dias ( $1,1 f_{ck}$ )

- ✓ Módulo ?
- ✓ Resistividade ?
- ✓ Carbonatação ?
- ✓ Cloretos ?
- ✓ Cor ?

## CONTROLE DE ACEITAÇÃO

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

**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*

Universo  
População  
Lote

amostra

unidade de produto  
unidade de controle

exemplares

corpo de prova

**Unidade de Produto  
Unidade de Controle**

**Pneu**



- massa de cada pneu
- pressão de cada pneu

**Unidade de Produto  
Unidade de Controle**

**Bolinha de gude**



- massa de cada bolinha
- diâmetro de cada bolinha

**Unidade de Produto  
Unidade de Controle**  
**Concreto**



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

**CONCRETO**  
**Unidade de Produto**

**betonada  
amassada  
mistura-traço**

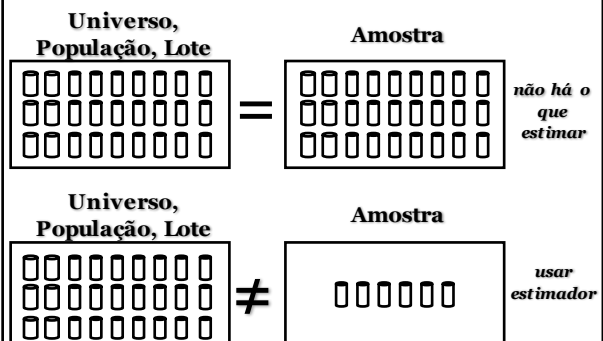
**CONCRETO**  
**Unidade de Controle**

**resistência à compressão do cp**  
**MPa, kgf/cm<sup>2</sup>, psi**  
**exemplar**

**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.

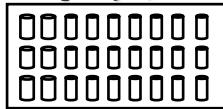
**Amostragem ABNT NBR 12655**





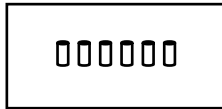
## Amostragem ABNT NBR 12655

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 den, 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.

## 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.

## Conformidade dos lotes

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

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

## 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;

## 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:
  - $\geq 1$  exemplar por dia de concretagem;
  - $\geq 1$  exemplar para cada 115m<sup>3</sup> de concreto;
  - $\geq 1$  exemplar para cada 465m<sup>2</sup> de área superficial para lajes ou paredes;
  - Dispensado o controle para volumes inferiores a 38m<sup>3</sup>, 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.

## 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:

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

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

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



## 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



## 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.

## 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*

## 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 EN12350-1 *Testing Fresh Concrete*.

## EN 206-1:2013

- 8.2.1.2 Sampling and testing plan

Table 17 – Minimum rate of sampling for assessing conformity

Production	First 50 m <sup>3</sup> of production	Minimum rate of sampling	
		Subsequent to first 50 m <sup>3</sup> of production <sup>a</sup> , 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 <sup>3</sup> or 1 per 3 production days <sup>d</sup>	1 per 150 m <sup>3</sup> or 1 per production day <sup>d</sup>
Continuous <sup>b</sup> (when at least 35 test results are available)	---	1 per 400 m <sup>3</sup> or 1 per 5 production days <sup>c, d</sup> or 1 per calendar month	1 per 150 m <sup>3</sup> or 1 per production day <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Sampling shall be distributed throughout the production and should not be more than 1 sample within each 25 m<sup>3</sup>.

<sup>b</sup> 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.

<sup>c</sup> Or if there are more than 5 production days within 7 consecutive calendar days, once per calendar week.

<sup>d</sup> The definition of a 'production day' shall be stated in provisions valid in the place of use.

## 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

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

➤ *Critério para resultados médios:*

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

$$f_{cm,3,est} \geq f_{ck} + 4 \quad \text{qualquer que seja } f_{ck}$$

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

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

## Resumo - frequência dos ensaios

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

## Resumo – critérios de aceitação

ABNT NBR 12655	• $f_{ck,est} \geq f_{ck}$
ACI 318-14	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>f_{ci} \geq f_{ck} - 3,5\text{MPa}</math> para <math>f_{ck} &lt; 35\text{MPa}</math></li> <li><math>f_{ci} \geq 0,9 * f_{ck}</math> para <math>f_{ck} &gt; 35\text{MPa}</math></li> <li><math>f_{cm3,est} \geq f_{ck}</math></li> </ul>
EN 206-1:2013	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>f_{ci} \geq f_{ck} - 4</math>;</li> <li><math>f_{cm3,est} \geq f_{ck} + 4</math></li> <li><math>f_{cm15,est} \geq f_{ck} + 1,48 * \sigma</math></li> </ul>

## Resumo

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

## Aceitação do concreto

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



conformidade

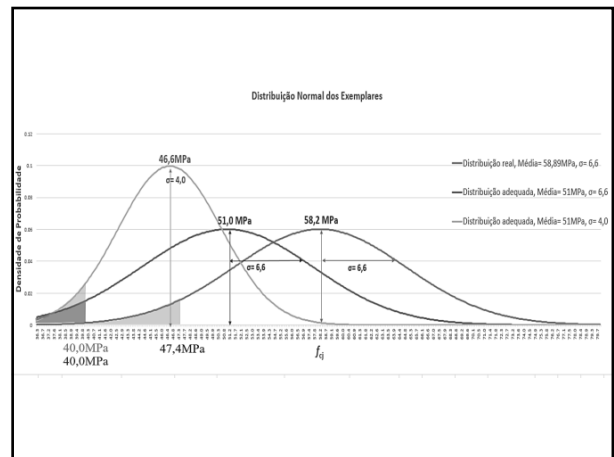
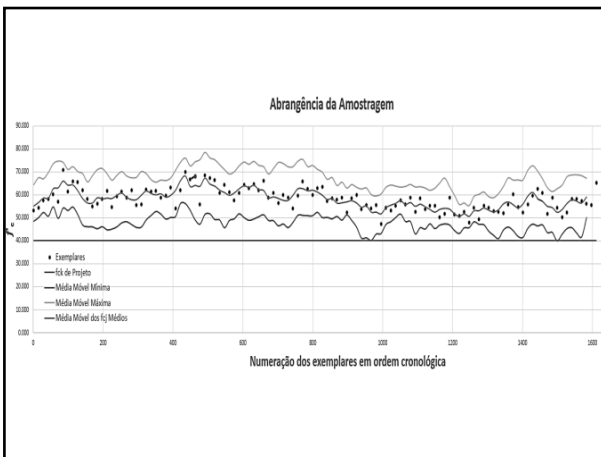
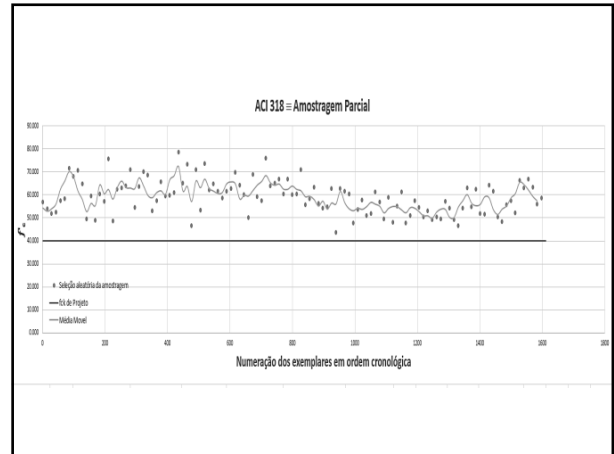
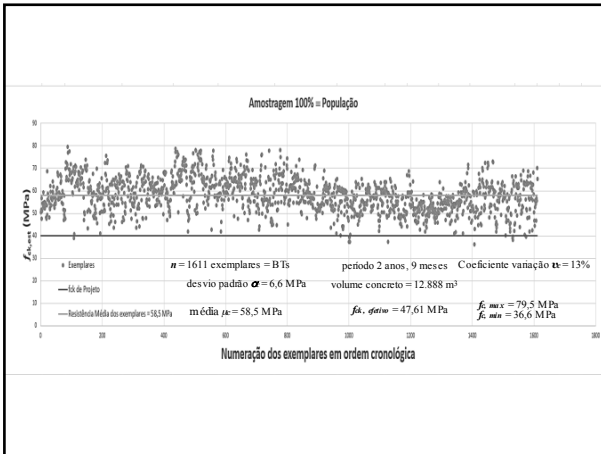
## Rejeição do concreto

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



não conformidade

## Estudo de Caso



Resistência Média= 58,2MPa ( $f_{ck}=47,4$ MPa,  $\sigma=6,6$ MPa)

kg Cimento = R\$0,40

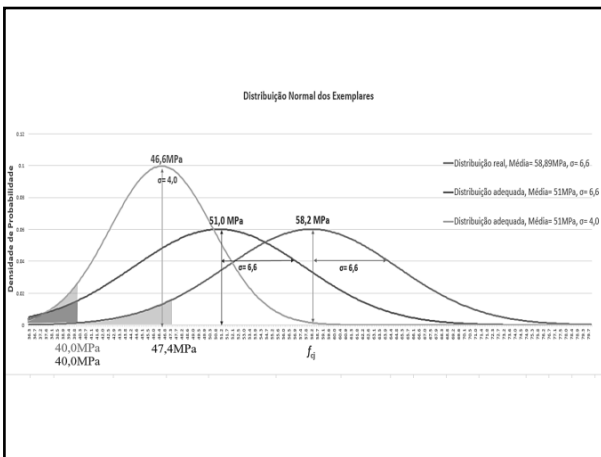
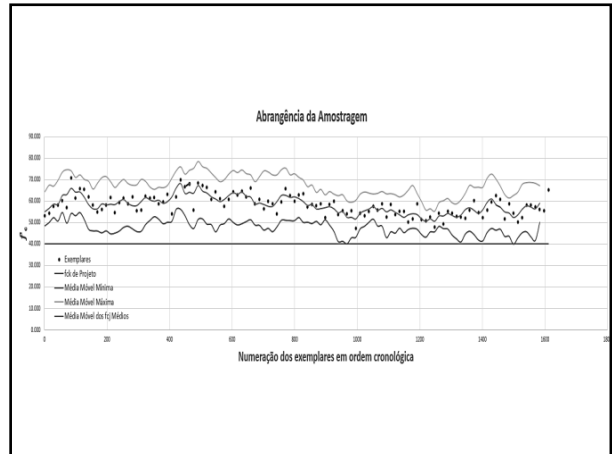
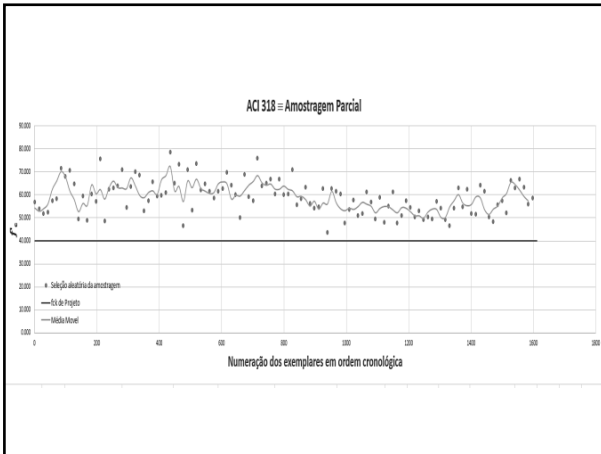
Para Resistência Média= 46,6MPa ( $f_{ck}=40$ MPa,  $\sigma=6,6$ MPa)

- 11,5MPa a mais
- 98,02 kg/m<sup>3</sup> de cimento a menos
- R\$ 505.329,76 a menos

Para Resistência= 51,0MPa ( $f_{ck}=40$ MPa,  $\sigma=4,0$ MPa)

- 07,13MPa a mais
- 60,62 kg/m<sup>3</sup> de cimento a menos
- R\$ 312.525,28 a menos

Probabilidade de sofrer um acidente de carro fatal-	1 chance em $1.90 \cdot 10^4$
Probabilidade de ruína de uma estrutura-	1 chance em $100 \cdot 10^4$
Probabilidade de ser atingido por um raio-	1 chance em $420 \cdot 10^4$
Probabilidade de ganhar na Mega-Sena-	1 chance em $5010 \cdot 10^4$
Probabilidade de escolha da envoltória mínima-	1 chance em $100000000 \cdot 10^4$



Resistência Média= 58,2MPa ( $f_{ck}=47,4$ MPa,  $\sigma=6,6$ MPa)

kg Cimento = R\$0,40

Para Resistência Média= 46,6MPa ( $f_{ck}=40$ MPa,  $\sigma=6,6$ MPa)

- 11,5MPa a mais
- 98,02 kg/m<sup>3</sup> de cimento a menos
- R\$ 505.329,76 a menos

Para Resistência= 51,0MPa ( $f_{ck}=40$ MPa,  $\sigma=4,0$ MPa)

- 07,13MPa a mais
- 60,62 kg/m<sup>3</sup> de cimento a menos
- R\$ 312.525,28 a menos

Probabilidade de sofrerem acidente de carro fatal=	1 chance em $1.90 \cdot 10^4$
Probabilidade de ruína de uma estrutura=	1 chance em $100 \cdot 10^4$
Probabilidade de ser atingido por um raio=	1 chance em $420 \cdot 10^4$
Probabilidade de ganhar na Mega-Sena=	1 chance em $5010 \cdot 10^4$
Probabilidade de escolha da envoltória mínima=	1 chance em $100000000 \cdot 10^4$

# Reflexão

**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.

**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.

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

**OBRIGADO!**



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

11.2501.4822 / 23  
11.9.5045.4940