

Controle da Qualidade do Concreto



PCC USP

PCC 2341 Tecnologia do concreto
Departamento de Engenharia de Construção Civil

Professores

Antonio Figueiredo

Paulo Helene

Vanderley John

Vahan Agopyan

1

1

O que é um concreto de qualidade?

- É aquele dosado com máxima resistência?
- ... Ou é aquele dosado com mínima relação a/c?
- Ou é aquele com características adequadas ao uso à que se destina?

PCC 2341 - 2008

2

2

Qualidade no processo de produção do concreto

A gestão pela qualidade deve estar presente em todas as áreas da organização e de forma a intervir e atuar em cada item do processo de produção do concreto e da estrutura, que sejam determinantes do desempenho da obra acabada, em serviço.

PCC 2341 - 2008

3

3

Qualidade no processo de produção do concreto

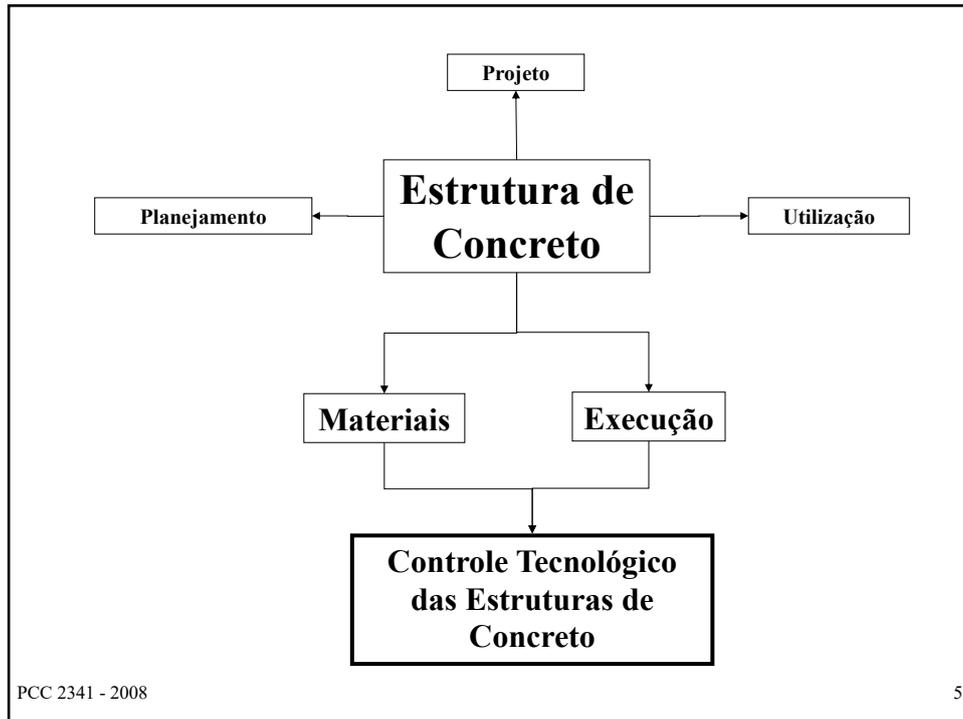
Deve estar inserida no “Sistema de Gestão pela Qualidade”

- (Item 7.5.1 d da ISO 9001:2000)
“A organização deve planejar e conduzir sua produção e prestação de serviço sobre condições controladas. Condições controladas devem incluir, quando aplicável (...) a disponibilidade e uso de dispositivos de medição e monitoramento (...)”
- (Item 7.6 da ISO 9001:2000)
“ A organização deve determinar os monitoramentos e medições (...) necessários para fornecer evidências da **conformidade do produto aos requisitos determinados.**”

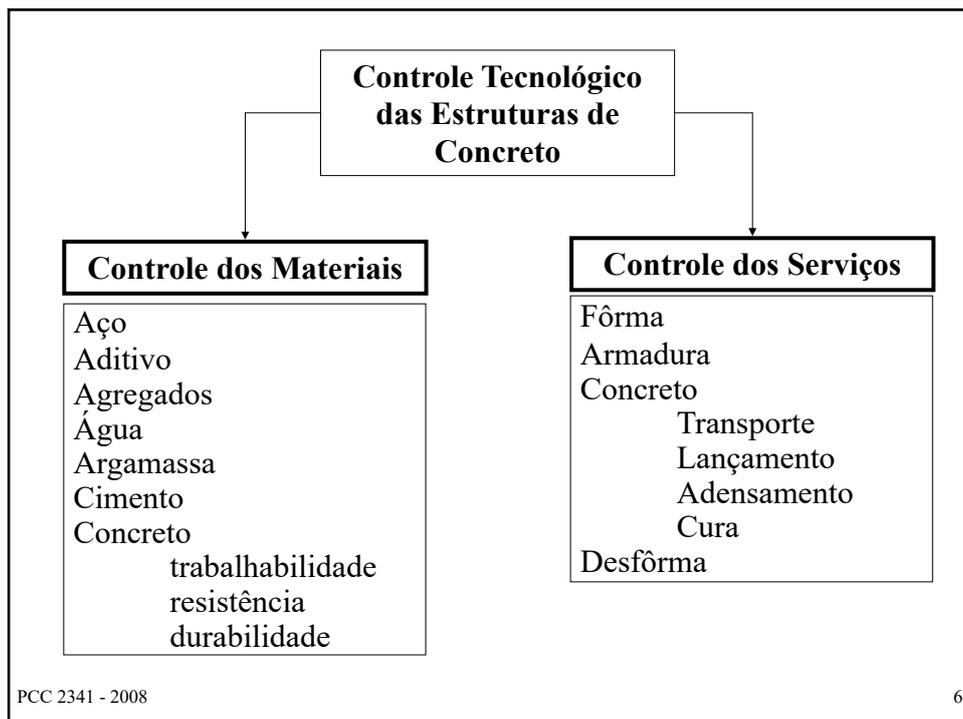
PCC 2341 - 2008

4

4



5



6

Qualidade do concreto

No caso das estruturas de concreto, o controle da qualidade ...



... deve começar pela concepção arquitetônica e estrutural da obra e a correta especificação do *concreto estrutural*...

7

Qualidade das estruturas de concreto

A NBR 6118 (2003) diz no seu item 5.2 –

Requisitos de Qualidade de Projeto:

- A solução estrutural adotada deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura;
- A qualidade da solução adotada deve ainda considerar as condições arquitetônicas, funcionais, construtivas, estruturais, de integração com os demais projetos (elétricos, hidráulicos, e outros) explicitadas pelos responsáveis técnicos de cada especialidade com a anuência do contratante.

8

Qualidade das estruturas de concreto

- 1 – Prever drenagem eficiente;
- 2 – Evitar formas arquitetônicas e estruturais inexecutáveis;
- 3 – Garantir concretos com qualidade apropriada, particularmente nas regiões superficiais dos elementos estruturais;
- 4 – Garantir cobertura de concreto apropriado para proteção às armaduras;
- 5 – Detalhar adequadamente as armaduras;
- 6 – Controlar a fissuração das peças;
- 7 – Prever espessuras de revestimento protetoras em regiões sob condições de exposição ambiental muito agressiva.

9

Qualidade do concreto estrutural



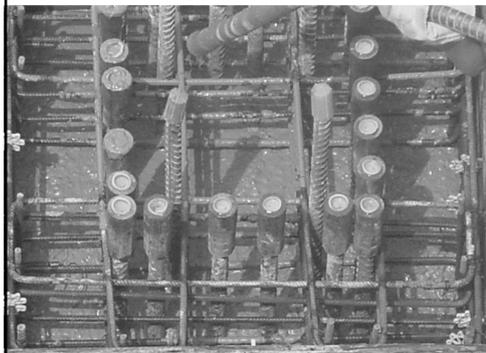
... e em especial as etapas de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e desfôrma ...

PCC 2341 - 2008



10

Qualidade do concreto estrutural



... ou seja, é determinante o controle da execução da estrutura



Mas, o controle da qualidade do concreto é muitas vezes confundido com o controle da resistência à compressão do concreto... possivelmente pela importância desta propriedade na segurança do projeto e da obra em execução.

PCC 2341 - 2008

11

Controle de processos e produtos, quanto à finalidade

	Controle de produção	Controle de recebimento
QUEM o faz?	O produtor	O receptor / comprador
O QUE se procura?	Oferecer a qualidade especificada ao menor custo	Comprovar a qualidade especificada com o menor risco possível
ATUA sobre	O processo e o produto (saída)	O produto
VARIÁVEIS do controle	As mais cômodas (correlações)	As mais representativas
TÉCNICAS empregadas	- Gráficos de controle, com registros contínuos - Limites estatísticos para controle do processo	- Tabelas de amostragem - Critérios estatísticos para Aceitação/Rejeição

Normas ABNT para controle de produção: NBR 12654 e NBR 12655

Normas ABNT para controle de aceitação: NBR 12655 e NBR 6118

PCC 2341 - 2008

12

12

Tipos de controle, em processos e produtos:

- **Controle por atributo**

Através de inspeções qualitativas do processo ou do produto.

Por exemplo, na estrutura de concreto, identificar a ocorrência de defeitos como:

- Nichos de concretagem (“bicheiras”);
- Fissuras.

- **Controle por variável**

Através de propriedades que podem ser quantificadas, por métodos previamente definidos.

Por exemplo, na produção do concreto estrutural:

- Abatimento do concreto fresco;
- Resistência à compressão do concreto em determinadas idades.

Concreto – Controle da resistência

- Leva em conta conceitos da estatística
- Pressupõe que haja um perfeito concatenamento entre o controle do projeto e dos materiais.
- Pode ser feito na produção na usina.
- Pode ser feito no recebimento na obra.

Concreto – Controle da resistência

Coexistem os dois tipos de controle:

- de produção (controle de processo – em geral, por limites superior e inferior)
- de recebimento (controle de aceitação – em geral por um limite mínimo de especificação)

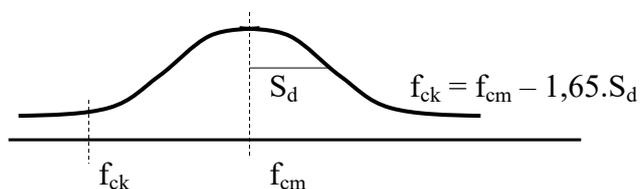
OBS: O controle da resistência é em geral confundido com controle “tecnológico” do concreto estrutural

PCC 2341 - 2008

15

15

Valores Característicos



f_{ck}	Valor de referência adotado p/projetista no dimensionamento
$f_{ck,ef}$	Valor real ou efetivo correspondente ao concreto de uma região homogênia da estrutura
$f_{ck,est}$	Valor estimado correspondente ao concreto de uma região homogênea da estrutura

PCC 2341 - 2008

16

16

Concreto – Controle da resistência

Valores Característicos

- Definido segundo um quantil: uma probabilidade pré-estabelecida como aceitável para a ocorrência de falha.
- Um quantil de 5% significa que em apenas 5% dos casos a resistência do material será superada.
- O valor característico é o parâmetro de controle da qualidade do material determinado a partir de amostras.

PCC 2341 - 2008

17

17



Controle

- Coleta
- Adensamento
- Acabamento
- Cura inicial
- Transporte
- Cura até o ensaio
- Preparo topos
- Carregamento
- Ruptura

$f_{ck,est}$

As condições dos concretos que vão para o ensaio,...



Obra

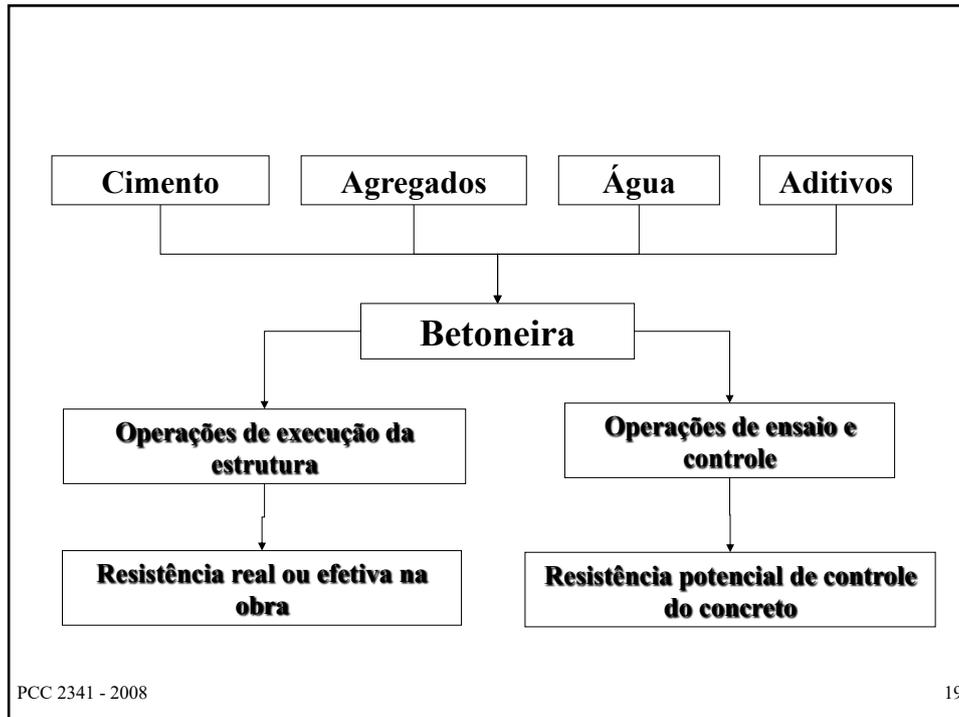
- Descarga
- Transporte
- Lançamento
- Adensamento
- Acabamento
- Cura

$f_{ck,ef}$

... São diferentes das condições reais na obra.

PCC 2341 - 2008

18



19

Estatística - Definições

Termo	Definição
Lote	Volume de concreto que foi produzido em iguais condições (traço, materiais, equipamentos de mistura, i. e., de mesma população) e é submetido a julgamento de uma só vez.
Unidade de produto	Correspondente a cada amassada, qualquer que seja o volume da betoneira.
Exemplar	Valor de resistência à compressão fci que representa uma unidade de produto (valor mais alto dos dois cp's.).
Amostra	Conjunto de exemplares que se admite com representativos de um lote.
Tamanho da amostra	Número de exemplares que constituem uma amostra.

PCC 20

20

**Tabela resumo da NBR 12655/06 para o CONTROLE ESTATÍSTICO
da resistência à compressão do concreto**

Critério para formação de lote		Amostragem	Calculo do fck estimado		Obs.
solicitação da peça			nº exemplares	Fórmula	
Copressão ou Compressão e Flexão	Flexão Simples				
50 m³	100 m³	Parcial	6 ≤ n < 20	$fck_{est} = \frac{2(f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1})}{m-1} - f_m$ onde: m = n/2. Despreza-se o valor mais alto de n, se for ímpar.	1 e 2
1 andar	1 andar		n ≥ 20	$fck_{est} = f_{cm} - 1,65.S_d$	4 e 3
3 dias de concretagem	3 dias de concretagem	Total	n ≤ 20	$fck_{est} = f_1$	2
			n > 20	$fck_{est} = f_i$	4
≤ 10 m³		Casos excepcionais	2 ≤ n ≤ 5	$fck_{est} = \Psi_6 \cdot f_1$	5

PCC 2341 - 2008

21

21

Controle estatístico da resistência à compressão do concreto

Observações:

- (1) A amostra representativa do lote é constituída por “n” exemplares. Cada exemplar é constituído por 2 corpos-de-prova, moldados conforme a NBR 5738, da mesma amassada e no mesmo ato, para cada idade de ensaio.
- (2) f_1, f_2, \dots, f_m = valores das resistências dos “m” exemplares de menor resistência da amostra, em ordem crescente, sendo $m = n/2$ (para n par) e $m = n - \frac{1}{2}$ (para n ímpar). Toma-se como resistência do exemplar o maior dos 2 valores obtidos no ensaio dos corpos-de-prova constituintes do exemplar.
- (3) f_{cm} = resistência média dos exemplares do lote, em MPa.
- (4) $i = 0,05 n$. Se i for fracionário, adota-se o número inteiro imediatamente superior.
- (5) Ψ_6 = ver tabela 3 - NBR 12655/03, função do número de exemplares do lote.

PCC 2341 - 2008

Tabela detalhada disponível no moodle em excel.

22

22

Tabela original da NBR 6118/79, não mais vigente, mas que se considera importante por estimular a melhoria do processo e da qualidade do produto, por preceitos de controle estatístico.

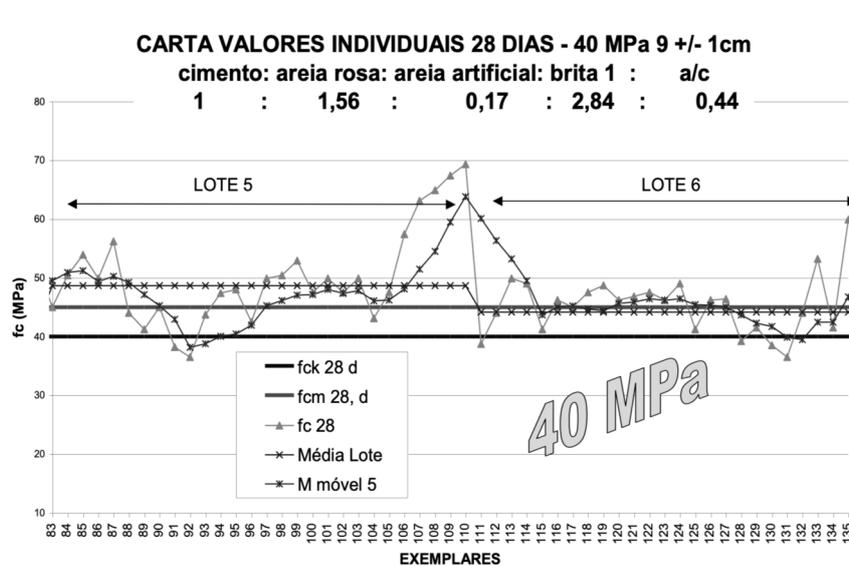
Valor estimado da resistência característica	Índice de amostragem parcial no lote em exame		
	Reduzido (n=6)	Normal (n=12)	Rigorouso (n=20)
	Índice a adotar no lote seguinte		
$f_{ck,est} \geq 1,1 f_{ckj}$	Manter o reduzido	Passar para o reduzido	Passar para o normal
$1,1 f_{ckj} > f_{ck,est} \geq f_{ckj}$	Passar para o normal	Manter o normal	Passar para o normal
$f_{ck,est} < f_{ckj}$	Passar para o normal	Passar para o rigoroso	Manter o rigoroso

PCC

23

23

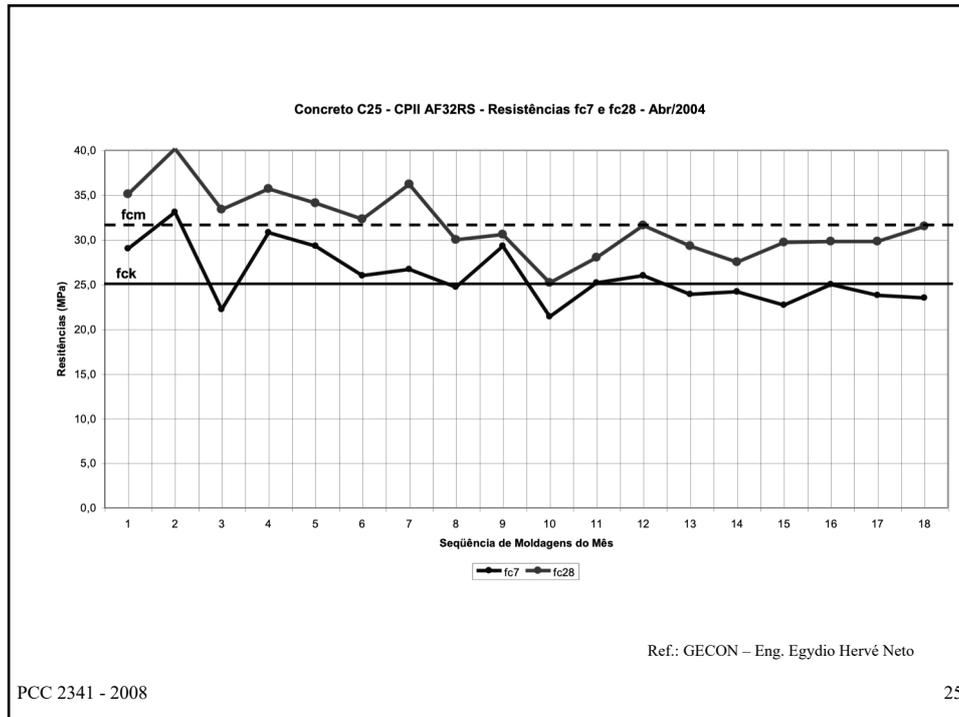
Controle por variável na produção — carta de valores da resistência



PCC

24

24



25

*No controle de recebimento,
como estabelecer o do
controle de qualidade para
concretos especificados por
critérios de durabilidade, por
exemplo através da relação
a/c máxima ?*

PCC 2341 - 2008

26

26

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 do Concreto (ABNT)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de Cimento por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360
CA - Componentes e elementos estruturais de concreto armado; CP - Componentes e elementos estruturais de concreto protendido					

Analisar com o grupo outras variáveis importante para o controle de qualidade do concreto, em obras especiais como:

-Barragens;

-Reservatórios elevados de água;

-Reservatórios enterrados para materiais radioativos.