

# **3º ENCONTRO CONSTRUTIVO**

---

## **DESEMPENHO DO CONCRETO**

# **CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO**

**MINOS TROCOLI DE AZEVEDO**

---

**16/12/2014**

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

---

## NBR 12655 – CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND – PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO – PROCEDIMENTO.

### 4. ATRIBUIÇÕES DE RESPONSABILIDADES

#### 4.2. PROFISSIONAL RESPONSÁVEL PELO PROJETO ESTRUTURAL

- REGISTRO DE RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO ( $F_{ck}$ ) DO CONCRETO.
- ESPECIFICAÇÃO DO  $F_{cj}$  PARA ETAPAS CONSTRUTIVAS.
- ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS CORRESPONDENTES À DURABILIDADE.
- ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS CORRESPONDENTES ÀS PROPRIEDADES ESPECIAIS:
  - MÓDULO DE DEFORMAÇÃO MÍNIMO
  - OUTRAS PROPRIEDADES

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

## NBR 6118 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I	Fraca	Rural Submersa
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe 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 (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

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

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

## NBR 6118 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO.

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		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

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

---

## NBR 12655 – CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND – PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO – PROCEDIMENTO.

### 5.6. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO

#### 5.6.3. CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE DOSAGEM

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 S_d$$

ONDE:

$F_{cj}$  É A RESISTÊNCIA MÉDIA DO CONCRETO A COMPRESSÃO, PREVISTA PARA A IDADE DE J DIAS, EM MEGAPASCALS;

$F_{ck}$  É A RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO CONCRETO A COMPRESSÃO, EM MEGAPASCALS;

$S_d$  É O DESVIO-PADRÃO DA DOSAGEM, EM MEGAPASCALS

CENTRAL DE CONCRETO  $S_d = 4,0$  MPA



# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

Quadro 4 - Causas mais comuns da variabilidade dos concretos (HELENE & TERZIAN, 1992).

CAUSAS DA VARIAÇÃO	EFEITO MÁXIMO NO RESULTADO
<b>A - Materiais</b>	
* variabilidade da resistência do cimento	± 12 %
* variabilidade da quantidade total de água	± 15 %
* variabilidade dos agregados (principalmente miúdos) <sup>(*)</sup>	± 8 %
<b>B - Mão-de-Obra</b>	
* variabilidade do tempo e procedimento de mistura	- 30 %
<b>C - Equipamento</b>	
* ausência de aferição de balanças	- 15 %
* mistura inicial, sobre e subcarregamento, correias, etc.	- 10 %
<b>D - Procedimento de Ensaio</b>	
* coleta imprecisa	- 10 %
* adensamento inadequado	- 50 %
* cura (efeito considerado a 28 dias ou mais)	± 10 %
* remate inadequado dos topos dos corpos de prova	- 30 % para concavidade - 50 % para convexidade
* ruptura (velocidade de carregamento)	± 5 %
<p>(*) COMO EXEMPLO: uma diminuição de 0,2 do módulo de finura do agregado miúdo implica um aumento aproximado de 3 %, da massa de agregado graúdo e uma diminuição equivalente da massa de agregado miúdo para manter aproximadamente constantes as principais características do concreto.</p>	

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

## 6.2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

### 6.2.1. FORMAÇÃO DE LOTES – AMOSTRAS – EXEMPLARES – 2 CORPOS DE PROVA;

Tabela 7 — Valores para a formação de lotes de concreto

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de 7 dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

## 6.2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

### 6.2.3. TIPOS DE CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO;

#### 6.2.3.1. CONTROLE ESTATÍSTICO DO CONCRETO POR AMOSTRAGEM PARCIAL

A) PARA LOTES COM NÚMEROS DE EXEMPLARES  $6 < n < 20$ , O VALOR ESTIMADO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO ( $F_{ckest}$ ), NA IDADE ESPECIFICADA, É DADO POR:

$$F_{ckest} = \frac{2 f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$$

ONDE:

$m = n/2$ . DESPREZA-SE O VALOR MAIS ALTO DE  $n$ , SE FOR IMPAR;

$f_1, f_2, \dots, f_m$  VALORES DAS RESISTÊNCIAS DOS EXEMPLARES, EM ORDEM CRESCENTE.

NÃO SE DEVE TOMAR PARA  $F_{ckest}$  VALOR MENOR QUE  $\psi_6 f_1$ , ADOTANDO-SE PARA  $\psi_6$  OS VALORES DA TABELA 8, EM FUNÇÃO DA CONDIÇÃO DE PREPARO DO CONCRETO E DO NÚMERO DE EXEMPLARES DA AMOSTRA, ADMITINDO-SE INTERPOLAÇÃO LINEAR.



# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

---

## 6.2.3. TIPOS DE CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO;

### 6.2.3.1. CONTROLE ESTATÍSTICO DO CONCRETO POR AMOSTRAGEM PARCIAL

B) PARA LOTES COM NÚMERO DE EXEMPLARES  $n > 20$

$$F_{ckest} = F_{cm} - 1,65 S_d$$

ONDE:

$F_{cm}$  É RESISTÊNCIA MÉDIA DOS EXEMPLARES DO LOTE, MEGAPASCALS;

$S_d$  É O DESVIO PADRÃO DA AMOSTRA DE  $n$  ELEMENTOS, CALCULANDO COM UM GRAU DE LIBERDADE A MENOS  $[(n-1)$  NO DENOMINADOR DA FÓRMULA], EM MEGAPASCALS.

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

---

## 6.2.3. TIPOS DE CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO;

### 6.2.3.2. CONTROLE DO CONCRETO POR AMOSTRAGEM TOTAL (100%)

A) PARA  $n < 20$ ,  $F_{ckest} = f_{1i}$ ;

B) PARA  $n > 20$ ,  $F_{ckest} = f_{ii}$ ;

ONDE:

$i = 0,05n$ , QUANDO O VALOR DE  $i$  FOR FRACIONÁRIO, ADOTA-SE O NÚMERO IMEDIATAMENTE SUPERIOR.

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

## 6.2.3. TIPOS DE CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO;

### 6.2.3.3. CASOS EXCEPCIONAIS

PODE-SE DIVIDIR A ESTRUTURA EM LOTES CORRESPONDENTES A NO MÁXIMO 10 m<sup>3</sup> E AMOSTRÁ-LOS COM NÚMERO DE EXEMPLARES ENTRE 2 E 5. NESTES CASOS, DENOMINADOS EXCEPCIONAIS, O VALOR ESTIMADO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA É DADO POR:

$$F_{ckest} = \psi_6 f_1$$

ONDE:

$\psi_6$  É DADO PELA TABELA 8, PARA OS NÚMEROS DE EXEMPLARES DE 2 A 5

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 (ver 6.2.3.3).

# 3º ENCONTRO CONSTRUTIVO - DESEMPENHO DO CONCRETO

---

## DIFICULDADES OPERACIONAIS EM CANTEIROS DE OBRAS

- DIFICULDADES DE ACESSO
- LOCAL INADEQUADO PARA A MOLDAGEM E ESTOCAGEM DOS CP's
- AVISO INTEMPESTIVO DE PROGRAMAÇÃO DE CONCRETAGEM
- ACÚMULO DE CAMINHÕES NA DESCARGA
- NECESSIDADE DE MAIOR NÚMERO DE MOLDADORES PARA MAIS DE 70 m<sup>3</sup> POR DIA
- INFORMAÇÃO MAIS PRECISA DO LOCAL CONCRETADO PARA FINS DE RASTREABILIDADE
- OCORRÊNCIA DE CHUVAS NO PERÍODO DE APLICAÇÃO DO CONCRETO
- COLETA E TRANSPORTE DOS CORPOS DE PROVA