
MANUAL DE CONTROLE TECNOLÓGICO PARA OBRAS EM CONCRETO

MCT . 08 / 1

CONTROLE ESTATÍSTICO DE RESISTÊNCIA





**MANUAL DE CONTROLE TECNOLÓGICO
PARA OBRAS EM CONCRETO**

Controle Estatístico de Resistência

N.º: MCT.08/1
Aprov.: 23/05/18
Subst.: MCT.08/0
Pág.: 1/17

1 INTRODUÇÃO

O presente módulo, "Controle Estatístico de Resistência", aborda os procedimentos a serem adotados quando da análise dos resultados de resistência à compressão dos corpos de prova moldados durante a concretagem. O preenchimento do impresso se fará através dos resultados registrados no impresso "Ensaio de controle - Consistência/Resistência à compressão", emitidos pelo Laboratório contratado pelo Executante ou em Laboratório do próprio Executante supervisionado pela COPASA MG.

2 Periodicidade

Preencher o relatório "Controle Estatístico de Resistência" apresentado ao final do caderno, para cada lote concretado.

Observação: Os lotes foram definidos antecipadamente no impresso "Plano de Concretagem".

3 NÚMERO DE VIAS

O impresso será preenchido em 2 (duas) vias. A 1ª. via do impresso juntamente com os resultados contidos no impresso "Ensaio de controle - Consistência / Resistência à compressão" será arquivada no escritório da obra pela Fiscalização. A 2ª. via será enviada ao Setor de Controle para conhecimento e arquivamento das informações sobre a qualidade do concreto lançado na estrutura.

4 ARQUIVO


O impresso, "Controle Estatístico de Resistência" será arquivado, por tempo indeterminado, no Arquivo Técnico da COPASA MG e, durante o transcorrer da obra, pela Gerência da Obra.

Para o preenchimento correto do impresso, os procedimentos detalhados a seguir deverão ser obedecidos rigorosamente.

5 PREENCHIMENTO DO RELATÓRIO "CONTROLE ESTATÍSTICO DE RESISTÊNCIA"

Campo nº 1: Relatório nº

Preencher obedecendo a numeração sequencial dos relatórios.


Wilton José F. Ferreira
DTE / SPDT / DVDT
Matricula 10.159



**MANUAL DE CONTROLE TECNOLÓGICO
PARA OBRAS EM CONCRETO**

Controle Estatístico de Resistência

N.º: MCT.08/1
Aprov.: 23/05/18
Subst.: MCT.08/0
Pág.: 2/17

Campo nº 2: Obra

Identificar a obra

Campo nº 3: Empreiteira

Identificar a empreiteira responsável pela execução do concreto

Campo nº 4: Localidade

Citar a localidade onde se executa a obra

Campo nº 5: N° do contrato

Citar o nº do contrato

Campo nº 6: Unidade

Identificar a peça e a parte da estrutura que está sendo concretada

Campo nº 7: fck

Registrar o valor especificado em projeto, em MPa, da resistência característica mínima do concreto.

Campo nº 8: fc28

Registrar o valor da resistência média de dosagem, em MPa, prevista para a idade de 28 dias.

O fc28 do concreto é definido levando-se em consideração o fck e o tipo de controle adotado na obra e deve constar do relatório de Dosagem Experimental.

Campo nº 9: Fator água/cimento

Registrar o valor do fator água/cimento, em litros/kg, sempre que o mesmo tiver sido exigido em projeto.

Ex: 0,45 l/kg

Campo nº 10: Tipo de cimento

Registrar o tipo de cimento utilizado na execução do concreto.

Ex: CII-E-32 Mauá


Campo nº 11: Tipo de controle adotado

Registrar a condição de controle tecnológico do concreto adotada na obra.

Ex: Condição A

Campo nº 12: Amostragem adotada

Registrar o tipo de amostragem do concreto, utilizada durante a execução da concretagem. Ex: Amostragem Total


Wilton José F. Ferreira
DTE / SPDT / DVDT
Matrícula 10.159

Campo nº 13: Amostragem

. Data de moldagem

Registrar a data, em ordem cronológica, das séries de corpos de prova moldados.

. N° da série

Registrar, para cada data de moldagem, o número de série dos corpos de prova. Cada série será composta de 4 exemplares (2 para 7 dias e 2 para 28 dias), devidamente identificada através do impresso "Ensaio de Controle - Consistência / Resistência à Compressão".

Campo nº 14: Resistência (MPa)

A análise dos resultados de resistência à compressão do concreto, para efeito de aceitação automática de uma estrutura, será definida através do estudo individual de cada um dos lotes.

Cada amostragem (série) será formada por 2 exemplares de corpos de prova para cada idade de rompimento. O resultado representativo de cada série, para cada idade, será o maior dos dois valores individuais. Isso se deve ao pressuposto que para uma mesma amostragem, moldada, transportada, curada, capeada e testada nas mesmas condições os valores dos corpos de prova teoricamente deveriam ser iguais, como isso geralmente não ocorre entende-se que o menor valor foi comprometido por eventuais falhas durante a operação de moldagem e rompimento.

Nas colunas de resistência em função da idade será registrado apenas o maior valor da série (para cada idade), considerado pelas normas brasileiras como o valor mais representativo.

. 7 dias

Registrar o maior resultado de cada série para a idade de 7 dias.

. 28 dias

Registrar o maior resultado de cada série para a idade de 28 dias.

Definido os resultados representativos de cada série serão os mesmos analisados estatisticamente para verificação do atendimento às condições estabelecidas pela ABNT.

Apenas um critério define a aceitação ou rejeição da estrutura sob o ponto-de-vista de sua resistência mecânica.

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

Campo nº 15: Ordem crescente dos valores de resistência

Para se definir o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura, o primeiro passo é colocar os resultados dos corpos de prova, aos 28 dias de idade, em ordem crescente.

Ex: $f_1 < f_2 < f_3 < \dots < f_n \leftarrow (n = n^\circ \text{ de séries})$

Campo nº 16: Cálculo do $f_{ck, est}$

O cálculo do $f_{ck_{est}}$ é definido em função do tipo de amostragem adotada para análise da estrutura.

Para o cálculo do $f_{ck_{est}}$ adotar os procedimentos a seguir:

(Ver exemplos de cálculo no final deste Manual)

Cálculo do $f_{ck_{est}}$ por amostragem parcial:

a) Lotes com número de exemplares $6 \leq n \leq 20$:

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

$m = n/2$ (Despreza-se o valor mais alto se "n" for ímpar)

$f_1 < f_2 < \dots < f_m$ = Valores em ordem crescente da resistência dos exemplares

b) Lotes com número de exemplares $n > 20$

$$f_{ck_{est}} = f_{cm} - 1,65 \times sd$$

f_{cm} = resistência média dos n exemplares do lote

sd = desvio padrão do lote para n -1 resultados

Cálculo do $f_{ck_{est}}$ por amostragem total (100%):

Aplicado em casos especiais onde se amostra concreto de todas as betonadas. Nesse caso não há limitação para o número de exemplares do lote.

a) Lotes com número de exemplares $n \leq 20$

$$f_{ck_{est}} = f_1$$

b) Lotes com número de exemplares $n > 20$

$$f_{ck_{est}} = f_i$$

$i = 0,05 \times n$ (Quando o valor de i for fracionário adota-se o número inteiro imediatamente superior)

Cálculo do $f_{ck_{est}}$ para pequenas amostragens:

$$2 \leq n \leq 5$$

O controle estatístico para pequenas amostragens é considerado um caso excepcional, podendo ser aplicado em estruturas com lotes de, no máximo, 10 m³.

$$f_{ck_{est}} = \Psi_6 \times f_1$$

f_1 = menor valor do lote amostrado

Ψ_6 = valores definidos na tabela abaixo

Campo nº 17: Cálculo do limite inferior ($\Psi_6 \times f_1$)

$$L.I. = \Psi_6 \times f_1$$

f_1 = menor valor do lote amostrado

Ψ_6 = valores definidos na tabela abaixo

Valores de Ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares										
	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

Campo nº 18: f_{ck} , estimado (adotado)

Não se tomará para $f_{ck_{est}}$ valor menor que o Limite Inferior (L.I.). Quando ocorrer valor menor despreza-se o $f_{ck_{est}}$ e adota-se como $f_{ck_{est}}$ o valor do Limite Inferior.

Exemplo: $f_{ck_{est}} = 19,6$ MPa e L.I. = 20,2 MPa

$$f_{ck_{est}} \text{ (adotado)} = 20,2 \text{ MPa}$$

Campo nº 19: Conclusão

Quando o $f_{ck_{est}}$ da estrutura for igual ou superior ao f_{ck} ($f_{ck_{est}} \geq f_{ck}$) a conclusão será:

“O lote analisado atende às especificações podendo ser aceito automaticamente sem nenhuma restrição quanto ao uso e carregamento.”

Quando o $f_{ck_{est}}$ da estrutura for menor que o f_{ck} ($f_{ck_{est}} < f_{ck}$) a conclusão será:

“O lote analisado não atende às especificações”.

Quando ocorrer rejeição, adotar os procedimentos estabelecidos na NBR 6118, descritos a seguir:

a) Revisão do projeto

O projeto será revisto considerando-se para as peças concretadas o valor do $f_{ck} = f_{ck_{est}}$.

b) Ensaios especiais

Extração de testemunhos:

O número mínimo de extrações será 6, distribuídas de modo a representar o lote em exame. No cálculo do $f_{ck_{est}}$, baseado nos valores dos testemunhos, considerar para limite inferior $1,05 \times \Psi_6 \times f_1$ para $n < 18$ ou $1,10 \times \Psi_6 \times f_1$ para $n \geq 18$. Os fatores de majoração levam em consideração que se trata da resistência do concreto da própria estrutura.

Esclerometria/ Ultra-som:

Com relação a esses ensaios, a Norma recomenda que os mesmos sejam executados de acordo com os métodos já estudados e aprovados por laboratório nacional idôneo, e, em sua interpretação, sejam tomadas as precauções necessárias para que decisões sobre a estrutura analisada se baseiem em valores corretos e coerentes.

Essas observações estão muito bem colocadas, visto que as variáveis que incidem sobre cada um desses ensaios são significativas e podem alterar o seu resultado final.

No caso específico do ensaio de esclerometria, atualmente muito utilizado, sabe-se que a umidade superficial, bem como a porosidade do concreto, que ocorre em função da absorção da água de amassamento pela forma, aumenta o diâmetro de impressão, amortece o choque e reduz o índice esclerométrico. A esbeltez da peça que provoca ressonância, vibração e dissipação de energia, também, reduz o

índice esclerométrico. A idade do concreto influi, tanto para mais quanto para menos, caso o ensaio ocorra antes ou após 28 dias, devido à carbonatação, que aumenta a dureza superficial.

Estudos efetuados na Alemanha, com idades de concreto variando de 10 dias a 3000 dias, comprovam que, para essa última idade, o coeficiente de correção dos resultados de resistência a compressão é de 0,63, ou seja, os valores encontrados no ensaio devem ser reduzidos em 37%. O método brasileiro pede que esses fatores sejam levados em consideração, para análise e interpretação do estudo esclerométrico, porém, não estabelece parâmetros de ajuste, o que deixa o ensaio vulnerável ao maior ou menor conhecimento de quem o elabora.

c) Ensaios da estrutura

Consiste na execução de prova-de-carga, que mede o comportamento da estrutura quando carregada.

Decisões a serem tomadas

Caso, após a execução de uma ou mais medidas de verificação descritas, concluir-se que as condições de segurança da estrutura atendem às especificações de projeto, a mesma será aceita sem restrições. Caso contrário, deve-se adotar uma das seguintes decisões:

- A parte condenada será demolida;
- A parte condenada será reforçada;
- A estrutura será aproveitada com restrições ao uso e carregamento.

Campo nº 20: Parâmetros estatísticos**. Resistência média**

Registrar a resistência média à compressão, em MPa, aos 28 dias, da amostragem analisada.

. Desvio Padrão

Registrar o valor do desvio padrão, em MPa, da amostragem analisada.

. Coeficiente de Variação

Registrar o valor do coeficiente de variação, em %, da amostragem analisada.

Campo nº 21: Assinaturas/Data

Nos campos respectivos deverão constar a assinatura e a data da análise por parte do funcionário responsável pelo cálculo, com o visto da Chefia do Setor de Controle e responsável pela aprovação/liberação da estrutura concretada.

Exemplos de cálculo estatístico para aceitação de estruturas em concreto:

1º Exemplo: Calcular o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura de concreto sendo dados:

- . $f_{ck} = 18,0$ MPa
- . Amostragem parcial
- . Nível de controle: B
- . Número de amostras: $n = 15 \Rightarrow (n \leq 20)$



**MANUAL DE CONTROLE TECNOLÓGICO
PARA OBRAS EM CONCRETO**

Controle Estatístico de Resistência

N.º: MCT.08/1
Aprov.: 23/05/18
Subst.: MCT.08/0
Pág.: 8/17

Série Resistência (MPa)		Série Resistência (MPa)		Série Resistência (MPa)	
01	19,7 / 20,0	06	25,5 / 26,0	11	19,5 / 21,0
02	21,5 / 21,0	07	24,0 / 24,0	12	21,5 / 23,5
03	24,0 / 25,0	08	26,0 / 25,0	13	25,5 / 23,0
04	21,0 / 21,0	09	20,5 / 19,5	14	29,0 / 26,0
05	23,0 / 20,0	10	19,0 / 19,5	15	26,3 / 25,7

Passo nº 1: Eliminar o menor valor de cada série

01	19,7 / 20,0	06	25,5 / 26,0	11	19,5 / 21,0
02	21,5 / 21,0	07	24,0 / 24,0	12	21,5 / 23,5
03	24,0 / 25,0	08	26,0 / 25,0	13	25,5 / 23,0
04	21,0 / 21,0	09	20,5 / 19,5	14	29,0 / 26,0
05	23,0 / 20,0	10	19,0 / 19,5	15	26,3 / 25,7

Passo nº 2: Colocar os valores restantes em ordem crescente

f1 = 19,5 MPa	f6 = 21,5 MPa	f11 = 25,5 MPa
f2 = 20,0 MPa	f7 = 23,0 MPa	f12 = 26,0 MPa
f3 = 20,5 MPa	f8 = 23,5 MPa	f13 = 26,0 MPa
f4 = 21,0 MPa	f9 = 24,0 MPa	f14 = 26,3 MPa
f5 = 21,0 MPa	f10 = 25,0 MPa	f15 = 29,0 MPa*

* O valor correspondente a f15 será suprimido para que a amostragem tenha número de valores pares.

Como $m = n / 2$ $m = 14 / 2$ $m = 7$ $m - 1 = 6$

Substituindo teremos:

f1 = 19,5 MPa	f _{m-1} = f6 = 21,5 MPa	f11 = 25,5 MPa
f2 = 20,0 MPa	f _m = f7 = 23,0 MPa	f12 = 26,0 MPa
f3 = 20,5 MPa	f8 = 23,5 MPa	f13 = 26,0 MPa
f4 = 21,0 MPa	f9 = 24,0 MPa	f14 = 26,3 MPa
f5 = 21,0 MPa	f10 = 25,0 MPa	


Wilton José B. Ferreira
DTE / SPOT / DVDT
Matrícula 10.159

Passo nº 3: Cálculo do $f_{ck_{est}}$

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

$$f_{ck_{est}} = 2 \times \frac{19,5 + 20,0 + 21,0 + 21,0 + 21,5}{6} - 23,0$$

$$f_{ck_{est}} = 18,2 \text{ MPa}$$

Passo nº 4: Cálculo do Limite Inferior:

$$L.I. = \Psi_6 \times f_1$$

$$L.I. = 1,00 \times 19,5 \text{ MPa}$$

$$L.I. = 19,5 \text{ MPa}$$

Passo nº 5: Definição do valor adotado para $f_{ck_{est}}$:

Como o valor do $f_{ck_{est}}$ não pode ser inferior ao valor do L.I. teremos:

$$f_{ck_{est}} = 19,5 \text{ MPa}$$

Passo nº 6: Conclusão

Considerando-se que a estrutura foi projetada para $f_{ck} = 18,0 \text{ MPa}$ pode-se afirmar, em função do valor encontrado para o $f_{ck_{est}}$, que a mesma está aceita sem restrições quanto ao uso e carregamento.

$$f_{ck_{est}} = 19,5 \text{ MPa} > f_{ck}$$

2º. Exemplo: Calcular o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura de concreto sendo dados:

. $f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$

. Amostragem parcial

. Nível de controle: B

. Número de amostras = 24 \Rightarrow ($n > 20$)

Série Resistência (MPa)		Série Resistência (MPa)		Série Resistência (MPa)	
01	22,5 / 24,5	09	20,8 / 21,2	17	23,9 / 22,0
02	23,7 / 25,2	10	21,0 / 21,0	18	22,0 / 20,9
03	22,6 / 22,9	11	22,0 / 21,5	19	20,2 / 20,9
04	27,2 / 27,9	12	20,6 / 20,8	20	19,9 / 19,5
05	22,8 / 22,8	13	23,0 / 26,0	21	22,0 / 21,9
06	24,1 / 26,3	14	24,2 / 25,3	22	23,3 / 23,7
07	22,2 / 21,5	15	27,1 / 26,7	23	25,2 / 24,5
08	21,4 / 23,2	16	25,4 / 23,9	24	26,9 / 27,3

Passo nº 1: Eliminar o menor valor de cada série

01	22,5 / 24,5	09	20,8 / 21,2	17	23,9 / 22,0
02	23,7 / 25,2	10	21,0 / 21,0	18	22,0 / 20,9
03	22,6 / 22,9	11	22,0 / 21,5	19	20,2 / 20,9
04	27,2 / 27,9	12	20,6 / 20,8	20	19,9 / 19,5
05	22,8 / 22,8	13	23,0 / 26,0	21	22,0 / 21,9
06	24,1 / 26,3	14	24,2 / 25,3	22	23,3 / 23,7
07	22,2 / 21,5	15	27,1 / 26,7	23	25,2 / 24,5
08	21,4 / 23,2	16	25,4 / 23,9	24	26,9 / 27,3

Passo nº 2: Tirar a média dos valores dos n exemplares do lote:

$$f_{cm} = 23,7 \text{ MPa}$$

Passo nº 3: Calcular o desvio padrão dos valores do lote p/ n-1 resultados:

$$sd = 2,3$$

Passo nº 4: Cálculo do $f_{ck_{est}}$

$$f_{ck_{est}} = f_{cm} - 1,65 \times sd$$

$$f_{ck_{est}} = 23,7 \text{ MPa} - 1,65 \times 2,3 \text{ MPa}$$

$$f_{ck_{est}} = 19,9 \text{ MPa}$$

Passo nº 5: Cálculo do Limite Inferior (L.I.):

$$L.I. = \Psi_6 \times f_1$$

$$L.I. = 1,02 \times 19,9 = 20,3$$

Passo nº 6: Valor do $f_{ck_{est}}$ adotado:

$$f_{ck_{est}} = 20,3 \text{ MPa}$$

Passo nº 7: Conclusão

Considerando-se que a estrutura foi projetada para $f_{ck} = 25,0$ MPa pode-se afirmar, em função do valor encontrado para o $f_{ck_{est}}$, que a mesma não está aceita automaticamente.

$$f_{ck_{est}} = 20,3 \text{ MPa} < f_{ck}$$

3º. Exemplo: Calcular o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura de concreto sendo dados:

- . $f_{ck} = 20,0$ MPa
- . Amostragem total
- . Nível de controle: A
- . Número de amostras = 18 $\Rightarrow (n \leq 20)$

Série	Resistência (MPa)	Série	Resistência (MPa)	Série	Resistência (MPa)
01	22,5 / 24,5	07	22,2 / 21,5	13	23,0 / 26,0
02	23,7 / 25,2	08	21,4 / 23,2	14	24,2 / 25,3
03	22,6 / 22,9	09	20,8 / 21,2	15	27,1 / 26,7
04	27,2 / 27,9	10	21,0 / 21,0	16	25,4 / 23,9
05	22,8 / 22,8	11	22,0 / 21,5	17	23,9 / 22,0
06	24,1 / 26,3	12	20,6 / 20,8	18	22,0 / 20,9

Passo nº 1: Eliminar o menor valor de cada série

01	22,5 / 24,5	07	22,2 / 21,5	13	23,0 / 26,0
02	23,7 / 25,2	08	21,4 / 23,2	14	24,2 / 25,3
03	22,6 / 22,9	09	20,8 / 21,2	15	27,1 / 26,7
04	27,2 / 27,9	10	21,0 / 21,0	16	25,4 / 23,9
05	22,8 / 22,8	11	22,0 / 21,5	17	23,9 / 22,0
06	24,1 / 26,3	12	20,6 / 20,8	18	22,0 / 20,9

Passo nº 2: Colocar os valores em ordem crescente

f1 = 20,8 MPa	f7 = 22,8 MPa	f13 = 25,3 MPa
f2 = 21,0 MPa	f8 = 22,9 MPa	f14 = 25,4 MPa
f3 = 21,2 MPa	f9 = 23,2 MPa	f15 = 26,0 MPa
f4 = 22,0 MPa	f10 = 23,9 MPa	f16 = 26,3 MPa
f5 = 22,0 MPa	f11 = 24,5 MPa	f17 = 27,1 MPa
f6 = 22,2 MPa	f12 = 25,2 MPa	f18 = 27,9 MPa

Passo nº 3: Cálculo do $f_{ck_{est}}$

$$f_{ck_{est}} = f_1 \quad \mathbf{f_{ck_{est}} = 20,8 \text{ Mpa}}$$

Passo nº 4: Cálculo do Limite Inferior (L.I.):

$$L.I. = \Psi_6 \times f_1 \quad L.I. = 1,02 \times 20,8 = 21,2 \text{ Mpa}$$

Passo nº 5: Valor do $f_{ck_{est}}$ adotado:

$$\mathbf{f_{ck_{est}} = 21,2 \text{ MPa}}$$

Passo nº 6: Conclusão

Considerando-se que a estrutura foi projetada para $f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$, pode-se afirmar, em função do valor encontrado para o $f_{ck_{est}}$, que a mesma está aceita sem restrições quanto ao uso e carregamento.

$$\mathbf{f_{ck_{est}} = 21,2 \text{ MPa} > f_{ck}}$$

4º. Exemplo: Calcular o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura de concreto sendo dados:

. $f_{ck} = 20,0$ MPa

. Amostragem total

. Nível de controle: A

. Número de amostras = 24 \Rightarrow ($n > 20$)

Série	Resistência (Mpa)	Série	Resistência (MPa)	Série	Resistência (MPa)
01	22,5 / 24,5	09	20,8 / 21,2	17	23,9 / 22,0
02	23,7 / 25,2	10	21,0 / 21,0	18	22,0 / 20,9
03	22,6 / 22,9	11	22,0 / 21,5	19	20,2 / 20,9
04	27,2 / 27,9	12	20,6 / 20,8	20	19,9 / 19,5
05	22,8 / 22,8	13	23,0 / 26,0	21	22,0 / 21,9
06	24,1 / 26,3	14	24,2 / 25,3	22	23,3 / 23,7
07	22,2 / 21,5	15	27,1 / 26,7	23	25,2 / 24,5
08	21,4 / 23,2	16	25,4 / 23,9	24	26,9 / 27,3

Passo nº 1: Eliminar o menor valor de cada série

01	22,5 / 24,5	09	20,8 / 21,2	17	23,9 / 22,0
02	23,7 / 25,2	10	21,0 / 21,0	18	22,0 / 20,9
03	22,6 / 22,9	11	22,0 / 21,5	19	20,2 / 20,9
04	27,2 / 27,9	12	20,6 / 20,8	20	19,9 / 19,5
05	22,8 / 22,8	13	23,0 / 26,0	21	22,0 / 21,9
06	24,1 / 26,3	14	24,2 / 25,3	22	23,3 / 23,7
07	22,2 / 21,5	15	27,1 / 26,7	23	25,2 / 24,5
08	21,4 / 23,2	16	25,4 / 23,9	24	26,9 / 27,3

Passo nº 2: Colocar os valores em ordem crescente

$$f_1 = 19,9 \text{ MPa} \quad f_9 = 22,2 \text{ MPa} \quad f_{17} = 25,2 \text{ MPa}$$

$$f_2 = 20,8 \text{ MPa} \quad f_{10} = 22,8 \text{ MPa} \quad f_{18} = 25,3 \text{ MPa}$$

$$f_3 = 20,9 \text{ MPa} \quad f_{11} = 22,9 \text{ MPa} \quad f_{19} = 25,4 \text{ MPa}$$

$$f_4 = 21,0 \text{ MPa} \quad f_{12} = 23,2 \text{ MPa} \quad f_{20} = 26,0 \text{ MPa}$$

$$f_5 = 21,2 \text{ MPa} \quad f_{13} = 23,7 \text{ MPa} \quad f_{21} = 26,3 \text{ MPa}$$

$$f_6 = 22,0 \text{ MPa} \quad f_{14} = 23,9 \text{ MPa} \quad f_{22} = 27,1 \text{ MPa}$$

$$f_7 = 22,0 \text{ MPa} \quad f_{15} = 24,5 \text{ MPa} \quad f_{23} = 27,3 \text{ MPa}$$

$$f_8 = 22,0 \text{ MPa} \quad f_{16} = 25,2 \text{ MPa} \quad f_{24} = 27,9 \text{ MPa}$$

Passo nº 3: Cálculo do $f_{ck_{est}}$

$$f_{ck_{est}} = f_i \quad i = 0,05 \cdot 24 \quad i = 1,2 \text{ Logo: } i = 2$$

$$f_{ck_{est}} = f_2 \quad \mathbf{f_{ck_{est}} = 20,8 \text{ MPa}}$$

Passo nº 4: Cálculo do Limite Inferior (L.I.):

$$L.I. = \Psi_6 \times f_1 \quad L.I. = 1,02 \times 19,9 = 20,3 \text{ MPa}$$

Passo nº 5: Valor do $f_{ck_{est}}$ adotado:

$$\mathbf{f_{ck_{est}} = 20,8 \text{ MPa}}$$

Passo nº 6: Conclusão

Considerando-se que a estrutura foi projetada para $f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$ pode-se afirmar, em função do valor encontrado para o $f_{ck_{est}}$, que a mesma está aceita sem restrições quanto ao uso e carregamento.

$$\mathbf{f_{ck_{est}} = 20,8 \text{ MPa} > f_{ck}}$$

5º Exemplo: Calcular o $f_{ck_{est}}$ de uma estrutura de concreto sendo dados:

- . $f_{ck} = 15,0$ MPa
- . Amostragem parcial
- . Nível de controle: C
- . Número de amostras = 5

Série	Resistência (MPa)	Série	Resistência (MPa)
01	17,5 / 18,5	04	21,0 / 19,8
02	18,7 / 19,2	05	20,2 / 20,3
03	22,6 / 22,9		

Passo nº 1: Eliminar o menor valor de cada série

01	17,5 / 18,5	04	21,0 / 19,8
02	18,7 / 19,2	05	20,2 / 20,3
03	22,6 / 22,9		

Passo nº 2: Colocar os valores em ordem crescente

$f_1 = 18,5$ MPa	$f_4 = 21,0$ MPa
$f_2 = 19,2$ MPa	$f_5 = 22,9$ MPa
$f_3 = 20,3$ MPa	

Passo nº 3: Cálculo do $f_{ck_{est}}$ (L.I. = $f_{ck_{est}}$)

$$f_{ck_{est}} = \Psi_6 \times f_1 \quad f_{ck_{est}} = 0,87 \times 18,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ck_{est}} = \mathbf{16,1 \text{ MPa}}$$

Passo nº 4: Conclusão

Considerando-se que a estrutura foi projetada para $f_{ck} = 15,0$ MPa pode-se afirmar, em função do valor encontrado para o $f_{ck_{est}}$, que a mesma está aceita sem restrições quanto ao uso e carregamento.

$$f_{ck_{est}} = \mathbf{16,1 \text{ MPa}} > f_{ck}$$



**MANUAL DE CONTROLE TECNOLÓGICO
PARA OBRAS EM CONCRETO**

Controle Estatístico de Resistência

N.º: MCT.08/1
Aprov.: 23/05/18
Subst.: MCT.08/0
Pág.: 16/17

6 DISPOSIÇÕES FINAIS

6.1 Cabe a área de Normatização Técnica e às demais áreas afins o acompanhamento da aplicação deste Manual.

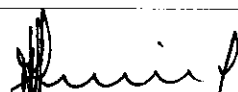
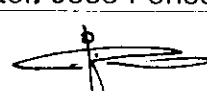
6.2 Este Manual entra em vigor a partir desta data, revogadas as disposições em contrário.

6.3 Este Manual, como qualquer outro, é um documento dinâmico, podendo ser alterado ou ampliado sempre que necessário. Sugestões e comentários devem ser enviados à Divisão de Cooperação Técnica e Desenvolvimento Tecnológico - DVDT.

6.4 Coordenador da equipe de revisão deste Manual:

Identificação Organizacional			Nomes dos Responsáveis
Diretoria	Superintendência	Divisão/Distrito	
DMT	-	DVEX	Cléber Torres

6.5 Responsáveis pela aprovação:

Identificação Organizacional			Nomes dos Responsáveis
Diretoria	Superintendência	Divisão/Distrito	
DTE	SPDT	DVDT	 Wilton José Fonseca Ferreira
DTE	SPDT	-	 Patrícia Rezende de Castro Pirauá

/ANEXO



**CONTROLE ESTATÍSTICO DE RESISTÊNCIA
(NBR - 12655)**

RELATÓRIO N°

(1)

(2) OBRA:
 (3) EMPREITEIRA:
 (4) LOCALIDADE:

CONTRATO N°

(5)

(6) UNIDADE:
 PEÇA CONCRETADA:
 PARTE CONCRETADA:

(7) fck = (MPa) (8) fc28= (MPa) (9) FATOR A/ C = (l / kg) (10) TIPO CIMENTO:

(11) TIPO DE CONTROLE ADOTADO: CONDIÇÃO A () CONDIÇÃO B () CONDIÇÃO C ()

(12) AMOSTRAGEM ADOTADA: PARCIAL () TOTAL () PEQUENA ()

N°	(13) AMOSTRAGEM		(14) RESISTÊNCIA (MPa)		CRITÉRIOS PARA CEITAÇÃO OU REJEIÇÃO			
	DATA DA MOLDAGEM	N° DA SÉRIE	7 DIAS	28 DIAS	(15) ORDEM CRESCENTE DOS VALORES DE RESISTÊNCIA			
1					f 1		f 16	
2					f 2		f 17	
3					f 3		f 18	
4					f 4		f 19	
5					f 5		f 20	
6					f 6		f 21	
7					f 7		f 22	
8					f 8		f 23	
9					f 9		f 24	
10					f 10		f 25	
11					f 11		f 26	
12					f 12		f 27	
13					f 13		f 28	
14					f 14		f 29	
15					f 15		f 30	
16					(16) fck ESTIMADO = (MPa)			
17					(17) limite inferior = (MPa)			
18					(18) Fck ESTIMADO (ADOTADO) = MPa			
19					(19) CONCLUSÃO:			
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

(20) PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)	DISVIO PADRÃO (MPa)	COEFICIENTE DE CARIAÇÃO (%)
------------------------------	----------------------------------	------------------------------	--------------------------------------

RESPONSÁVEL: CHEFIA IMEDIATA: SETOR DE CONTROLE:

____/____/____ ____/____/____ ____/____/____

Wilton José F. Ferreira
 DTE / SPDT / DVDT
 Matrícula 10.159