9

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

IBRACON

REUNIÃO DO IBRACON EM 1981

São Paulo, 06 a 10 de julho

COLÓQUIO SOBRE CONCRETO MASSA

INFORMAÇÕES PARA ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS E COEFICIENTES PARA CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO

M9

Engº Marcos de A. Pimenta(*)
Engº Wanderley G. Correa(*)
Engº Selmo C. Kuperman(*)
Engº Francisco R. Andriolo(*)

Francisco Rodrigues Andriolo
Eng.º Civil

(*) Departamento de Tecnologia dos Materiais e Técnicas das Construções - THEMAG Engenharia Ltda.

INFORMAÇÕES PARA ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS E COEFICIENTES PARA CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO

Engº Marcos de A. Pimenta
Engº Wanderley G. Corrêa
Engº Selmo C. Kuperman
Engº Francisco R. Andriolo
Departamento de Tecnologia dos Materiais e Técnicas das Construções THEMAG ENGENHARIA

RESUMO

No transcorrer das construções das grandes hidroelétricas brasileiras, novas técnicas, novos materiais têm surgido. Novos conceitos tem sido desenvolvidos. Grande quantidade de resultados e informações tem sido obtida.

Esse universo de dados, parâmetros e coeficiente, observações tem sido usado, na maioria das vêzes, sem um critério único, previamente estabelecido e "normalizado".

Este trabalho procura trazer à luz das discussões algumas informações e sugestões para este estabelecimento dos parâmetros e coeficiente para controle da resistência do concreto em barragens, com base em coleta de dados de obras no país e do exterior.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o de apresentar informações e sugestões para o estabelecimento de parâmetros e coeficientes padronizados, para o controle de qualidade, através da resistência à compressão axial simples, do concreto de barragens e obras similares

Este trabalho não tem o objetivo de discutir valores para estabelecimento de critérios de "COEFICIENTES DE SEGURANÇA", limitando-se, com base na tecnologia do concreto, a trazer elementos para a discussão e formação de concenso sobre o controle do concreto.

Isto se faz necessário tendo em vista que a grande quantidade de dados já obtidos durante a construção de obras brasileiras, e que de uma certa forma não obedeceram a um único critério pré-estabelecido, pode orientar o controle de futuras obras.

Desta forma o trabalho apresenta, com base em informações e especificações seguidas, nos critérios adotados por algumas entidades de fiscalização e controle, uma sugestão sobre parâmetros de controle de qualidade do concreto.

Estabeleceu-se aqui como primeiro passo a necessidade de controle da resistência, embora seja importante lembrar que a resistência não é a propriedade única e exclusiva a ser controlada no concreto das obras.

3 ESPECIFICAÇÕES E PROCEDIMENTOS ADOTADOS:

3.1 GENERALIDADES

Para o controle da resistência (nota 1) do concreto nas obras de grande porte no Brasil tem-se utilizado, frequentemente, de normas e especificações redigidas com base em documentos internacionais.

O controle da resistência do concreto, normalmente, é feito através da amostragem do concreto produzido de maneira que os valores obtidos a partir dos ensaios realizados sobre os especimes das amostras, venham refletir e representar a qualidade e uniformidade do concreto colocado na construção da estrutura.

Há, então, necessidade de transformação, ou "Tradução" do valor mínimo especificado no projeto, para o valor representativo do concreto da estrutura, e que foi submetida ao controle.

As especificações e normas, citadas a seguir, indicam os parâmetros estipulados para essa transformação.

NOTA 1 - Por resistência é comum entender-se resistência à ruptura por compressão axial simples.

3.2 Documentos Informativos:

3.2.1 Associação Brasileira de Normas Técnicas - NB-1/78 (1)

"1 Objetivo

1.1 Esta norma fixa as condições gerais que devem ser obedecidas no projeto, na execução e no controle de obras de concreto armado, excluídas aquelas em que se empreguem concreto leve e outros concretos especiais"...

NOTA 2 - Embora a NB-1 refira-se explicitamente a concreto armado, é aqui citada como referência e subsídio para sugestão.

"8 Concreto

8.3 Dosagem

8.3.1 Dosagem experimental

8.3.1.2 Resistência de dosagem

Quando for conhecido o desvio padrão S_n da resistência determinado em ensaios com corpos de prova da obra considerada ou de outra obra cujo concreto tenha sido executado com o mesmo equipamento e iguais organização e controle de qualidade, a resistência de dosagem será calculada pela formula

$$f_{cj} = f_{ck} + 1{,}65\ S_d$$

sendo o desvio padrão de dosagem S_d determinado pela expressão

$$S_d = K_n\ S_n$$

onde K_n tem o valor seguinte, de acordo com o número n de ensaios:

n	20	25	30	50	200
K_n	1,35	1,30	1,25	1,20	1,10

Não se tomará para S_d valor inferior a 20kgf/cm^2.

Se não for conhecido o desvio padrão S_n, o construtor indicará, para efeito da dosagem inicial, o modo como pretende conduzir a construção, de acordo com o qual será fixado o desvio padrão S_d pelo critério... ...(em todos os casos será feito o controle da resistência, durante o decorrer da obra, item 8.4.4)...

8.4.4 Verificação da Resistência Mecânica

> ... A idade de ruptura será a prevista no plano da obra (J dias); normalmente a idade será de 28 dias...

NOTA 3 - fcj = Resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade J dias;

fck = Resistência característica (valores que apresentam uma probabilidade pré-fixada de não serem ultrapassados) do concreto a compressão;

n = Número de ensaios

S = Desvio padrão

1,65 = Valor da variável normal reduzida correspondente ao quantil de 5% da "Distribuição Normal"

Corpos de Prova = Cilíndros de dimensões Ø15 x 30 cm.

3.2.2 Especificações Técnicas para a Obra de Ilha Solteira (2)

..."*todo o concreto aplicado em estruturas esbeltas ou de grandes dimensões e independente das hipóteses de cálculo adotadas deverá satisfazer à seguinte relação:*

$f_{ck} = f_{cj} (1 - t_\delta)$ *onde* " (NOTA 4)

NOTA 4 - Neste trabalho a denominação foi "traduzida" para a nomenclatura atual para a uniformidade dos textos e compreensão dos conceitos.

"f_{ck} = *(Resistência Característica) tensão mínima de ruptura de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões Ø a x b (onde b = 2a) e com agregado de Ømax = c com idade de K dias sob carregamento contínuo máximo.*

f_{cj} = *(Resistência Média) tensão média idem, idem* ".

"*Os parâmetros p e q serão determinados em Laboratório adotando-se provisoriamente os valores desta tabela e que transformam o ensaio ideal (concreto integral e carregamento contínuo máximo) em ensaio de controle (con-*

creto peneirado e carregamento rápido) em iguais condições de cura e armazenamento dos corpos de prova.

Considerando o ensaio rápido temos:

$$\bar{f}ck = p.fck = \bar{f}cj.\ (1-t_\delta) = p.fcj\ (1-t_\delta)$$

considerando o ensaio rápido e concreto peneirado temos

$$\bar{\bar{f}}ck = q.\bar{f}ck = \bar{\bar{f}}cj\ (1 - t_\delta) = p.q.fcj\ (1-t_\delta)$$

Para controle serão utilizados os valores de $\bar{\bar{f}}ck$ e $\bar{\bar{f}}cj$

Serão utilizados, até confirmação, os seguintes valores (Tabela I)

3.2.3 Especificações Técnicas para a Obra de Sobradinho (3)

"Dosagem dos Concretos:

Em vista das dimensões das peças, condições de exposição e características estruturais, os concretos foram definidos pelos tipos e classes indicadas na tabela II.

Nos concretos massa (classe A) a tensão mínima (Resistência Característica) é definida como sendo aquela abaixo da qual poderão ocorrer 20% dos resultados, em uma distribuição estatística; nos concretos estruturais aplicam-se os critérios da norma brasileira NB-1".

3.2.4 Especificações Técnicas para a Obra de Água Vermelha (4)

..."Como idades de influência para os ensaios de controle ou para a solicitação integral das estruturas serão adotados os seguintes valores:

- Para concreto maciço - 365 dias

- Para concreto estrutural - 28 dias

ϕmax (mm)	19	38	76	152
Concreto integral (diâmetro) x (comprimento) cm, do corpo de prova.	15x30	15x30	25x50	45x90
Concreto peneirado (diâmetro) x (Comprimento) cm, do corpo de prova	15x30	15x30	15x30	15x30
Idade do ensaio dias	28	28 ou 90	28 ou 90	90
q - Fator tamanho de agregado	1,00	1,00	1,10	1,18
p - Fator velocidade de carregamento	1,00	1,00ou1,14	1,00ou 1,14	1,14
Porcentagem (R) de corpos de prova acima da tensão mínima (Resistência Característica)	95	95 ou 90	90 ou 80	80
Confiança "t" para universo não inferior a 30 amostras	1,697	1,697 ou 1,310	1,310 ou 0,854	0,854
Coeficiente de variação (δ)% máximo admitido	15	15	15	15

TABELA I - PARÂMETROS PARA CONTROLE - OBRA ILHA SOLTEIRA

TIPO	CLASSE	ØMAX DO AGREGADO (mm)	(RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA) tensão mínima de resistência à compressão-Kg/cm²
1	A	76≤ Ø ≤200	fck (90dias) = 90
2	B	38≤ Ø ≤76	fck (90dias) = 150
3	B	38≤ Ø ≤76	fck (90dias) = 225
4	C	38	fck (90dias) = 180
5	C	38	fck (28dias) = 150
6	C	38	fck (28dias) = 180
7	D	38	fck (28dias) = 260
8	C	38	fck (90dias) = 225

TABELA II - PARÂMETROS PARA CONTROLE - SOBRADINHO

...A determinação de fck (365 dias) dar-se-á por meio de vários coeficientes de transformação de propriedade do concreto ensaiado, de suas condições de cura e adensamento, bem como de carregamento em propriedades do concreto "in natura", ou seja reinantes na estrutura. Estes coeficientes serão determinados através de programas de ensaios especiais a serem realizados nos laboratórios ou baseados nos valores da prática mundial.

Os diversos coeficientes serão englobados num único coeficiente de transformação qual sendo

K = relação entre a resistência do concreto integral "mass cured" solicitado sob carregamento lento e a resistência do concreto de controle, peneirado, curado em câmara úmida e ensaiado sob carregamento rápido

$f_{ck}(365) = f_{cj}(365) \cdot K \cdot (1 - t_\delta)$ *onde:*

f_{ck} (365) = (Resistência Característica) tensão mínima de ruptura de concreto a compressão simples aos 365 dias na estrutura.

K = coeficiente de transformação geral definido acima

t = confiança da amostra considerando 20% de amostras igual ou menor ao valor mínimo de ruptura estipulado a 0,854.

δ = coeficiente de variação geral, inclusive dentro do ensaio, sendo a relação entre o desvio padrão e a tensão de ruptura média.

f_{cj} (365) = (Resistência Média) tensão média de ruptura de amostra de corpos de prova de controle sob carregamento rápido.

A determinação da tensão de ruptura, do concreto armado, obedecerá sempre que possível as determinações da NB-1.

3.2.5 Especificações Técnicas para a Obra de Tucuruí (5)

..."Controle de Qualidade e Resistência do Concreto. A resistência característica à compressão, f_{ck}, será calculada pela expressão:

$f_{ck} = f_{cj}\ (1 - t\delta)$, da NB-1/75, sendo

f_{cj} = resistência média à compressão em corpos de prova cilíndricos, aos "J" dias de idade, de acordo com o MB-3, ABNT;

δ = coeficiente de variação dos resultados dos ensaios;

δ = coeficiente de variação dos resultados dos ensaios

x = constante

Os valores de x e δ serão determinados pela Eletronorte"

3.2.6 Especificações Técnicas para a Obra de Itaipu (6)

..." Cada diferente resistência fck especificada deverá ser transformada pelo laboratório em resistência $\bar{f}ck$ e $\tilde{f}ck$ necessárias ao controle rotineiro e às dosagens.

Sobre a idade-base para a comparação dos valores especificados com os valores obtidos em ensaios, fica estabelecida a de 28 dias quando se tratar de concretos estruturais, e de 365 dias quando se tratar de concreto massa.

Todo concreto aplicado em estruturas finas ou de grandes dimensões deverá satisfazer à seguinte relação:

$$fck = fcj\ (1 - t\delta)$$

fck = Resistência característica de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões $\emptyset$ axb (onde b = 2a) e com agregado de $\emptyset$ max = c com idade de K dias sob carregamento "contínuo máximo" curados "in situ".

fck = Resistência média de R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de dimensões $\emptyset$ axb (onde b=2a) e com agregado integral de $\emptyset$max = c, na idade de J dias sob carregamento "contínuo máximo curados "in situ".

t = Número que mede o desvio padrão da tensão mínima em relação à tensão média, quando se toma como unidade o desvio padrão, para total de 30 amos

tras.

δ = Coeficiente de variação de 30 amostras

J = Idade do ensaio em dias

Para analisar as influências do tamanho do agregado e da velocidade de carregamento na tensão de ruptura seus efeitos serão representados por coeficientes empíri co-práticos que incidem sobre o ensaio convencional, de ruptura de corpos de prova cilíndricos de ∅ 15 cm x 30 cm - ou seja: o ensaio rápido.

Nestas especificações foram adotados os seguintes valo res:

$\bar{f}_{ck} = \bar{f}_{ck.q} = f_{ck.q.p}$ e

$\bar{\bar{f}}_{cj} = \bar{f}_{cj.q.} = f_{cj.q.p}$, onde

$\bar{f}_{ck}$ = Resistência característica R% das amostras constituídas por corpos de prova cilíndricos de di mensões ∅ axb (onde b=2a) e com agregado integral de ∅max=c na idade de K dias sob carregamen to rápido, curados em câmara úmida

$\bar{f}_{cj}$ = Resistência média, idem, idem

$\bar{\bar{f}}_{ck}$ = Resistência característica, idem acima, com concreto peneirado de ∅max=c, na idade de K dias sob carregamento rápido, curado em câmara úmida.

$\bar{\bar{f}}_{cj}$ = Resistência média, idem, idem

t = Confiança para universo de n amostras

δ = Coeficiente de variação do universo

J = Idade do ensaio em dias

PARAMETROS \ ∅ MÁX DO AGREGADO (mm)	19	38	76	152
Concreto peneirado Corpo de Prova - diâmetro x comprimento (controle) cm	15x30	15x30	15x30	15x30
Concreto integral Corpo de Prova - diâmetro x comprimento (cm)	15x30	15x30	25x50	45x90
Idade do ensaio (dias)	28	28 ou 90	18 ou 90	90
Fator "q" tamanho do agregado	1,00	1,00	1,10	1,18
Fator "p" velocidade do carregamento	1,00	1,00 ou 1,14	1,00 ou 1,14	1,14
Porcentagens de Corpos de Prova acima da tensão mínima (R%)	95	95 ou 90	90 ou 80	80
Confiança (t) para universo de $n \geq 30$ amostras	1,697	1,697 ou 1,310	1,310 ou 0,854	0,854
Desvio padrão (kg_f/cm^2) conforme A.C.I. 214/76	30	30	40	40
Coeficiente de variação (S)% máximo admitido	15	15	15	15

TABELA III - PARÂMETROS PROVISÓRIOS - OBRA ITAÏPU

q = Fator tamanho do agregado; capta a influência do estado de tensão

p = Fator velocidade de carregamento

Os parâmetros p e q serão determinados em laboratório. Provisoriamente, com caráter de orientação, serão adotados os valores constantes da Tabela 8A (Tabela III), que transformam o ensaio ideal (concreto integral e carregamento "contínuo máximo") em ensaio de controle (concreto peneirado e carregamento rápido).

Serão assinalados nos desenhos... ...os valores da resistência f_{ck}.

Serão utilizados no controle os valores de $\bar{f}_{ck}$ e $\bar{f}_{cj}$.

3.2.7 Requisitos do Bureau of Reclamation (7)

..."A resistência, aos 28 dias, de espécimes cilíndricos padrões - 15x30cm - varia ...

...O critério, geralmente aceito pelos engenheiros do Bureau, requer que a resistência de 80% dos corpos de prova seja maior que a resistência do projeto... ...Os valores são computados pela expressão:

$$f_{cj} = \frac{f_{ck}}{1 - t\delta} \quad \text{onde}$$

f_{cj} = Resistência média necessária

f_{ck} = (Resistência Característica) Resistência de projeto

t = constante que depende da proporção de valores que podem cair abaixo de f_{ck}, e do número de amostras usadas para o estabelecimento de δ

δ = coeficiente de variação...

...Entretanto, é necessário, para fins de controle, correlacionar a resistência dos corpos de prova ∅ 15x30cm com a resistência de corpos de prova com concreto massa.

3.2.8 Requisitos do Corpos of Engineers (8)

(Revisão Novembro 1971) - Para concreto estrutural, um cilindro deverá ser ensaiado à idade de 7 dias e dois outros à idade para a qual a resistência é especificada. Essa idade será, normalmente, a de 28 dias quando não se utilizar material pozolânico e a de 90 dias quando houver reposição de parte do cimento por material pozolânico...

... Critério de Uniformidade...
... Coeficiente de variação:
... Sob um bom controle na obra o coeficiente de variação não deverá exceder a 15%
... A resistência requerida depende do coeficiente de variação e é calculada por

$$f_{cj} = \frac{f_{ck}}{1 - t\delta} \quad \text{onde}$$

f_{cj} = (Resistência média) Resistência necessária,

f_{ck} = (Resistência Características) Resistência de projeto

t = 0,842 para 20% dos valores abaixo e 1,2482 para 10% dos valores abaixo (aplicável a concreto armado e concreto protendido)

δ = Coeficiente de variação

O coeficiente de variação a ser usado deve se basear em um mínimo de 30 ensaios. No início de uma obra, quando ainda não se possui dados de uniformidade, deve-se adotar δ=20%. Após se completar uma série de 30 valores é possível reduzir-se a resistência média com correto valor do coeficiente de variação.

(Revisão de Julho de 1973)

Resistência média, inicial, quando não se possui informações da uniformidade

Concreto Massa Kgf/cm²		Concreto Armado ou Protendido (kgf/cm²)	
fck	fcj	fck	fcj
105	127	210	267
140	169	280	337
210	253	350	408
280	323	420	478

(Revisão de Janeiro de 1978)

(6) *Critério de Controle*

(a) *Concreto Estrutural...*

... *A resistência necessária deve ser suficiente para restringir a probabilidade de valores abaixo de fck a 10%...*

... *Em todos os projetos os ajustes deverão ser feitos a cada 30 conjunto de valores...*

(b) *Concreto não estrutural: Para concretos projetados para outros fins que não estruturais, tais como estruturas gravidades, deve-se garantir que ao menos 80% do concreto supere a resistência de projeto.*

4 COMENTÁRIOS

4.1 Idade de Controle

Os critérios apresentados induzem à basicamente duas idades de controle:

- Concretos Estruturais - 28 dias

- Concretos não estruturais, ou massa, ou que utilizem material pozolânico em reposição a parte do cimento - 90 dias

4.2 Variável Normal Reduzida (Confiança t)

A NB-1 , para concretos estruturais, estabelece o quantil de 5%, (t=1,65) ou seja, admite que 5% dos valores possam estar abaixo do valor de "fck".

O critério do Corps of Engineers, estabelece dois valores de "t".

- Concreto Armado ou Protendido - t ≅ 1,25, ou seja um quantil de 10% e,

- Concreto massa - t=0,84, ou seja um quantil de 20%, sendo que o concreto massa foi considerado com resistência característica até 280 kgf/cm^2.

O critério do Bureau of Reclamation, estabelece o quantil de 20%, com t=0,84.

Algumas obras tem trabalhado com valores de "t" entre 1,65 e 0,84, ou seja confiança de 5% a 20%.

4.3 Fator "p" Velocidade de Carregamento

O fator "p", considerado em alguns critérios não é considerado nos Requisitos do Bureau e do Corps of Engineers.

Em estudos efetuados pela Itaipu Binacional [9] [10] e em Berkeley-California [11] para carregamentos contínuos e constantes até 40% da resistência à compressão foram observados que o fator de "p" apresenta se com valores entre 1,02 e 1,05, o que pode se considerado de pouca influência na transformação de "fck " em "fcj", para efeitos de controle, para os níveis de carregamento à compressão, geralmente atuantes.

4.4 Fator "q" devido ao Peneiramento

Estudos desenvolvidos, principalmente, nos Laboratórios da CESP - Ilha Solteira e da Itaipu Binacional, mostraram que o fator "q" pode-se apresentar entre os seguintes valores:

Ø MÁX (mm)	FATOR	TIPOS DE AGREGADOS	OBRA	VALOR	REFERÊNCIA
76	q76	Cascalhos + britas de basalto	Estudos Água Vermelha	1,27	[12]
152	q152	Cascalhos + britas de basalto	Estudos Água Vermelha	1,17	[12]
76	q76	Cascalhos + britas de basalto	Ilha Solteira	1,22	[12]
152	q152	Cascalhos + britas de basalto	Ilha Solteira	1,20	[12]
76	q76	Britas de Basalto	Itaipu	1,21	[9] [13]
152	q152	Britas de Basalto	Itaipu	1,08	[9] [13]

Tabela IV - Fatores devido ao peneiramento

5 SUGESTÕES

Com base nos exemplos de critérios adotados e fundamentado nos parâmetros já usados em outras obras e normas, sugere-se que se estabeleça uma análise por parte do IBRACON, para adoção, no Brasil, do seguinte "Critério para Controle da Resistência do Concreto em Barragens"

5.1 Expressão:

$$fcj = \frac{(fck) \cdot (q)}{(1 - t\,\delta)}$$ sendo

fcj = Resistência média (kgf/cm^2) de controle ou dosagem, determinada por ensaios sobre corpos de prova cilindricos moldados com concreto passante pela malha de abertura 38mm.

fck = Resistência característica (kgf/cm^2) indicada nos desenhos de projeto

"q" = Fator de correção devido ao peneiramento do concreto

t = Valor correspondente à fração deficiente permitida

δ = Coeficiente de variação de universo (estimado com não menos que 30 amostras)

5.2 Parâmetros

5.2.1 Fator "q"

- Concretos com Ømáx não superior a 38mm - q = 1,00

- Concreto com Ømáx = 76mm - q_{76mm} = 1,20

- Concreto com Ømáx = 152mm - q_{152mm}=1,10

Esses valores devem ser confirmados por ensaios sobre concretos da obra em controle.

5.2.2 Idades de Controle

- Concreto estrutural (para estruturas armadas ou protendidas) considerando-se concretos com fck $\geq$ 150 kgf/cm^2 (aos 28 dias) com Ømáx $\leq$ 38mm-Con

trole aos 28 dias.

- Concreto não estrutural, considerando-se concretos com fck < 150 kgf/cm^2 (aos 28 dias) ou equivalente a fck < 180 kgf/cm^2 (aos 90 dias) ou concretos com Ø máx superior a 38mm, ou concretos destinados à superfície de escoamento hidráulico, para os quais se exige baixo fator água/cimento e diâmetro máximo (Ø máx) menor que 38 mm.

- Controle aos 90 dias (nota 5)

Saliente-se que sugeriu-se o limite de 150 kgf/cm^2 aos 28 dias (180 kgf/cm^2 aos 90 dias), embora o limite do Corps of Engineers (ver item 3.2.8) esteja entre 210 kgf/cm^2 e 280 kgf/cm^2, para a consideração entre concreto estrutural e não estrutural. O limite ao redor de 150 kgf/cm^2 (aos 28 dias) esta também ao redor dos valores normalmente utilizados.

NOTA 5 - Em havendo utilização de material pozolânico, a idade de controle poderá ser maior desde que as evoluções de resistência à idades superiores a 90 dias e a diminuição do coeficiente de variação apresentem reflexos positivos na determinação da resistência característica obtida.

5.2.3 Valor "t" correspondente à fração deficiente permitida

- Concreto Estrutural (definido como em 5.2.2)
  t = 1,65 ou seja, quantil de 5%

- Concreto não Estrutural (definido como em 5.2.2)
  t = 0,84, correspondente a um quantil de 20%

Observa-se que desta forma o concreto estrutural obedece o quantil da NB-1, e é mais exigente que o quantil adotado pelo Corps of Engineers e o Bureau.

5.2.4 Coeficiente de Variação δ

- Concreto Estrutural (ver item 5.2.2)
  $\delta \leq 15\%$ à idade do controle

- Concreto não Estrutural (ver item 5.2.2)
  $\delta \leq 20\%$ à idade do controle

5.3 Critério Opcional

Para concretos massa, executados sob rigoroso controle das matérias primas, das operações de produção - transporte - colocação, e após ter-se obtido grande uniformidade, traduzida por um baixo coeficiente de variação à idade do controle, a resistência média poderá ser calculada de forma aproximada com base em recente sugestão apresentada pelo Prof. Roy W. Carlson [14];

$$fcj \cong fck \cdot q$$

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6-[1]- Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado - Norma NB-1-1978-ABNT

6-[2]- Especificações Técnicas -CESP-THEMAG - Usina Ilha Solteira

6-[3]- Projeto Sobradinho - Aspectos Peculiares Relativos à Tecnologia do Concreto - Engº Wanderley Guimarães Corrêa

6-[4]- Especificações Técnicas - CESP-PROMON-THEMAG Usina de Água Vermelha

6-[5]- Especificações Técnicas - ELETRONORTE-DT-TUC 015/76 - Usina de Tucuruí

7-[6]- Especificações Técnicas - Itaipu Binacional

6- [7] - Concrete Manual - U.S.Departament of the Interior-Bureau of Reclamation

6- [8] - Engineering and Design - Standard Practice for Concrete - Corps of Engineers - Department of the Army - E.M. 1110-2-2000-

6- [9] - Relatório RE-01/80 - Itaipu Binacional

6- [10] - Controle da Resistência do Concreto em Barragens-IBRACON Maio/1980 - Engº José Augusto Braga e Engº Francisco Rodrigues Andriolo - Itaipu Binacional

6-[11] - Estudos realizados em Berkeley-1978- Prof. Roy W. Carlson

6-[12] - Concretos para a obra da Usina de Água Vermelha-CESP - Engº Bento Carlos Sgarboza e Engº Francisco Rodrigues Andriolo

6-[13] - Relação de Resistências entre concretos massa integrais e peneirados -IBRACON- Julho/1.981- Engº Roberval F. Silva e Engº Luercio Scandiuzzi - Itaipu Binacional.

6-[14] - Relatório de Board of Consultants Meeting-Itaipu Binacional - Janeiro 1981.