



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0107/07

**LOTE:**

1188

**AUTOR:**

AGUASOLOS; SRH

**TÍTULO:**

BARRAGEM BATENTE MUNICIPIO DE MORADA NOVA

**SUBTÍTULO:**

SANGRADOURO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

JUNHO 1995



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH-CE

**BARRAGEM BATENTE**  
Município de Morada Nova/Ocara-Ce

**SANGRADOURO**  
**CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR**  
**ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

**JULHO/1995**



Lote: 01188 - Prep (X) Scan ( ) Index ( )

Projeto Nº 0107105

Volume \_\_\_\_\_

Qtd. A4 \_\_\_\_\_ Qtd. A3 \_\_\_\_\_

Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd. A1 \_\_\_\_\_

Qtd. A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_



## - FICHA TÉCNICA

### BARRAGEM BATENTE

#### a) Localização

- Rio: Pirangi
- Sistema: Pirangi
- Município: Morada Nova/Ocara
- Estado: Ceará

#### b) Características Gerais

- Área da bacia hidrográfica:..... .. 1369,20km<sup>2</sup>
- Área da bacia hidráulica (cota 102):... .. 1444,0ha
- Volume máximo do reservatório' . . . . . 28,9 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

#### c) Barragem

- Tipo: . . . . . Mista
- Cota do coroamento:..... .. 102,50m
- Altura máxima: . . . . . 12,50m
- Comprimento da crista:..... .. 840,00m
- Largura da crista:.. . . . . 5,00m
- Volume total de maço:.. . . . . 188,985
- Talude de Montante..... .. 2,5 e 2:1
- Talude de Jusante..... .. 2:1

#### d) Vertedouro

- Cota da soleira:..... .. 99,00m
- Largura: . . . . . 185,00m
- Vazão de projeto... .. 1131,92m<sup>3</sup>/s
- Volume de corte: . . . . . 98.329,90m<sup>3</sup>
- Volume de concreto:..... .. 4.096,40m<sup>3</sup>

#### e) Tomada D'água

- Tipo .. . . . . Galeria
- Número de condutas:..... .. 01
- Diâmetro do conduto' . . . . . 500mm
- Comprimento do conduto:..... .. 45,00m

BARRAGEM BATENTE  
VALORES DA COTA X ÁREA X VOLUME

COTA	LEITURA	CONST K	ÁREA(m <sup>2</sup> )	ÁREA MÉDIA(m <sup>2</sup> )	DESNÍVEL(m)	VOLUME(m <sup>3</sup> )	VOLUME ACUMUL (m <sup>3</sup> )
90	0,16	250000	40000	20000	1	20000	20000
91	0,576	250000	144000	92000	1	92000	112000
92	0,881	250000	220250	182125	1	182125	294125
93	3,356	250000	839000	529625	1	529625	823750
94	6,357	250000	1589250	1214125	1	1214125	2037875
95	13,924	250000	3481000	2535125	1	2535125	4573000
96	17,158	250000	4289500	3885250	1	3885250	8458250
97	23,118	250000	5779500	5034500	1	5034500	13492750
98	30,179	250000	7544750	6662125	1	6662125	20154875
99	40,401	250000	10100250	8822500	1	8822500	28977375
100	48,618	250000	12154500	11127375	1	11127375	40104750
101	52,086	250000	13021500	12588000	1	12588000	52692750
102	57,762	250000	14440500	13731000	1	13731000	66423750

**BARRAGEM BATENTE  
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

CONCRETO COMPACTADO A ROLO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

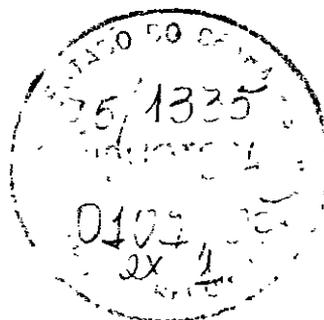
1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As presentes especificações têm por objetivo a fixação dos dispositivos mínimos a serem observados pelo EMPREITEIRO em todos os serviços relativos às instalações, materiais e equipamentos, bem como orientá-lo quanto às operações de preparo, transporte, lançamento, compactação e cura do concreto compactado a rolo (CCR), a ser utilizado na construção do sangradouro da da Barragem de Batente, município de Morada Nova/Ocara, Ce

O CCR é uma mistura de pedra britada e/ou areia natural, cascalho e/ou silte, com granulometrias controladas, aos quais são adicionados materiais ligantes, tais como cimento e pozolana. Os materiais são misturados com água até certo grau de umidade, de modo a se obter consistência suficiente para ser transportado e vertido por caminhões basculantes ou fornecido em correias transportadoras, espalhado com equipamentos convencionais de terraplanagem e compactado com rolo vibratório.

Além do estabelecido nas presentes Normas, deverão ser observadas todas as normas, métodos e especificações da ABNT, citadas no texto ou não, relacionadas com os assuntos aqui tratados

A FISCALIZAÇÃO poderá emitir, se necessárias e a seu critério, especificações complementares ou instruções de campo, com o intuito de dirimir ou solucionar casos omissos



2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 -CARVALHO L.H. & alii "BARRAGEM ACAUÃ-OTIMIZAÇÃO DO PROJETO COM O EMPREGO DE CONCRETO COMPACTADO-CCR"-XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte, 1958.
- 2 -CARVALHO, & alii -"SACO DE NOVA OLINDA-BRASILIAN FIRST RCC GRAVITY DAM"- J Pessoa, 1987
- 3 -CHAO,P.C. e JOHNSON,H.J -"ROLLERCRETE USAGE AT TARBELLA DAM". Concrete Internacional", nov 79
- 4 -"ROLLER-COMPACTED CONCRETE" - Relatório do Comitê 207, da ACI."Journal of the American Concrete Institute" Julho/agosto 1980
- 5 -SCHRADER,E K -"ROLLER COMPACTED CONCRETE"-Publicada no "The Military Engineer" de set/out 1977 e pela "Portland Cement Association".
- 6 -"WILLOW CREEK DAM CONCRETE REPORT" -"U.S. Army Corps of Engineers",Distrito of Walla-Walla,Washington.VOLUMES 1 e 2 Atualizada para 1984.
- 7 -"ROLLER-COMPACTED CONCRETE" - Volume de Simpósio da A.S.C.E Maio/85

### 3 COMPOSIÇÃO

#### 3.1 Considerações Gerais:

O CCR será composto de cimento Portland, pozolana (opcional), agregados e água.

A água deverá atender aos padrões de exigências químicas para concretos preparados em centrais, como se estabelece na ASTM-C-94, exceto que serão permitidas águas com elevadas concentrações de partículas sólidas não argilosas e não agressivas, tais como os siltes

#### 3.2 Traços de Projeto:

Os traços de projeto de misturas para CCR's serão fixados pela FISCALIZAÇÃO e serão baseados em ensaios de laboratório sobre agregados provenientes das ocorrências identificadas no projeto e de materiais aglomerantes representativos dos que serão utilizados na obra.

O critério geral para a fixação dos traços de projeto a serem utilizados no sangradouro, visará :

garantir adequada resistência de forma a atender às cargas estruturais de projeto, considerados os fatores de segurança normais ou superiores a estes;

-minimizar a elevação do calor interno, desenvolvido na fase de hidratação, e o potencial, subsequentemente desenvolvido, de aumento de tensões e de fissuramento;

-maximizar a dissipação de tensões através de propriedades elásticas e de fluência;

-fornecer uma mistura de boa trabalhabilidade.

Os traços previstos de CCR são aproximativos e com base em experiências resultantes de outros projetos e em limitadas informações prévias, relativas às ocorrências de agregados. Os pesos são baseados no agregado seco com superfície saturada

Os traços reais das misturas serão determinados a partir de ensaios, sendo intenção principal a de estabelecer um traços únicos para todo o sangradouro. No entanto, se tal não atender de forma prática e econômica aos critérios de projeto, diferentes traços serão usados, segundo normas de zoneamento, quando necessárias.

A seguir as principais características dos traços preliminares, estão resumidas:

Traço 1 - Utilização Principal: Toda a massa de CCR, segundo o projeto:

Dimensão máxima do Agregado : 76mm

Consumo (kg/m<sup>3</sup>) - Cimento : 80  
 Pozolana : 0  
 Água : 120  
 Agregado : 2 200

Traço 2 - Utilização Principal: Zonas que exijam resistência mais elevada, para atender a critérios de projeto ou exigências construtivas, se necessárias.

Dimensão máxima do agregado : 76mm  
 Consumo (kg/m<sup>3</sup>) - Cimento : 100  
 Pozolana : 0  
 Água : 130  
 Agregado : 2.200

Pequenos ajustes nas proporções exatas dos traços, tais como a umidade adicional exigida para obtenção da compactação ótima, bem como as proporções de agregados de grupos de diferentes dimensões (frações granulométricas distintas) para obtenção da granulometria global correta, são da responsabilidade do EMPREITEIRO, sob orientação da FISCALIZAÇÃO. Os ajustes serão baseados no controle laboratorial de rotina.

O teor de cimento não deverá ser ajustado sem aprovação escrita da FISCALIZAÇÃO. Os ajustes nos teores de cimento somente serão permitidos ou conduzidos, após o desenvolvimento de ensaios suficientes, cujos resultados sirvam de suporte à justificativa do ajuste.

### 3.3. Amostras para os traços de concreto

No mínimo de 45 dias antes da data esperada para o início do lançamento do CCR, amostras representativas de agregados, cimento, pozolana e aditivos previstos para utilização, deverão ser entregues ao laboratório, pelo EMPREITEIRO.

As amostras dos agregados deverão ser retiradas sob a supervisão de um representante da FISCALIZAÇÃO, especializado em materiais e concretos.

Amostras de outros materiais, que não os agregados, deverão ser representativas dos propostos para a obra e serão submetidas à aprovação pela FISCALIZAÇÃO, acompanhadas dos boletins de ensaios dos fabricantes, indicando o atendimento às exigências das especificações.

Todos os materiais deverão ser identificados por etiquetas.

As quantidades mínimas exigíveis dos materiais, cimento, areia, agregados e pozolana, serão definidas pela FISCALIZAÇÃO, com base em ensaios de laboratório.





## 5. AGREGADOS:

### 5.1 Considerações Gerais:

O agregado será produzido com material procedente das ocorrências identificadas, quando da elaboração do projeto.

A menos que haja especificações em contrário, os limites de granulometria dados a seguir e os percentuais referidos aplicar-se-ão ao peso total do agregado utilizado no volume unitário de CCR, incluindo todos os grupos de dimensões. Não se aplicam ao peso de agregado, em um grupo de qualquer dimensão. A faixa granulométrica permissível, por material que passa ou é retido em qualquer peneira, é mais ampla do que a tipicamente exigida para o agregado utilizado em concretos convencionais.

### 5.2. Programa de Produção:

Todos os tipos de agregados destinados ao CCR, para construção da barragem, deverão ser produzidos e estocados antes do início das operações de produção deste tipo de concreto.

A quantidade mínima dos agregados a ser estocada deverá ser adequada e suficiente para assegurar que a zona de onde eles serão retirados das pilhas, fique abrigada da insolação e do calor resultante

### 5.3 Granulometria e pilhas de estocagem:

O EMPREITEIRO deverá estocar os agregados em pilhas, de acordo com as respectivas granulometrias, em um ou dois grupos (frações granulométricas). Não serão exigidas pilhas separadas para areia de mistura e de silte, mas poderão vir a ser necessárias. Os grupos serão assim discriminados.

- Grupo I : 100% passando na peneira de 100 mm e pelo menos 96% retidos na peneira de 19mm

- Grupo II: 98% passando na peneira de 25mm.

A produção e a armazenagem deverão ser proporcionadas de modo que, ao serem combinados, em peso, a granulometria dos Grupos I e II, além de qualquer outra fração de material necessária, se situe dentro dos limites tabulados a seguir, na "Faixa Granulométrica dos Agregados do CCR".

Em geral, espera-se que aproximadamente 40% da produção total de agregado serão do Grupo I e 60% do Grupo II. O EMPREITEIRO será responsável pelo fornecimento de todos os agregados destinados ao eventual aumento de dimensões da obra, às bases das pilhas e aos utilizados para atender as suas conveniências.

A fim de assegurar consistência razoável de resultados em cada pilha, as amostras para o ensaio de granulometria combinada serão obtidas de partes diferentes das mesmas.

A faixa granulométrica foi alargada ao máximo possível. Qualquer granulometria dentro dela e que apresente a mesma forma gráfica básica será aceitável. No entanto, não será permitido que a curva granulométrica parta das proximidades do teor máximo que passa em uma peneira e vá perto do teor máximo que passa em uma peneira seguinte, ou vice-versa.

FAIXA GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS DO CCR

Peneira		% de finos
Americana	Métrica	(em peso)
4"	100mm	100
3"	75mm	98 - 100
2"	50mm	86 - 96
1 1/2"	38mm	73 - 93
1"	25mm	58 - 75
3/4"	19mm	49 - 69
3/8"	9,5mm	38 - 56
Nº 4	4,8mm	30 - 47
Nº 8	2,4mm	23 - 40
Nº 16	1,2mm	18 - 33
Nº 40	600 µ	14 - 25
Nº 50	300 µ	10 - 20
Nº 100	150 µ	6 - 15
Nº 200	75 µ	3 - 10

O teor máximo permissível de material que passa na peneira 200, deverá ser determinado segundo as indicações da tabela seguinte, elaborada com base na plasticidade de todos os finos (amostra lavada), que passam na peneira nº 40 ou na nº.50. A experiência tem mostrado que os resultados são similares para qualquer destas peneiras. A dimensão da peneira escolhida poderá ser baseada na conveniência do ensaio, a juízo da FISCALIZAÇÃO.

**TEOR MÁXIMO PERMISSÍVEL DE MATERIAL PASSANDO NA PENEIRA No.200**

Limite de Liquidez	Índice de Plasticidade	% Máx. Passando # 200
0 - 25%	0 - 5%	10,0
	5 - 10%	9,0
	15 - 20%	3,0
	20 - 25%	1,5
25 - 35%	0 - 5%	9,0
	5 - 10%	5,5
	10 - 15%	4,0
	15 - 20%	2,0
35 - 45%	0 - 5%	8,5
	5 - 10%	8,0
	10 - 15%	6,5
	15 - 20%	5,0
45 - 55%	20 - 25%	1,5
	0 - 5%	5,5
	5 - 10%	5,0
	10 - 15%	3,5
	15 - 20%	3,1
	20 - 25%	1,5

O índice de plasticidade não deverá ultrapassar 25% e o limite de liquidez 55%, conforme determinado para todos os materiais passando pela peneira nº 40 ou nº.50, com agregados lavados

Os ensaios diários rotineiros de material "não suspeito" poderão ser executados com peneiramento a seco. Pelo menos uma vez por semana, durante a produção de agregados e diariamente para todo o material "suspeito", a granulometria lavada deverá ser determinada.

**5.4 Forma das partículas**

O índice de forma das partículas de agregado, determinado segundo o ensaio DNER-ME-86/64 deverá ser igual ou superior a 0.5 (cinco décimos).

Caso esteja o laboratório da obra equipado para proceder ao ensaio CRD-C-119 e, a critério da FISCALIZAÇÃO, a especificação precedente poderá ser substituída pela seguinte.

O teor de partículas chatas ou alongadas, determinado pelo método CDR-C-119, não deverá exceder de 40% para o material retido em qualquer das peneiras. A média ponderada dos teores destas partículas no conjunto de todas as peneiras utilizadas no ensaio deverá ser igual ou inferior a 30%

#### 5.5. Lavagem

A lavagem dos agregados dependerá da análise a ser procedida sobre amostras obtidas das pilhas de estoque, para identificar a presença ou não de material reativo. Espera-se que uma instalação de produção de agregados, bem projetada, não exija a lavagem. No entanto, o espargimento de água pode ser necessário para o controle de pó nas esteiras transportadoras

#### 5.6. Estocagem:

Os agregados deverão ser estocados em pilhas, nos locais designados, de preferência, nas proximidades do vertedouro. Separadores de pranchões de madeira ou outros, poderão ser usados entre pilhas adjacentes, para impedir a contaminação ou a mistura dos materiais

O EMPREITEIRO será responsável pela implantação de um sistema que empilhe os agregados de forma confiável e uniforme e que permita a retirada posterior dos agregados das pilhas, sem contaminação ou segregação. O sistema deve permitir a mistura dos agregados transportados de qualquer pilha individual

Agregados segregados ou contaminados, que não sejam representativos das pilhas e dos quais não possa resultar a granulometria combinada especificada, não serão permitidos para a produção do CCR

O sistema de manuseio de agregados a ser instalado pelo EMPREITEIRO poderá utilizar esteiras transportadoras, túneis de extração, carregamento frontal com pás mecânicas, ou outros sistemas aceitáveis, a critério da FISCALIZAÇÃO.

#### 5.7. Lay-out das Instalações.

O EMPREITEIRO deverá submeter à análise da FISCALIZAÇÃO, desenhos esquemáticos e memorial descritivo de suas instalações, para a produção de agregados, localizações e dimensões das pilhas, sistemas de transportes e procedimentos de estocagem.

A capacidade máxima prevista de produção, as taxas normais de operação e os volumes a serem estocados deverão ser indicados

## 6 CENTRAL DE CONCRETO:

### 6.1. Considerações Gerais:

O EMPREITEIRO deverá seleccionar o tipo de central de concreto a ser utilizada, podendo ser betoneira de eixo horizontal, com capacidade mínima de 1,00 m<sup>3</sup>. A central incluirá todas as misturadoras necessárias, dispositivos de controle volumétricos ou gravimétricos, sistemas de alimentação e mecanismos de descarga

Antes do início da operação de lançamento de CCR, o EMPREITEIRO submeterá à FISCALIZAÇÃO, informações sobre a central de concreto, indicando sua capacidade máxima e a taxa normal de produção. Os equipamentos previstos para mistura, transporte e lançamento de CCR, também deverão ser incluídos na documentação.

O EMPREITEIRO deverá completar a instalação da central em condições de operação, pelo menos 10 dias antes do início da produção e do lançamento do concreto.

A central, que poderá ser betoneira de eixo horizontal, deverá estar capacitada para a produção uniforme de CCR, bem misturado, à umidade previamente especificada, com o agregado graúdo do tipo a ser usado na obra

A central deverá ter demonstrado, de forma aceitável, seu desempenho satisfatório com misturas similares, antes de ser posta em funcionamento na obra.

No caso de serem usados dois ou mais traços na construção da obra, a central deve ser capaz, simultaneamente, de entregar quaisquer deles, produzidos em misturadoras distintas ou, utilizando sistema de desvios automáticos ou semi-automáticos, de modo a passar de um traço para outro, usando a mesma misturadora

Tão logo se dê o reinício de uma operação, após cada dia ou após qualquer grande paralisação (acima de 30 minutos), o primeiro traço de CCR produzido deverá ser lançado fora. No caso de não estar sendo descarregada mistura uniforme e devidamente proporcionada. Continuará a mesma a ser descartada, até que se venha a obter produto compatível com as especificações

O tempo mínimo de retenção em qualquer betoneira deve ser de 50 segundos, a menos que, mediante ensaios, se demonstre que um produto adequado possa ser conseguido em menor tempo.

Tempos maiores de retenção serão exigidos sempre que sejam necessários para a produção de mistura adequada

Serão efetuados ensaios de uniformidade com base em três amostras aleatórias, retiradas da área de lançamento, durante um mesmo turno

O tempo de retenção será aumentado quando tal aumento for necessário para assegurar a uniformidade e a homogeneidade do concreto ou quando o índice médio de variabilidade de um conjunto de três corpos de prova de concreto seja inferior a qualquer dos índices a seguir listados. A rejeição obedecerá ao procedimento de ensaio descrito no Adendo destas Especificações. O tempo de mistura poderá ser reduzido quando os ensaios indicarem que o concreto ainda atende a todas as seguintes exigências de uniformidade.

Ensaio	Índice de Variabilidade Mínimo
Teor de água da mistura final, % do peso.....	75
Teor de agregado grosso do concreto, % em peso, peneira de n°4 .....	80
Massa específica, argamassa isenta de isenta de ar, kg/m <sup>3</sup> .....	85
Teor de cimento da mistura final, % do peso .....	70

Quando o EMPREITEIRO propuser reduzir o tempo de mistura, um conjunto de três ensaios de uniformidade deverá ser executado, com tempo reduzido, para determinar se o mesmo é suficiente para produzir ou não CCR que atenda às exigências destas Especificações

As misturadoras deverão ser mantidas em condições satisfatórias de operação e os tambores deverão ser completamente isentos de concreto endurecido

As lâminas das pás deverão ser substituídas, quando gastos mais de 20% de seu comprimento.

No caso em que qualquer misturadora, a qualquer tempo, venha a produzir resultados não satisfatórios, sua utilização será imediatamente suspensa até que seja reparada

Cada vez que a redução ou aumento de tempo de misturação seja indicado pelos resultados dos ensaios, o tempo de misturação estabelecido para o dia seguinte deverá ser aumentado ou reduzido de cinco segundos e preparada nova série de ensaios. O processo poderá ser repetido até que seja estabelecido o tempo mínimo de retenção

O índice de variabilidade será baseado nos resultados das amostras retiradas após o espalhamento e imediatamente antes da compactação.

O CCR, quando misturado em sua forma solta, não contém calda de massa. Apresenta, no entanto, "empolamento" apreciável. As misturadoras não deverão ser carregadas até sua capacidade nominal máxima, evitando-se, desta forma, transbordamentos e prejuízos ao seu desempenho. A verificação do carregamento fará parte dos ensaios de comprovação da eficiência da misturadora.

### 6.3 - Recursos para Amostragem:

Instalações e mão de obra adequadas deverão ser previstas para a obtenção de amostras representativas dos materiais nas seguintes fases de operação:

- Ao serem estes carregados na misturadora,
- Quando delas descarregados;
- Quando da saída dos depósitos de espera;
- Durante a operação de lançamento, após o espalhamento, e antes da compactação.

Todas as plataformas, ferramentas e equipamentos necessários à obtenção de amostras deverão ser fornecidos pelo EMPREITEIRO.

Aproximadamente 200kg a 300kg de materiais são necessários para cada amostra.

## 7 TRANSPORTE

### 7.1. Considerações Gerais

O concreto será transportado da misturadora ao local de lançamento, tão rapidamente quanto possível, utilizando métodos que controlem a segregação, a contaminação e a secagem.

Os métodos e equipamentos de manuseio, de transporte e de deposição da mistura deverão ser detalhados, por escrito, à FISCALIZAÇÃO, para fins de informação.

Se necessário, o EMPREITEIRO providenciará a colocação de anteparos nas extremidades dos transportadores e dentro dos depósitos, para limitar as quedas livres e em outros pontos em que puderem ocorrer fenômenos de segregação.

De maneira geral, os equipamentos não deverão arrastar lama ou qualquer material contaminante, para as camadas de CCR já lançadas, devendo as pistas de acesso serem pavimentadas com pedra britada limpa, lavados os pneus de veículos antes que entrem na área e lançamento do CCR e adotadas outras providências que se fizerem necessárias.

A contaminação localizada é praticamente inevitável, nas entradas e saídas das pistas de acesso ao local de lançamento será corrigida antes da chegada da CCR fresco, com lavagem do acesso ou substituição do material que o compõe

O tempo total entre o início da mistura e o fim da compactação não poderá exceder de 40 minutos, em quaisquer circunstâncias.

#### 7.2 - Chutes:

A menos que seja autorizado por escrito, os chutes não serão permitidos.

O EMPREITEIRO poderá propor um chute ou outro sistema de "queda controlada", ao qual poderá ser dada aprovação inicial pela FISCALIZAÇÃO. A aprovação condicional somente será confirmada após demonstrado ser o sistema plenamente satisfatório em seu desempenho real, quando sob condições contínuas de operação.

#### 7.3 - Veículos de Transporte:

O CCR poderá ser transportado e depositado utilizando-se caminhões ou scrapers

Os caminhões deverão ser do tipo de descarga pelo fundo, exceto nos casos de lançamento em locais confinados, quando poderão ser usados os basculantes. Poderão ser utilizados caminhões com dispositivos especiais de descarga traseira ou com dispositivos de controle de queda, que demonstrarem possibilidade de descarga sem segregação excessiva. A experiência tem mostrado que os caminhões basculantes tendem a provocar segregação nas bordas do material depositado

Qualquer segregação que resultar de queda vertical, quando a caçamba do caminhão estiver inclinada, deverá ser corrigida manualmente ou retrabalhando-se os materiais de forma efetiva, durante o espalhamento.

Os veículos de transporte serão mantidos em boas condições de operação e não deverão perder óleo, graxa, ou qualquer outro material contaminante visível

Os veículos deverão ser manobrados sem golpes de direção, paradas repentinas ou outros procedimentos que danifiquem a camada de CCR sobre a qual rolarem

No caso de uma camada ser danificada pela operação do veículo, a superfície danificada será limpa e retrado o material danificado

## 8. LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO:

### 8.1 Considerações Gerais.

Objetiva a presente Especificação, construir o maciço em CCR, da maneira mais contínua e mais prática possível.

O detalhamento do projeto estipulará a partir do Planejamento Preliminar do EMPREITEIRO, o ritmo de lançamento do concreto em cada estágio da obra, estabelecendo-se o intervalo de espessura x dia a ser lançado e o cronograma resultante.

O atendimento das datas e das taxas de produção, inclusive as exigências de produção de agregados, contidas no Item 5.2 destas Especificações-Programa de Produção, é necessário a fim de serem conseguidas as propriedades do material na obra e de minimizar o potencial de fissuração, decorrente das tensões térmicas internas.

No caso do EMPREITEIRO não atender às exigências especificadas no cronograma, certas restrições e exigências adicionais serão feitas, com base em uma análise técnica, de forma a se conseguir mistura final de qualidade similar. O EMPREITEIRO deverá obedecer às restrições e exigências

As restrições e exigências especiais dependerão de diversos condicionantes e fatores técnicos ocorrentes na ocasião, que incluirão: a data real de início de lançamento do CCR e a taxa de produção; a época do ano e as condições climáticas; as temperaturas do ambiente e da mistura; as condições do agregado nas pilhas de estocagem e a localização da parte interessada da obra.

As exigências e restrições especiais podem incluir, mas não ficarão necessariamente limitadas a reduzir ou a acelerar as taxas de lançamento, à utilização de isolamento superficial, ao emprego de água gelada na mistura e à programação do lançamento durante algumas horas especificadas ao longo do dia.

Atenção especial deverá ser dada ao possível cronograma de desembolso financeiro da obra, de modo que o EMPREITEIRO tenha preparado programas de alternativas para execução das obras, sem que haja diminuição da qualidade técnica dos trabalhos executados, notadamente nos locais das interrupções das etapas.

### 8.2 Condições Climáticas

O CCR não deverá ser lançado durante o período chuvoso, nas seguintes hipóteses:

- Ocorrência de chuvas torrenciais capazes de lavar a superfície dos agregados do CCR recém-compactado.
- Penetração de água pluvial na massa de CCR recém-lançada e ainda não compactada, modificando a umidade da mistura em mais de 1,0(um)%.

A produção deverá ser paralisada sempre que alguma água superficial livre começar a se acumular sobre o CCR, após a compactação, ou quando começarem a se manifestar bombeamentos, formação de trilhas, ou qualquer avaria inaceitável.

No caso em que estejam previstas condições climáticas bastante adversas, deverá ser planejada a interrupção das operações de lançamento

### 8.3 Área de Lançamento:

O sangradouro deve ser construído, essencialmente nivelada ao longo de toda sua área, exceção feita da ligeira inclinação prevista para montante, como se indica nos desenhos de projeto.

Na medida do possível, o EMPREITEIRO deixará exposta de cada vez, as superfícies de apenas duas camadas, a camada precedente e a camada seguinte. Uma camada adicional poderá ficar exposta em condições excepcionais, tais como a de cruzamento da galeria e de áreas de condutos

Ao progredir o lançamento, as bordas expostas deverão ser mantidas "vivas", providenciando-se o lançamento, delas afastado de forma progressiva.

Sempre que se formar uma junta fria, em qualquer borda da camada lançada, deverá ela ficar localizada a pelo menos, três metros da localização de outras juntas frias, que se tiverem formado anteriormente, na mesma direção.

A junta fria deverá ser preparada da forma indicada nos itens 10.3 e 10.4 destas Especificações, antes de ser retomada a operação de lançamento do CCR

Nenhuma junta fria será permitida ao longo da borda de uma camada, na direção de montante para jusante, com extensão maior que 1/3 da distância de montante a jusante, na cota em que ocorrer

### 8.4. Descarga do CCR:

O CCR deverá ser depositado no local em que deverá ser espalhado. Se a entrega for feita por caminhões ou scrapers, a descarga será completada normalmente com o veículo em movimento.

Quando for necessário verter o CCR em pilha, com caminhões basculantes, a descarga será feita sobre a camada de CCR fresco que estiver sendo espalhada e não sobre a anterior já compactada, que estiver sendo coberta.

No caso da chegada do CCR em correias, a descarga deverá ser feita de forma a não provocar segregação.

#### 8.5 Espalhamento.

Dez minutos após a descarga, a mistura deverá ser espalhada em uma camada nivelada que, após a compactação, deverá ficar com espessura nominal de 300mm. No entanto, poderá ser adotada espessura maior, de até 400mm, se o EMPREITEIRO possuir equipamento capaz de compactar sem segregação e com densidade uniforme, idêntica à que for conseguida para a camada de 300mm o que será verificado no aterro experimental.

No caso em que o CCR for aplicado sobre a camada de regularização ("bedding-mix"), ele deverá ser espalhado e compactado até três horas após o instante em que aquela mistura for preparada na central, antes do momento em que tem início a "pega" e a secagem pela exposição, e dentro de 45 minutos a partir do momento em que a camada de regularização começou a ser descarregada.

O espalhamento deverá ser efetuado com equipamento provido de lagartas, suplementado, se for conveniente, por uma motoniveladora. O porte do equipamento de lagartas, para o espalhamento, deverá ser limitado ao do D7-Caterpillar ou equivalente, com acionamento hidráulico e movimentação angular da lâmina.

De modo geral, o equipamento de lagarta para espalhamento deverá operar somente com o material não compactado e não será permitido que ele manobre sobre o CCR, após a compactação.

Uma pá carregadora frontal, com seu operador, deverá ficar em disponibilidade, para atender aos casos de descarga e espalhamento em áreas confinadas, nas partes irregulares da fundação e em outros locais, quando necessário.

O espalhamento será efetuado de modo a não causar segregação. No caso em que agregados de grandes dimensões venham a rolar ou segregar, para o lado da borda de uma camada espalhada de CCR, deverão ser, ou novamente misturados ao CCR ou retirados. A experiência tem mostrado que tal pode ocorrer quando a mistura se apresentar mais seca que o desejado ou quando não se tomarem os devidos cuidados durante o espalhamento e a compactação. Os blocos de agregado que rolarem para a borda de uma camada espalhada, poderão ser

recolhidos por trabalhadores com pás e lançados sobre a superfície não-compactada, de forma a serem compactados pelo rolo, sem segregação.

Todo o equipamento deverá ser mantido em boas condições de operação, sem vazamentos de óleo, graxa ou qualquer outro material contaminante.

Nenhum concreto deverá ser lançado sobre uma camada que tiver sido considerada como suspeita e que estiver sendo analisada para fins de aprovação ou rejeição

## 9. COMPACTAÇÃO:

### 9.1 Considerações Gerais:

Dez minutos após o espalhamento, cada camada de CCR deverá ser compactada com o mínimo de quatro passadas de um rolo compactador de tambor duplo, autopropelido, ou oito passadas de um compactador vibratório de um tambor, auto propelido. Obs.:Uma viagem de ida e volta é considerada como duas passadas.

A massa específica úmida média mínima de 2,34kN por camada, deverá ser conseguida, o que corresponde a 97,5% da massa específica teórica, isenta de ar. Nenhuma leitura de massa específica inferior a 2,30kN será permitida, o que corresponde a, aproximadamente, 96% do valor teórico citado.

O equipamento de maiores dimensões, adiante especificado, capaz de operação física e prática na área, é o que deverá ser usado. Compactadores vibratórios autopropelidos de grande largura, deverão ser usados em áreas livres. Nas áreas que não puderem ser trabalhadas pelos grandes rolos vibratórios, deverão ser utilizados rolos de menor porte ou socadores mecânicos.

Os rolos só deverão ser operados em vibração, quando estiverem em marcha.

Todo o equipamento de compactação deverá ser mantido em boas condições durante todo o tempo e não deverão apresentar vazamento de óleo, graxa ou de quaisquer materiais contaminantes.

As bordas de todas as camadas compactadas, contra as quais não for lançado CCR dentro de 25 minutos, deverão ser quebradas ou aparelhadas e roladas de forma a ficarem totalmente compactadas e a não conterem agregado solto.

### 9.2 Rolos Autopropelidos de Grande Porte.

Os rolos vibratórios autopropelidos serão do tipo de um ou dois tambores e deverão transmitir impacto dinâmico à superfície através de tambor de aço liso, por meio de pesos girantes, eixos excêntricos ou outros métodos equivalentes.

O compactador não deverá pesar menos de 9 toneladas e deverá produzir força dinâmica que imprima uma pressão mínima de 850kPa, sob a frequência de operação que for utilizada durante a construção. A frequência mínima do vibrador será de 500 ciclos/min (25Hz). O diâmetro do tambor variará de 1,5m a 2,0m e ele deverá ter de 5m a 2,5m de largura.

A velocidade máxima de operação será de 3km/h

O motor de acionamento das máquinas excêntricas deverá ter capacidade nominal mínima de 25HP.

Dentro da faixa de capacitação operacional do equipamento, serão permitidas variações na frequência e na velocidade de deslocamento que possam dar como resultado o aumento da massa específica máxima sob as mais elevadas taxas de produção.

Equipamento de reserva, para substituição, deverá existir em disponibilidade, para utilização, dentro de 30 minutos, se necessário

### 9.3 Socadores e Rolos de Pequeno Porte:

Socadores e rolos de pequeno porte, capazes de operar à distância de alguns centímetros de uma face vertical, serão usados para a compactação do CCR nas proximidades das formas, das ombreiras, na face de jusante e em outras áreas nas quais os rolos de grande porte não possam manobrar.

A pressão produzida pelos pequenos rolos será no mínimo, de 350kPa

As socadoras devem ser capazes de aplicar força/golpe mínima de 860kg, seja: 0,88 kN

A ação de socaria e de rolagem exigida é a necessária para se obter uma massa específica média mínima de 97% da que for normalmente conseguida com os rolos de grande porte.

Espera-se que aquela massa específica seja obtida, normalmente, com não mais de seis passadas de qualquer combinação do rolo pequeno ou socadora. Maior número de aplicações de carga será porém, exigido se necessário.

Admite-se que possam ocorrer espaços vazios diminutos entre as partículas dos grandes agregados, imediatamente adjacentes à face de montante.

Pelo menos um rolo de pequeno porte e 3 socadoras em boas condições de uso deverão ser mantidos na região de lançamento, durante todo o turno de serviço

O compactador não deverá pesar menos de 9 toneladas e deverá produzir força dinâmica que imprima uma pressão mínima de 850kPa, sob a frequência de operação que for utilizada durante a construção. A frequência mínima do vibrador será de 500 ciclos/min (25Hz). O diâmetro do tambor variará de 1,5m a 2,0m e ele deverá ter de 5m a 2,5m de largura.

A velocidade máxima de operação será de 3km/h

O motor de acionamento das máquinas excêntricas deverá ter capacidade nominal mínima de 25HP.

Dentro da faixa de capacitação operacional do equipamento, serão permitidas variações na frequência e na velocidade de deslocamento que possam dar como resultado o aumento da massa específica máxima sob as mais elevadas taxas de produção.

Equipamento de reserva, para substituição, deverá existir em disponibilidade, para utilização, dentro de 30 minutos, se necessário

### 9.3. Socadores e Rolos de Pequeno Porte:

Socadores e rolos de pequeno porte, capazes de operar à distância de alguns centímetros de uma face vertical, serão usados para a compactação do CCR nas proximidades das formas, das ombreiras, na face de jusante e em outras áreas nas quais os rolos de grande porte não possam manobrar

A pressão produzida pelos pequenos rolos será no mínimo, de 350kPa.

As socadoras devem ser capazes de aplicar força/golpe mínima de 860kg, seja: 0,88 kN

A ação de socaria e de rolagem exigida é a necessária para se obter uma massa específica média mínima de 97% da que for normalmente conseguida com os rolos de grande porte.

Espera-se que aquela massa específica seja obtida, normalmente, com não mais de seis passadas de qualquer combinação do rolo pequeno ou socadora. Maior número de aplicações de carga será porém, exigido se necessário.

Admite-se que possam ocorrer espaços vazios diminutos entre as partículas dos grandes agregados, imediatamente adjacentes à face de montante

Pelo menos um rolo de pequeno porte e 3 socadoras em boas condições de uso deverão ser mantidos na região de lançamento, durante todo o turno de serviço.

ou pequenas áreas contaminadas (0,1 m<sup>2</sup>), não haverá motivos para paralisar o lançamento sobre elas.

Um número adequado de mangueiras, ligadas aos caminhões pipas ou à rede de distribuição de água, para a formação de neblina, equipadas com bicos próprios, deverá ser previsto na área de lançamento para impedir a secagem das juntas. Mangueiras operadas manualmente serão utilizadas para atingir locais inacessíveis. A neblina ou "spray" não deverá ser aplicada de forma concentrada ou sob pressão, evitando-se com isso, a erosão da superfície fresca do CCR.

Durante 24h/dia e 7 dias/semana, pelo menos um trabalhador deverá estar destacado na área de lançamento, com função exclusiva de operar o sistema de irrigação, de modo a manter toda a superfície umedecida, mas não encharcada ou alagada. O trabalhador poderá ficar encarregado da manutenção dos bicos e da mudança das mangueiras, no caso em que tais operações não interfiram com sua obrigação essencial de manter toda a superfície umedecida.

## 10.2. Classificação das Juntas Frias

As juntas frias são classificadas de acordo com o tratamento que exigem, como sendo do Tipo I ou do Tipo II, à base dos critérios que se seguem.

- Tipo I : Registrados mais de 700 graus x hora antes do lançamento da camada seguinte de CCR, mas não transcorridas mais de 60 horas. O número de graus x hora será determinado acumulando-se a temperatura média em °C na seção lançada, durante cada incremento de hora após a superfície ter sido compactada. Um registrador contínuo de temperatura, tipo relógio, como os correntemente utilizados nas construções pré-fabricadas, ou qualquer outro sistema adequado, deverá ser usado para determinar e registrar o tempo e as temperaturas. Pelo menos dois relógios estarão em funcionamento e registrando sempre os períodos durante os quais as juntas ainda não atingiram 700 grausxhora ou o decurso do período de 60 horas

- Tipo II: Decorridas mais de 60 horas entre o lançamento de duas camadas sucessivas

No caso da junta não ser classificada quer no Tipo I, quer no Tipo II, não deverá ela ser considerada como junta fria e nenhum tratamento será exigível, a menos que o EMPREITEIRO deixe de atender a outras exigências destas Especificações, tais como as de manter a junta, e impedir danificação da superfície pelos equipamentos em operação.

## 10.3 Tratamento da Junta Fria Tipo I

As juntas frias que caírem na categoria do Tipo I deverão ser limpas com jato de ar antes do lançamento da camada seguinte de concreto



Nenhuma área seca, assim como poças d'água serão permitidas na praça trabalhada

Uma camada com 25mm de espessura de concreto convencional de regularização deverá ser espalhada sobre o terço de montante da superfície da junta, antes do lançamento de nova camada de CCR. O concreto de regularização deverá ser espalhado de forma a que toda a área que o exija seja coberta com parte da mistura, sendo a espessura máxima determinada dividindo-se o volume utilizado pelo valor da área coberta, situando-se o quociente entre 20 e 50mm.

#### 10.4. Tratamento da Junta Fria Tipo II:

As juntas frias classificadas como do Tipo II deverão ser preparadas para receber a camada seguinte, removendo-se toda nata, detritos soltos e materiais contaminantes. O processo de limpeza deverá deixar exposto o agregado sem provocar, no entanto a segregação da massa. Em tal estágio de maturidade, será usado jato d'água, caso o emprego exclusivo de jato de ar não seja suficiente para deixar a superfície adequadamente preparada.

Após o preparo, a superfície deverá ser deixada umedecida e tratada como junta do Tipo I, exceto que a camada de regularização deverá ser espalhada sobre a metade de montante da superfície da junta.

#### 10.5. Tratamento da Junta de Montante:

Todas as juntas horizontais deverão receber o concreto de regularização, nas proximidades da face de montante, como se indica nos desenhos de projeto. A superfície que receberá o concreto de regularização ("bedding mix") será limpa com jato de ar, antes de seu lançamento.

#### 10.6 Juntas Horizontais entre Camadas de Faceamento.

A superfície superior de cada camada de concreto convencional de faceamento (vertedouro, paredes laterais, etc.) serão mantidas continuamente úmidas, até a colocação da camada seguinte. A superfície será limpa com jato de ar antes do lançamento da camada seguinte, suplementada, quando necessário, por retirada manual ou com raspagem a pá de todo o material frouxo ou segregado, ao longo da interface do CCR e do concreto convencional.

No caso em que a mistura convencional já estiver sido lançada a mais de 24 horas e se tenha formada nata endurecida que não seja removível com ar, será usado jato de água em combinação com o de ar, para limpar a superfície.

## 11 CURA E PROTEÇÃO

### 11.1. Considerações Gerais:

As superfícies de todas as camadas de CCR, sobre as quais serão lançadas novas camadas, deverão ser mantidas continuamente umedecidas até que sejam cobertas com nova camada

O topo da camada final de CCR, no vertedouro e demais seções, deverá ser mantido continuamente úmido, até que seja coberto com a camada de concreto convencional, quando for exigida ou até que seja atingida idade de 60 dias, quando tal recobrimento não for exigido.

Aditivos de aceleração da cura não serão permitidos no CCR.

A face exposta de todas as outras superfícies de CCR, do lado de jusante da barragem, não exigirá cura ou proteção

As superfícies das camadas de CCR, sobre as quais serão lançadas camadas subsequentes, deverão ser protegidas da erosão de chuvas fortes e de danos provocados pelos caminhões-pipas.

Qualquer superfície que vier a ser danificada por erosão e que exponha o agregado grosso deverá ser tratada como junta do Tipo II.

## 12. PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS DE FACEAMENTO (FORMAS INCORPORADAS)

### 12.1. Considerações Gerais

No caso de serem utilizados os painéis como formas de faceamento, deverão eles atender às exigências contidas no Adendo I destas Especificações.

Tanto quanto possível, deverão ser usados rolos pesados para a compactação nas proximidades dos painéis. Socadores manuais e rolos mais leves deverão ser usados para a compactação da massa adjacente aos painéis, nos casos em que os grandes rolos não puderem manobrar com segurança.

Pequenas fraturas ou trincas que possam se manifestar, eventualmente nos painéis, durante a montagem e a construção, serão toleradas. Painéis que apresentem trincas, fraturamentos mais graves deverão ser substituídos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

### 13.2. Ancoragens

As barras de ancoragem deverão ser projetadas de forma a sustentarem o sistema de escoramento dos painéis, além de assegurarem a fixação permanente dos mesmos ao maciço.

## 134. FACEAMENTO COM CONCRETO CONVENCIONAL

### 13.1 Considerações Gerais:

Exceto no que for aqui modificado ou suplementado, o concreto convencional para a face do vertedouro, paredes laterais e o usado em qualquer outro local, em que ele deva ser lançado simultaneamente com o CCR, deverá obedecer às exigências descritas anteriormente nestas Especificações.

### 13.2. Traços:

A fixação exata dos traços deverá resultar de alternativas aprovadas em ensaios. Os materiais utilizados nos ensaios deverão ser representativos daqueles que serão utilizados no sangradouro. O traço deverá situar-se dentro das seguintes exigências básicas:

- Dimensão Máxima do Agregado:..... . 38mm
- Teor Máximo de Agregado de 38mm . . . . . 20%
- Teor Inicial de Ar ..... . 5 ± 1%
- Teor de Ar, após 30 minutos.. ..... . 3 ± 1%
- Aditivo para redução de água .... . Faixa elevada ou  
Faixa elevada e Normal
- Relação Máxima água cimento ..... . 0.45
- Teor Máximo de água .. ..... . 130 kg/m<sup>3</sup>
- Teor Mínimo de Cimento... .. . 180 kg/m<sup>3</sup>
- Resistência Mínima aos 90 dias ..... . 18 MPa
- Aditivo Retardador.. ..... . Opcional

Todos os aditivos, exceto o de faixa elevada de redução de água (superplastificante), deverão ser adicionados ao traço, na central de concreto.

### 13.3. Processo de Lançamento:

No caso do uso do aditivo de redução de água, do tipo superplastificante, este deverá ser adicionado à massa no local de lançamento, quando a área estiver preparada para receber o concreto e quando o CCR estiver pronto para ser lançado sobre ela.

Este superplastificante deverá ser adicionado dentro da betoneira, através de equipamento provido de reservatório. Deverá ser usada uma quantidade pré-determinada do aditivo, proporcional ao volume da betonada. O concreto deverá ser então, totalmente misturado e imediatamente descarregado. Adição suplementar do redutor poderá ser feita manualmente, se necessária, para melhorar a trabalhabilidade

Caso o aditivo a ser empregado seja ao mesmo tempo superplastificante e retardador de pega, o procedimento poderá ser modificado, a critério da FISCALIZAÇÃO.

Não deverá ser usada água adicional no local de lançamento, exceto para permitir, em curto período, lavar ou enxaguar as faces internas da betoneira, após a adição do superplastificante. A adição da água será efetuada durante cinco segundos, com a mangueira do caminhão.

O concreto deverá ser descarregado contra as formas. O CCR deverá ser imediatamente espalhado junto ao concreto convencional e a compactação deverá ser imediatamente executada. A sincronização das operações deverá ser tal que o CCR seja compactado contra o de faceamento, no momento em que este começar a endurecer por perda de "slump", mas antes de começar sua fase inicial de pega, o que exigirá normalmente, de 5 a 40 minutos, após a adição do superplastificante. A compactação será efetuada com grandes rolos tanto quanto possível e complementada por socadores mecânicos.

Deverá ser previsto um "slump" para o concreto de faceamento, na faixa de  $70 \pm 20$  mm a  $120 \pm 20$  mm, antes da adição do superplastificante e de 100 a 200 mm imediatamente após o aditivo ter sido misturado. Deverá ser previsto e é desejável, que o concreto de faceamento perca rapidamente seu "slump", mas não chegue a "pegar", de forma a que o CCR possa ser espalhado contra ele enquanto ainda apresenta condições de suportar o equipamento de compactação

A vibração interna deverá complementar o equipamento de compactação para assegurar o adensamento total do concreto de faceamento. O procedimento de compactação deverá forçar, de forma efetiva, o CCR contra o de faceamento, de modo que os dois concretos se hidratem em uma massa monolítica.

#### 13.4 Acabamento do Concreto de Faceamento:

O concreto de faceamento dos paramentos deverá ser mantido continuamente umedecido, imediatamente após a retirada das formas. Tão logo seja praticável, após serem as formas levantadas, a superfície deverá ser acabada para serem removidas quaisquer imperfeições e saliências e para serem preenchidos quaisquer buracos com argamassa do tipo "dry-pack". Imediatamente após ser dado o acabamento, a superfície deverá ser revestida com a camada de cura

A fim de evitar fissuras no concreto de face de montante, resultante do gradiente térmico entre o exterior e as zonas internas, deve ser utilizado um jato do tipo "spray", cobrindo toda a face de montante. Esta "neblina" poderá ser provocada por um tubo em PVC com micro-furos regularmente espaçados, de modo que quando em ação, se forme um filme d'água, cobrindo a face de montante. Convém observar que o gradiente térmico é tanto maior quanto mais intenso for o vento incidente sobre a face de montante.

## 14 PREPARO DA FUNDAÇÃO

### 14.1 Considerações Gerais

Antes do lançamento do CCR na fundação do vertedouro e contra as ombreiras, a rocha exposta deverá ser limpa, regularizada com concreto (se necessário), conformada (se necessário) e preparada.

Nenhuma área da fundação ou das ombreiras será coberta com qualquer concreto, até que tenha sido previamente tratada, de acordo com as Especificações para Tratamento da Fundação.

Uma camada de concreto de regularização, preparada com uma mistura pobre convencional, deverá ser lançada na interface da fundação com o CCR.

### 14.2 Concreto de Regularização-(Bedding Mix):

O concreto de regularização utilizado entre o CCR e a fundação ou as ombreiras, deverá ter a mesma composição que o exigido entre as camadas de CCR.

Deverá ser retardado de maneira a que o tempo de pega inicial seja superior a 3 horas, ou a 30°C. Ele poderá receber novo tratamento, dentro daquele período, para adicionar a umidade perdida por evaporação.

O concreto de regularização será espalhado de forma que toda a superfície a recebê-lo esteja coberta com algum material, com espessura média sobre a rocha de fundação não excedendo de 50mm.

O CCR será espalhado sobre o concreto de regularização, e compactado, antes de iniciar a pega e dentro de 45 minutos a contar da descarga.

Os materiais usados nos ensaios deverão ser representativos daqueles que serão usados no sangradouro.

As proporções exatas do traço serão fixadas pela FISCALIZAÇÃO

A mistura deve atender às seguintes prescrições .

- Slump.... 125 a 225 mm
- Dimensão Máxima do Agregado.... 19 a 25m
- Teor Máximo do Agregado de 25mm. . . . . 55%
- Teor de Ar . . . . . 5± 1%
- Aditivo de Redução de água.... Exigido
- Teor Mínimo de Cimento.. 225 kg/m<sup>3</sup>
- Resistência Mínima aos 90 dias ... 10 MPa
- Retardador ..... Quando exigido para obtenção de tempo de retardamento para a pega.

Aditivos poderão ser incorporados à massa para melhorar a trabalhabilidade. A massa deverá ser bem trabalhável e com elevado teor de areia, com algum agregado grosso e proporcionada de maneira a não segregar.

#### 14.3 Conformação e Enchimento.

Será exigida a conformação por escavação, para eliminação de pontos altos ou de saliências de rocha, com posterior enchimento, com concreto "dental", das depressões que não puderem ser preenchidas com CCR.

Dependendo da localização, dimensões, forma e qualidade da rocha, a conformação poderá exigir qualquer um ou uma combinação dos seguintes métodos: escarificação mecânica, escavação com alavancas manuais, utilização de martelotes, cargas superficiais ou pequenas explosões com dinamite em furos feitos para tal fim

As grandes áreas ou volumes, com conformação ou qualidade inaceitável de rocha, deverão ser tratadas como escavação em rocha antes de receberem o tratamento exigível para fundações

O concreto dental poderá vir a exigir a conformação preliminar da face da rocha

Não são exigíveis a vibração e a cura dos concretos de regularização e dental para preenchimento de vazios da fundação ou dos berços para nivelamento dos painéis das formas

#### 14.4 - Limpeza Final

Antes do lançamento de qualquer concreto, inclusive o de regularização, a superfície deverá ser limpa de material solto e deteriorado, de toda lama, acúmulo de silte, vegetação, graxa e vazamento de óleo, de todo saibro, areia e fragmentos de rocha, de toda nata que tiver sobrado do concreto de enchimento e de todo material nocivo

Os serviços de limpeza deverão ser executados com jato de ar, lavagem com grandes volumes de água ou jatos de ar e água, utilizando-se equipamento normalmente destinado a tal finalidade e para operação de limpeza de fundação em grande escala

Todas as superfícies sobre as quais o CCR ou qualquer concreto de regularização for lançado, deverão estar umedecidas

O EMPREITEIRO deverá dispor de equipamento adequado para o jateamento de ar e água sob pressão, para lavagem da fundação.

## 15. TOLERÂNCIAS

### 15.1. Considerações Gerais:

Com exceção das modificações e suplementações que se seguem, as tolerâncias serão as contidas nas especificações E4-330/85.

### 15.2 Exigências Específicas:

1- Os afastamentos entre dois painéis de faceamento adjacentes não deverão exceder de 10mm na obra acabada;

2- A variação gradual de alinhamento dos painéis pré-fabricados, depois de colocados, não deve exceder de ;

- 25mm em 15m,
- 20mm em 10m
- 10mm em 30m.

3- A cota da superfície superior de qualquer das camadas de CCR, não deve variar de mais de 50mm em relação à cota de projeto, salvo no caso das três últimas camadas superiores, cuja cota não poderá diferir de mais que 50mm, em relação à cota indicada nos desenhos;

4- A locação do eixo e dos pontos de interseção das seções transversais de projeto com o terreno (off-sets) deverá ser feita com erro inferior a  $\pm 25\text{mm}$  e  $\pm 0,50\text{mm}$ , respectivamente. Os off-sets serão marcados a partir do eixo pelo método de locação direta, devendo ser controlados por nivelamento e contranivelamento,

## 16 CONTROLE DE QUALIDADE

### 16.1 Considerações Gerais:

A FISCALIZAÇÃO implantará e fará um efetivo sistema de controle de qualidade do CCR de modo a garantir o cumprimento de todas as exigências do

Projeto e destas Especificações. O controle de qualidade incluirá o registro metódico e racional de todas as verificações, ensaios, aferições e inspeções bem como de toda e qualquer irregularidade observada e das medidas corretivas adotadas.

O sistema do controle deverá ser implantado e funcionar sob a supervisão de um Técnico em Controle de Qualidade de CCR que revisará e aprovará todas as atividades relacionadas com a produção de materiais, com o planejamento e construção do cronograma das atividades de lançamento e com o funcionamento e avaliação dos ensaios.

O Técnico em Controle de Qualidade trabalhará em contato permanente com o EMPREITEIRO que o manterá informado quanto aos procedimentos propostos para a construção e horários de lançamento.

O programa de ensaio será então elaborado pela FISCALIZAÇÃO que apresentará os resultados através de relatórios de controle tecnológico

A FISCALIZAÇÃO designará um Técnico em Controle de Qualidade para cada turno de trabalho e poderá contar com diversos empregados nas diferentes áreas de controle, de ensaios e de registros.

Todas as informações e resultados dos ensaios deverão ficar sob custódia da FISCALIZAÇÃO, à qual será permitido o livre acesso a todos os campos de atividade do EMPREITEIRO

O Programa de Controle de Qualidade do CCR deverá incluir, mas não ficar limitado, aos seguintes aspectos:

- preparo, manuseio e granulometria dos agregados,
- exigências quanto à umidade, mistura e dosagem de traços, na central de concretos,
- entrega de massa;
- controle da compactação e das juntas, certificando-se de que os materiais adequados se acham disponíveis,
- Inserts;
- ereção das peças pré-fabricadas de faceamento e
- todos os outros ensaios e inspeções exigidas nestas Especificações.

Quanto ao Controle de Qualidade deverá o EMPREITEIRO cooperar com a FISCALIZAÇÃO, facilitando a sua atividade controladora, especialmente quanto à comunicação de seus planos e programas de atividades, à retirada das amostras, à execução de aferições, controle e verificações

## 16.2. Granulometria dos Agregados:

### 16.2.1 Ensaios:

Pelo menos uma vez durante cada turno em que o CCR estiver sendo lançado, e uma vez durante os turnos de produção dos agregados, as granulometrias deverão ser verificadas, para cada dimensão do agregado usado ou produzido e para a granulometria final de todos os agregados, nas proporções finais estabelecidas para cada traço.

Um ensaio de confirmação será exigido sempre que a granulometria global da mistura se situar fora das Especificações.

A localização do ponto de retirada das amostras será estabelecida pela FISCALIZAÇÃO, de modo que dêem uma indicação precisa das granulometrias dos materiais, ao darem entrada na betoneira

#### 16.2.2. Providências Exigidas:

Sempre que um resultado de ensaio esteja fora dos limites especificados, *deverá ser retirada uma amostra para o ensaio de confirmação*. No caso do ensaio de confirmação indicar resultado fora dos limites especificados, o processo deve ser considerado como "fora de controle" e medidas efetivas deverão ser tomadas pelo EMPREITEIRO para regularizar a situação.

A FISCALIZAÇÃO, por intermédio do Técnico de Controle de Qualidade e o EMPREITEIRO decidirão, por consenso, se a produção e o lançamento do concreto deverão ser paralisados na ocasião. Exceto em casos extremos, que venham a ser considerados como seriamente preocupantes, a construção poderá continuar durante o turno, após o problema de adequação da granulometria ter sido detectado e enquanto estiver sendo ele solucionado. É de se esperar que a irregularidade seja solucionada ao fim do segundo turno, após ter sido identificada.

#### 16.3. Determinação da Umidade dos Agregados:

##### 16.3.1. Ensaios:

Pelo menos uma vez por dia de lançamento, para cada dimensão de agregado usado, deverão ser efetuadas determinações de umidade, de acordo com a ASTM-C-566 (ou a ASTM-C-70, no caso de agregados finos, empilhados separadamente)

Os locais de retirada das amostras serão selecionados pela FISCALIZAÇÃO, de modo que a amostra seja típica dos materiais que serão levados à central.

##### 16.3.2. Providências Exigidas:

No caso em que os ensaios para determinação da umidade indicarem mudança na quantidade de água que entra na mistura com os agregados, o Encarregado de Lançamento deverá ser contatado para verificar se é necessária uma ajustagem

correspondente da água na central de mistura para se obter compactação adequada na área de lançamento e melhorar suas condições.

#### 16.4. Forma das Partículas

##### 16.4.1 Ensaio:

Durante o período inicial de produção de agregado e de seu empilhamento, serão feitos ensaios frequentes, de acordo com o DNER-ME-86-64 ou CRD-C-119, para determinar o teor de partículas alongadas e chatas.

Após ficar estabelecido que não ocorrem problemas e se os procedimentos de produção permanecerem constantes, a efetivação dos ensaios somente será exigida uma vez por semana.

##### 16.4.2 Providências Exigidas:

Duas Irregularidades consecutivas na mesma peneira, ou na granulometria global, exigirão providências para correção da anomalia.

Exceto em casos extremos que sejam realmente preocupantes, a produção de agregado poderá prosseguir durante o turno em que a Irregularidade foi constatada e enquanto estiver sendo corrigida. Espera-se que a Irregularidade seja eliminada até o final do segundo turno, após ter sido detectada.

Os agregados produzidos fora das Especificações deverão ser misturados com aqueles que as atendam, de forma a que a mistura final fique dentro das exigências.

#### 16.5 Materiais que Passam na Peneira 200

##### 16.5.1. Ensaio:

Durante o período inicial de produção e empilhamento dos agregados, deverão ser feitos ensaios freqüentes para determinar o percentual de materiais que passa na peneira 200, na granulometria global exigida.

Deverá ser utilizada a lavagem do agregado grosso para acumular todo o material da granulometria global passando na peneira 200. Os limites de liquidez e de plasticidade deverão ser determinados para os materiais que passam nas peneiras 40 ou 50.

Após se certificar de que não ocorrem problemas e se a produção continuar uniforme, a efetivação dos ensaios será exigida apenas uma vez por semana

#### 16.5.2 - Providências Exigidas.

No caso de se concluir que é excessiva a quantidade ou a plasticidade, ao serem ensaiados materiais que passam na peneira 200, devem ser tomadas providências para corrigir o excesso.

Exceto em casos extremos, a produção de agregado poderá continuar durante o turno, após a identificação do problema e enquanto estiver ele sendo corrigido. Espera-se sua correção ao final do segundo turno, após ter sido o problema identificado.

Os materiais fora das Especificações deverão ser misturados com os materiais aceitáveis, de forma a que a granulometria composta atenda às exigências destas Especificações.

#### 16.6 - Controle das Quantidades de Agregados

A FISCALIZAÇÃO coadjuvada pelo EMPREITEIRO deverá controlar e registrar, com precisão, a quantidade de cada agregado produzida e usada durante cada turno. Deverá ser mantido registro do total acumulado, de cada agregado. As quantidades deverão estar baseadas nas condições de umidade do agregado saturado com superfície seca (S.S.).

#### 16.7 - Controle na Central de Concreto

##### 16.7.1 - Controle e Registro de Rotina

Quando a central estiver em operação, deverá ser continuamente controlado o total de todos os materiais componentes, inclusive cimento, pozolana, cada fração de agregado, de água e de aditivos.

Os pesos dos agregados e da água, para compensar a umidade natural dos agregados, deverão ser ajustados, quando necessário

Deverá ser preparado um relatório diário, indicando o tipo e a fonte do cimento utilizado durante aquele dia; os grupos de agregados; as proporções de cada material exigidas pelos traços; o total de água livre de cada fração de agregado e os pesos efetivos dos agregados consumidos por  $m^3$  para cada traço de concreto fabricado durante a operação da central. O relatório deverá incluir os totais gerais de cada material usado para cada traço e para cada turno

## 16.8 - Balanças para Pesagem da Mistura e de Amostras de Materiais:

### 16.8.1- Aferições e Verificações

A precisão das balanças deverá ser verificada com pesos aferidos antes do início das operações de concretagem. Aferições periódicas deverão ser feitas, pelo menos, a cada 60 turnos de operação. Tais aferições serão efetuadas, ainda, sempre que ocorrerem variações nas propriedades do CCR, que possam resultar de erros de dosagem.

As aferições serão feitas sistematicamente em todas as balanças utilizadas na pesagem de amostras e na calibração da usina.

### 16.8.2 - Providências Exigidas

Sempre que ocorrer desvio ou falha na precisão de pesagem ou de funcionamento, quanto às exigências das Especificações, a central não deverá continuar operando até que as necessárias ajustagens ou reparos das balanças tenham sido efetuados

## 16.9- Calibração da Alimentação Volumétrica:

### 16.9.1- Ensaios e Verificações

A precisão das alimentações volumétricas deverá ser verificada coletando-se todos os materiais transportados na unidade de tempo para a misturadora e, também, por ensaios de lavagem do material na saída da misturadora.

Métodos e equipamentos convenientes deverão estar disponíveis para a obtenção e manuseio das amostras, na central de concreto.

O peso do material correspondente a um intervalo-padrão de tempo e as proporções resultantes de materiais por metro cúbico deverão ser determinadas.

A precisão das alimentações volumétricas deverá ser determinada pelo menos três vezes durante a verificação geral das condições de produção e de lançamento do CCR

Deverão ser feitos ensaios de verificação, pelo menos, a cada 60 turnos de operação e sempre que ocorrerem variações das propriedades do CCR, que possam resultar de erros dos sistemas de alimentação volumétrica.

As amostras deverão ter dimensões suficientes para permitir determinações precisas, o que pode levar à movimentação de mais de 255kg de material para cada item a verificar

## 16.10- Verificação das Misturadoras de Concreto

16.10.1- Considerações Gerais:

O concreto fresco deve ser coletado e ensaiado, para verificar se atende a estas Especificações, no local do lançamento. O EMPREITEIRO deverá adotar um método expedito para obtenção de amostras representativas do CCR, retiradas da central, dos depósitos de espera e do local de lançamento.

16.10.2- Eficiência da Misturadora:

Um ensaio de verificação do desempenho global da misturadora será efetuado com três diferentes massas, na central volumétrica, antes do início do lançamento do concreto.

Poderão ser feitos ensaios adicionais, a qualquer tempo, para apoiar qualquer solicitação do EMPREITEIRO, relativa à redução do tempo de mistura

Sempre que forem necessárias ajustagens da misturadora, por motivo de não atender a mesma às Especificações, deverá ela ser novamente submetida a ensaios após a ajustagem.

16.11- Temperatura

16.11.1- Ensaios:

Perto do início e do fim de cada turno, deverá ser feita pelo menos uma determinação de temperatura na central e no lançamento, de forma aleatória, em massas selecionadas de cada traço de concreto, utilizado em cada turno de lançamento

Determinações adicionais serão feitas sempre que forem observadas pelo Encarregado de Lançamento ou pela FISCALIZAÇÃO, tempos rápido de pega ou de perda de trabalhabilidade, ou no caso em que ocorrerem problemas decorrentes de temperatura baixa ou elevada

A temperatura do ar e do concreto deverá ser registrada durante o período de cura

16.11.2- Providências Exigidas:

As temperaturas serão consideradas como dados-padrão, nos boletins de controle de qualidade

16.12- Umidade

16.12.1- Ensaios de Verificação

Pelo menos uma vez durante cada quatro horas de produção na central e uma vez a cada quatro horas no local de lançamento, deverá ser determinada a umidade do CCR

Os teores determinados quando do lançamento serão controlados com equipamento nuclear de transmissão direta, após a compactação. A sonda deverá ser introduzida atravessando toda a camada para cada leitura

O instrumento deverá ser calibrado com materiais secos em estufa, pelo menos uma vez a cada vinte turnos

Pelo menos três ensaios serão efetuados em áreas diferentes de cada camada de CCR lançado.

O Encarregado de Lançamento deverá controlar visual e continuamente a eficiência aparente do equipamento de compactação, devendo notificar a central, sempre que a massa tornar-se mais seca ou mais úmida

#### 16.12- Providências Exigidas:

Sempre que os ensaios indicarem mudança significativa da umidade em relação ao teor fixado como "ótimo" para a mistura e lançamento, o Encarregado de Lançamento deverá ser notificado e o comportamento da massa observado.

Sempre que aquele Encarregado de Lançamento observar alteração na umidade, que leve os rolos vibratórios a afundar freqüente e excessivamente na massa, fazendo com que se produza excesso de pasta na superfície ou dando como resultado uma superfície aberta, não consolidada, deverá ser feita a necessária ajustagem na quantidade de água na central, registrando-se a ajustagem introduzida

#### 16.13- Cimento:

Amostras da massa de CCR serão retiradas da área de lançamento para determinação dos teores de cimento, utilizando-se o analisador de cálcio ou outro procedimento aceitável

Todo o ensaio será efetuado, em conjunto, por pessoal do EMPREITEIRO e da FISCALIZAÇÃO.

#### 16.14- Corpos de Prova para Ensaios de Resistência à Compressão

A FISCALIZAÇÃO fornecerá os cilindros de ensaios com dimensões nominais de 150mm x 300mm. As formas cilíndricas serão do tipo rígido, reutilizáveis, com revestimentos descartáveis. A FISCALIZAÇÃO, com a assistência do EMPREITEIRO, fará toda a amostragem para os corpos de prova, transportá-los-á, fará a cura e os ensaiará depois de extraí-los dos moldes

## 16.15- Massa Específica:

### 16.15.1- Ensaio e Verificações:

Pelo menos uma vez a cada duas horas de lançamento, será determinada a massa específica do CCR, após a compactação.

Cada camada de CCR será verificada pelo Método do Frasco de Areia, em pelo menos, três pontos diferentes, para determinação da densidade.

No caso de ser usada apenas uma sonda de prova, as leituras deverão ser tomadas em cada quadrante de um círculo, girando-se o instrumento de 90° em torno da sonda, após cada leitura. A sonda deverá atravessar toda a camada de CCR, podendo também, ser introduzida em espessuras menores, para informações suplementares.

### 16.15.2- Providências Exigidas:

Sempre que nos ensaios, a massa específica úmida for inferior a  $2,38\text{kg/m}^3$  novo ensaio deverá ser efetuado. Se o segundo ensaio indicar compactação incompleta, deverá ser feita imediatamente uma rolagem adicional e uma nova determinação permitirá concluir se a baixa massa específica resultou de número insuficiente de passadas de rolo ou se de alteração das propriedades da massa.

No caso de ter ocorrido alteração das propriedades da massa, deverão ser efetuadas ajustagens na misturadora, tais como, aumento ou diminuição do teor de umidade.

No caso de continuar o problema e se a densidade mais baixa for resultante de rolagem insuficiente, o operador deverá ser notificado e a FISCALIZAÇÃO poderá vir a determinar a retirada do CCR precariamente compactado.

Se o mesmo operador continuar a rolar o concreto com número de passadas inferior ao exigido, poderá ser determinada sua substituição.

## 16.16- Equipamento de Compactação:

### 16.16.1- Ensaio e Verificações:

Antes de ser utilizado qualquer compactador na construção de CCR, deverão ser verificadas suas dimensões, peso e capacidade de vibração

Pelo menos uma vez em cada doze turnos, deverá ser feita uma verificação rápida da frequência de vibração

Pelo menos uma vez em cada turno de lançamento, durante os primeiros cinco dias de operação de um operador novo, será verificado seu desempenho, quanto ao número fixado de passadas, espalhamento correto, cobertura da área que estiver sendo rolada e boa prática de rolagem. A seguir, verificações isoladas deverão ser feitas para cada operador, pelo menos uma vez por semana, sendo os resultados lançados nos boletins de controle de qualidade.

#### 16.16.2- Providências Exigidas:

O equipamento compactador que não atender às exigências de dimensões físicas e pesos, deverá ser retirado da obra.

Qualquer rolo com frequência de vibração inadequada, deverá tê-la corrigida, antes de sua utilização na compactação do CCR.

Os operadores dos rolos que trafegarem em velocidades deverão ser imediatamente notificados e corrigirão sua forma inadequada de operação ou serão substituídos.

#### 16.17- Descarga e Espalhamento:

##### 16.17.1- Ensalos e Verificações:

O Encarregado de Lançamento ou outro Preposto deverá observar e controlar cuidadosamente as operações de descarga e de espalhamento, para certificar-se que estão sendo conduzidas, de forma a minimizar a segregação

Cada camada do CCR será rotineiramente notificada com relação às suas condições de espalhamento, sua uniformidade e espessura, de maneira que sejam obtidas após a compactação, camadas bem compactadas, lisas, uniformes e dentro das tolerâncias de espessuras

##### 16.17.2- Providências Exigidas:

Sempre que a verificação das espessuras do CCR não-compactado indicar excesso ou falta de material, a camada deverá ser imediatamente laminada ou ser-lhe-á adicionado material complementar, na medida das necessidades.

Sempre que a espessura ou cota exceder às tolerâncias admissíveis, a FISCALIZAÇÃO determinará, com o EMPREITEIRO, quais as providências que deverão ser tomadas, caso necessárias

#### 16.18- Preparação para o Lançamento do Concreto.

##### 16.18 1- Considerações Gerais:

As fundações, as juntas de construção, as formas e os insertos serão inspecionados pela FISCALIZAÇÃO, a tempo suficiente, antes de cada lançamento de concreto, com a finalidade de assegurar que a área esteja pronta para recebê-lo.

As formas e os painéis de faceamento deverão ser minuciosamente verificados quanto às suas condições, apoio, alinhamento e dimensões

O Encarregado de lançamento deverá ser o responsável imediato pela supervisão de todas as operações de lançamento. O Técnico de Controle de Qualidade do CCR determinará qual o tipo de massa de concreto a ser lançado em cada local. O Encarregado da Execução do Controle de Qualidade deverá ser o responsável pela medição e registro das temperaturas do concreto e do ambiente, condições climáticas, volumes lançados e método de lançamento.

O Encarregado de Lançamento não permitirá que seja iniciada a operação de lançamento antes de ter verificado que o número suficiente de rolos vibratórios e de equipamento de espalhamento, com dimensões corretas, se acham em ordem de marcha e que estejam disponíveis operadores eficientes dos diversos tipos de equipamentos.

#### 16.19- Cura, Proteção, Juntas Aparentes:

##### 16.19.1- Cura Úmida:

Pelo menos a cada quatro horas, durante 24 horas e 7 dias por semana, será feita uma inspeção em todas as áreas sujeitas à cura úmida e à proteção das juntas. As condições de umidade superficial serão observadas e anotadas

No caso em que uma área isolada foi deixada secar, ela deverá ser considerada como inadequadamente curada. O EMPREITEIRO deverá umedecer imediatamente a área e tomar providências efetivas para assegurar que o fato não volte a ocorrer.

##### 16.19.2- Proteção:

Pelo menos a cada oito horas, durante 24 horas por dia e 7 dias por semana, deverá ser conduzida a inspeção de todas as áreas sujeitas à proteção contra danos.

#### 16.20- Observações Finais

Os registros de controle da central e todos os resultados, não só os positivos como os negativos, conduzidos na obra serão coligidos diariamente pela FISCALIZAÇÃO.

As exigências especialmente feitas pela FISCALIZAÇÃO não liberam o EMPREITEIRO da obrigação de comunicar quaisquer falhas eventuais, imediatamente, como se exige nos parágrafos precedentes. Tais comunicações de falhas e das correspondentes providências corretivas, deverão ser confirmadas, por escrito, nos relatórios de rotina.

## ADENDO I

### MÉTODO PARA VERIFICAÇÃO CONJUNTA DOS RESULTADOS DAS OPERAÇÕES DE MISTURA E DE LANÇAMENTO DO CCR.

#### 1 Objetivo

##### 1.1. Preliminar:

O procedimento descrito neste anexo constitui uma alternativa aos métodos usuais e objetiva avaliar globalmente a eficiência das operações de mistura e de lançamento do CCR, motivo pelo qual prevê a tomada de amostras no próprio local de lançamento, após o espalhamento, mas antes da compactação da massa.

##### 1.2. Resultados a Serem Obtidos.

Os ensaios a serem efetuados sobre as amostras de CCR visam determinar os seguintes parâmetros

- Umidade;
- Teor de Cimento,
- Teor de Agregado Graúdo,
- Massa Específica da Argamassa, Isenta de ar

##### 1.3. Síntese do Procedimento.

Com base na comparação dos resultados de ensaios procedidos sobre três (3) amostras coletadas no decorrer de um turno completo de trabalho, avalia-se a eficiência global das operações de mistura e de lançamento do CCR no que diz respeito ao atendimento das características especificadas e à uniformidade do produto, ao longo do turno

#### 2 Aspectos Gerais:

##### 2.1. Verificação da Eficiência do Equipamento Misturador:

Os métodos correntemente empregados visam, em geral e tão somente, determinar a eficiência do misturador, tendo em vista, estimar.

- O tempo mínimo de mistura necessário para cada tipo ou traço de concreto convencional;
- A variabilidade das características de um determinado traço, após o decurso de um tempo pré-fixado de mistura.

Os processos consistem em se obter e ensaiar amostras em diferentes zonas do misturador e em comparar os resultados de ensaios das diversas amostras a fim de verificar em que medida variam entre si

## 2.2. Métodos Usuais

Os procedimentos geralmente empregados seguem a metodologia do CRD-C-55 do U.S Army Corps of Engineers ou do ASTM-C-94, Anexo A, que se resumem a seguir:

**CRD-C-55** · Baseia-se no ensaio de três (3) amostras coletadas durante a produção de um único traço (betonada) Os ensaios visam determinar a umidade, o teor de cimento, o percentual de agregado graúdo da mistura, bem como a massa específica da argamassa isenta de ar.

A maior parte dos ensaios é efetuada sobre a fração de argamassa retirada do concreto por penelamento.

**ASTM-C-94** · Baseia-se em ensaios efetuados sobre 2 (duas) amostras retiradas de um único traço da betoneira. Serve para a verificação do "slump", teor de ar, teor de agregados graúdos, peso unitário da fração da mistura que passa na peneira de 38mm, resistência à compressão aos 7 (sete) dias e massa específica da argamassa isenta de ar

Exige uma semana para que todos os resultados, inclusive o de análise química para determinação do teor de cimento, estejam disponíveis. A maior parte dos ensaios é efetuada apenas sobre uma fração da mistura global obtida por penelamento

## 2.3. Restrições ao Emprego dos Métodos Correntes

Os métodos citados da ASTM e do CDR foram desenvolvidos para emprego em misturas convencionais e servem ambos para verificar somente o grau de eficiência do misturador

A mistura dos materiais do CCR pode, no entanto ser afetada favorável ou desfavoravelmente pelas operações de transporte, manuseio ulterior e espalhamento. De um modo geral, tais operações poderiam concorrer para a maior homogeneização da mistura, podendo, porém, ocorrer o contrário, dada a eventualidade de acontecer segregação de materiais por operação inadequada.

Pode obter-se melhor representatividade do efeito global do conjunto de operações retirando-se amostras, em horas diferentes e no próprio local de lançamento, em vez de fazê-lo no misturador, em uma mesma hora e sobre o produto da misturação de um único traço

Usando-se tal sistemática, as características dos traços produzidos em diferentes momentos serão estatisticamente combinados o que permite levar em consideração o efeito da variação de "traço a traço", bem como os resultados individuais de cada traço isolado

Como consequência, se pode admitir maior variabilidade das características das diversas amostras ensaiadas com relação à variabilidade exigível, tipicamente para amostras de uma única betonada.

#### 2.4. Vantagens Adicionais do Presente Procedimento Alternativo

Uma vantagem adicional significativa da amostragem no local de lançamento em relação a que é feita no próprio misturador é que os ensaios serão efetuados sobre amostras recém-coletadas ou frescas

No método CRD-C-55 e no ASTM-C-94 são retiradas três ou duas amostras praticamente ao mesmo tempo. Dadas as limitações de equipamentos e pessoal de laboratório, as amostras subsequentes à primeira, somente podem ser ensaiadas depois de decorrido um lapso de tempo considerável, após a coleta, o que pode afetar os resultados das determinações

No caso de usinas contínuas, o presente método é mais adequado, devido a sua melhor compatibilidade com o tipo de operação. De fato, nos misturadores contínuos não se pode, a rigor, falar de um traço isolado (betonada) perfeitamente definido.

Finalmente, o processo aqui recomendado utiliza um tipo rápido de determinação química do teor de cimento, o que permite liberar os resultados completos dos ensaios, em condições normais, no início do dia seguinte ao de sua execução

### 3 Amostragem.

#### 3.1. Tempo de Misturação ou de Retenção.

Após estabelecer-se, por consenso, um tempo de misturação provisório e conservador, será processado com base nele um turno de trabalho enquanto se realizam os ensaios integrantes deste procedimento

Caso não exista nos documentos contratuais qualquer diretiva relativa a este assunto, adotar-se-á o tempo de misturação provisório de um minuto para betoneiras de até 3 (três) metros cúbicos de capacidade (usinas Intermitentes) Para betoneiras de maior capacidade, este tempo será aumentado de 20 (vinte) segundos para cada metro cúbico de concreto ou fração adicional. O tempo de misturação será contado a partir do momento em que todos os materiais componentes tiverem sido introduzidos no misturador

No caso de misturadores contínuos, o tempo provisório (inicial) de retenção será calculado com base na descarga a ser produzida, em m<sup>3</sup>/s, levando-se em consideração, os volumes básicos indicados na afínea anterior.

Após a efetivação dos ensaios, será gradualmente ajustado o tempo de mistura definitivo para cada tipo de mistura, de acordo com o indicado no item 6.2.7, destas Especificações.

### 3.2 Horário das Coletas de Amostras.

Cada uma das três amostras será coletada respectivamente no decorrer da primeira, segunda ou terceira parte de turno completo de trabalho. A primeira amostra somente poderá ser coletada depois de estar a Central em funcionamento, pelo tempo mínimo de (cinco) 5% da duração do turno de trabalho.

A segunda amostra somente será coletada quando os ensaios relativos à primeira delas estiverem praticamente concluídas de modo que se possa dar plena atenção à segunda, logo de sua chegada ao laboratório. Similarmente, a terceira amostra somente será coletada quando estiverem essencialmente concluídos os ensaios relativos à segunda.

Com exceção das etapas finais que dependem de tempo de secagem em estufa, todos os ensaios deverão estar completos dentro de 2 (duas) horas após a coleta das respectivas amostras.

### 3.3. Outros Aspectos da Amostragem

Ressalvado o disposto no primeiro parágrafo do item 3.2. precedente, as amostras serão coletadas de forma aleatória, sob a direção do Laboratorista Chefe.

As mostras serão coletadas aproximadamente no centro de uma área em que tenha sido espalhado o CCR, antes, porém, da compactação.

Caso seja impossível, por circunstâncias ligadas ao processo de lançamento e à própria situação topográfica do local de aplicação da massa, o acesso a este por parte do equipamento de amostragem, poderá ser feita a coleta no último ponto acessível, como por exemplo, no início da correia transportadora se for este o dispositivo final de transporte que precede a descarga do CCR no local de lançamento. Este método de coleta não atende integralmente aos objetivos do procedimento aqui descrito, mas será tolerado se for impossível atuar segundo o disposto no início deste parágrafo.

Cada amostra terá, aproximadamente, 0,15m<sup>3</sup>, (aproximadamente 300kg) e deverá incluir, essencialmente, todo o material espalhado na área escolhida.

para amostragem. No caso de impossibilidade de acesso à área de espalhamento, a amostra deve ser coletada de modo a evitar segregação dos materiais componentes

Um método recomendável de coleta, em condições normais de acesso, consiste no emprego de uma carregadeira frontal atuando com a ajuda de dois trabalhadores munidos de pás manuais, recolhendo-se a seguir o material em caminhonete pick-up de uma tonelada, com tração nas quatro rodas

No caso de impossibilidade de acesso à área de espalhamento, pode utilizar-se uma correia auxiliar de desvio de fluxo, localizada próxima à entrada da correia transportadora principal, tendo-se o cuidado de recolher à viatura citada, todo o material introduzido nesta última correia, durante o lapso do tempo necessário para coletar-se a quantidade de massa preestabelecida.

Durante o transporte ao laboratório, a amostra deve ser protegida com uma lona, contra efeitos de chuva, sol e ventos

Os ensaios e o eventual depósito ocasional da amostra no laboratório devem ser feitos em ambiente protegido de agentes atmosféricos e sob temperatura compreendida entre 3°C e 30°C.

#### 4 Ensaios de Umidade.

1a Etapa: Retirar aproximadamente 2l ou 30kg da mistura de concreto e determinar o peso desta amostra com precisão de  $\pm 0.05\text{kg}$ . A amostra deve ser extraída e pesada tão logo chegue o material a granel, ao laboratório. Após a pesagem distribuir o material de forma solta em diversos recipientes susceptíveis de caber na estufa. Cuidados deverão ser tomados para que não ocorra perda de material. Preferencialmente, a amostra deverá ser pesada nos próprios recipientes em que será seca.

2a Etapa: Secar a amostra até peso constante, mantendo-a solta para facilitar a secagem. A secagem inicial, de uma a seis horas, deverá ser efetuada pela simples exposição à atmosfera seca de sala fechada ou ao sol ou ainda, sob a aragem de um ventilador. Após a secagem inicial, separar o material com uma enxada ou colher de pedreiro, para certificar-se de que estar ele ainda frouxamente separado, sem indicação de hidratação em massa sólida, torrões. Secar então a amostra até peso constante, em estufa, a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . A secagem durante 2 horas em estufa, após o período inicial de secagem, normalmente é suficiente para a obtenção de umidade constante

3a. Etapa: O cálculo da umidade total é feito com a expressão:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100, \text{ na qual}$$

P = Umidade total da mistura (%);

W = Massa da amostra, antes da secagem (kg);

D = Massa da amostra, após a secagem (kg)

## 5 Ensaio de Massa Específica da Argamassa Isenta de Ar

1a Etapa: Penelrar aproximadamente, 30 litros ou 70kg da amostra de concreto compactado na peneira de 50mm. A ação de penelramento deve ser bastante vigorosa, de forma que os grumos de material pastoso, argamassa e agregados de pequenas dimensões, passem através da peneira, o que pode ser conseguido, raspando e esfregando a amostra para frente e para trás, sobre a tela, enquanto suspensa sobre um estrado ou carrinho de rodas. As partículas retidas de agregado grosso não deverão ser lavadas e estarão revestidas por uma fina película de pasta de cimento. Descartar o agregado grosso retido na peneira.

2a. Etapa. Compactar o material que passar na peneira de 50mm em um cilindro, com capacidade mínima de sete litros, do tipo de pressão, e determinar o peso da amostra compactada. A compactação deve ser feita em três camadas, compactando-se cada uma com um martetele pneumático, antes de se lançar a camada seguinte. O martetele pneumático deverá ser equivalente ao IR-SPG-30, (Ingersoll-Rand) com ponta de soca de 46mm, com seção retangular (não elíptica), podendo suas arestas serem arredondadas. Ao ser compactada a última camada do molde, um ajudante deverá, simultaneamente, adicionar material, de forma que a superfície final compactada esteja bem nivelada com o topo do cilindro. Recomenda-se utilizar um suplemento que se adapte ao cilindro, para permitir o enchimento inicial do material solto e para proteger as bordas do cilindro de quaisquer danos, durante a compactação.

3a. Etapa. Determinar o teor de ar da amostra compactada usando a norma ASTM-C-138 (Método Gravimétrico) ou a norma ASTM-C-231 (Método Volumétrico). A segunda destas normas é perfeitamente satisfatória para o caso de agregados densos, como os derivados de rochas magmáticas britadas.

4a Etapa: Lavar a amostra que foi submetida a um dos ensaios referidos na etapa anterior, através de uma peneira de 4,8mm (nº4) de modo que toda a pasta e os fins aderentes ao material retido nesta peneira sejam removidos. Lançar fora todo o material que tenha passado na peneira de 4,8mm (nº4).

Determinar a massa do agregado retido (condição saturada - superfície seca). O recurso a toalhas e a ventilador acelerará a secagem superficial do agregado, fazendo-o retornar à condição saturada com superfície seca.

5a. Etapa: Calcular a massa específica da argamassa isenta de ar, com auxílio da fórmula seguinte:

$$M = \frac{b - c}{V - \left[ \frac{V \cdot A}{100} + \frac{c}{G \cdot W} \right]}, \text{ na qual}$$

M = massa específica da argamassa isenta de ar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

b = massa da amostra de concreto, compactada dentro do cilindro preparada segundo a 2a. Etapa (kg),

c = massa do agregado (condição saturada-superfície seca) retido na peneira nº4 (kg),

V = volume do cilindro ( $\text{m}^3$ );

A = teor de ar da amostra (%);

G = densidade do agregado gráúdo;

W = massa específica da água (9,8 kPa).

#### 6 Ensaio para Determinação da Percentagem de Agregado Graúdo:

1a Etapa: Retirar 40 litros, ou aproximadamente 90 kg da amostra completa e determinar, com precisão, a massa resultante. Lavar a amostra para remover todo o material que passar pela peneira nº4 (4,8mm), inclusive todas as películas que envolvam os agregados grossos. Para facilitar a operação de lavagem, a amostra pesada deverá ser lavada em parcelas de mais ou menos 10 a 15 kg cada uma, e uma série de peneiras deve ser usada acima da de nº4 (4,8mm), para evitar sobrecarga. Descartar tudo o que passar pela peneira nº4 e conservar o que ficar retido da mesma.

2a. Etapa: Secar todo o material lavado retido na peneira nº4, até que seja atingida a condição de agregado saturado/superfície seca e pesar. O uso de toalha ou de ventilador poderá ajudar a realizar a secagem superficial do agregado.

3a Etapa: Calcular a percentagem de agregado grosso em relação à massa da mistura total pela expressão:

$$C = \frac{w}{W} \times 100, \text{ na qual.}$$

C = percentagem de agregado gráúdo (%);

W = massa da amostra total, tomada para peneiramento (kg);

w = massa da porção de agregado retirada na peneira nº4, nas condições do ensaio (saturado-superfície seca) (kg)

## 7 Ensaio para Determinação do Teor de Cimento

### 7.1. Considerações Iniciais.

O teor de cimento deverá ser determinado sobre a amostra da mistura integral do CCR, utilizando o analisador de cálcio e o tanque de suspensão (Máquina de lavar), do "Monitor de Qualidade do Concreto" (CGM)

O CGM e seu emprego em concreto convencional estão descritos na publicação TR-M-293, de maio de 1981, sob o título "CORPS OF ENGINEERS CONCRETE QUALITY MONITOR-OPERATIO GUIDE". Tal publicação acha-se disponível no "U.S. ARMY CORPS OF ENGINEER-Engineer Research Laboratory, Champaign- ILLINOIS".

As modificações introduzidas para a utilização com o concreto compactado, incluem a adição de CALGON à água de lavagem, o emprego de amostras de maiores proporções e a introdução de maior número de peneiras, a fim de facilitar a operação de lavagem. Devem ser adotados cuidados especiais e um esforço adicional é normalmente exigido quando se usa o concreto compactado em comparação com o concreto convencional, em decorrência dos valores tipicamente mais baixos dos teores de cimento e dos teores mais altos de finos.

### 7.2 Ensaio

1a.Etapa: Encher o tanque de suspensão com água da torneira, até a marca de 37,8 litros (10 galões), existente ao lado do tanque

2a Etapa:Colocar um conjunto de peneiras de aço inoxidável, acima do tanque, na seguinte ordem:#3/4(19mm)- #nº4, -#nº30, -#nº50 e # nº 100) O conjunto de peneiras pode ser modificado para melhor atender à granulometria do concreto compactado e para facilitar a lavagem. No entanto, a peneira inferior deve ser a de nº100

3a Etapa: Ligar a bomba de recirculação do tanque de suspensão e adicionar à água, 250g do redutor de dureza. A mangueira de recirculação da água deverá ficar sempre acima das peneiras e não deve ser perdido qualquer volume de água. Se a mangueira afastar-se do topo das peneiras ou se a água vier a ser bombeada para fora do tanque de suspensão, o ensaio deverá ser reiniciado

4a Etapa.Preparar aproximadamente, 4kg da amostra global do concreto compactado e colocá-la em um ou mais tubos de polietileno de ponta aberta. Especial atenção deve ser dada a fim de obter-se amostras representativas, especialmente quando contiverem agregados com diâmetro acima de 38mm. Determinar, com precisão, o peso da amostra total

5a Etapa: Transferir a amostra para o conjunto de peneiras sobre o tanque de suspensão, tomando cuidado para não sobrecarregar as peneiras ou restringir o fluxo da água através delas. Dependendo da granulometria da mistura e do teor de finos,

pode ser vantajoso lavar perto de 2 kg da amostra, de cada vez. Lavar com cuidado o agregado, usando a água de recirculação. Poderá ser necessário esfregar ou raspar as partículas de agregado, com uma escova de cerdas metálicas finas, para remover todo o cimento e todos os finos que estiverem aderidos. Após ter sido lavado todo o material retido na peneira superior, o material e a peneira poderão ser removidos de forma que a lavagem possa prosseguir com o material retido na peneira seguinte, e assim por diante. Cuidado especial deve ser tomado para enxaguar totalmente os agregados mais finos que não puderem ser escovados individualmente, esfregando-os sobre a tela.

6a Etapa: Retirar uma amostra da água recirculada do tanque de suspensão. Com a bomba em funcionamento, introduzir uma colher para agitar vigorosamente a solução de 37,8 litros (10 galões). Extrair, imediatamente, uma amostra da solução com uma seringa-pipeta de 30ml. Colocar o material retirado em um frasco de Erlenmeyer de 500ml. Encher a seringa-pipeta com ácido nítrico a 5% e descarregá-la no frasco de Erlenmeyer. Durante a descarga do ácido, agitar o frasco de vez em quando, para certificar-se de que todo o cimento decantado, enquanto a amostra era lavada, foi dissolvido e lavado juntamente com o ácido. Utilizar um frasco volumétrico para adicionar 250ml de água da torneira, ao frasco de Erlenmeyer.

7a. Etapa: Introduzir uma vareta vibratória magnética no frasco de Erlenmeyer e colocá-lo sobre um agitador magnético. Ligar o motor do agitador durante tempo mínimo de três minutos antes de retirar a primeira amostra do frasco, para análise. Continuar agitando até que a última amostra tenha sido retirada do frasco.

8a. Etapa. Ligar o analisador de cálcio.

9a. Etapa: (Esta etapa é exigida cada vez que a cuba do analisador de cálcio for enchida com a nova solução de hidróxido de potássio. Um único enchimento da cuba é suficiente para 10 a 15 leituras). Encher a cuba, até a marca indicada, com solução 1,0 Normal de hidróxido de potássio e 100 microlitros (Eppendorf) de reagente de calceína reconstituída. Colocar a cuba do analisador; adicionar 100 microlitros (Eppendorf) de solução padrão de cálcio e apertar o botão de titulação, a fim de condicionar a cuba para análise.

10a. Etapa. Começar a análise colocando a chave "m-Eg/mg%" na posição "mg%" e adicionar à cuba, 100 microlitros (Eppendorf) da solução padrão de cálcio. Apertar o botão de titulação. Registrar o resultado, e repetir o ensaio, adicionando-se outras amostras de 100 microlitros da solução padrão de cálcio. Continuar repetindo até que resultados consecutivos se afastem menos de 15%. Ensaiar uma amostra adicional de 100 microlitros da solução padrão de cálcio, para certificar-se de que o valor lido é de  $10 \pm 0,10$  mg%.

11a Etapa: Determinar a resistência da solução de cimento no frasco de Erlenmeyer, analisando uma amostra de 20 microlitros no analisador de cálcio. Repetir adicionando mais amostras de 20 microlitros do frasco de Erlenmeyer, até que os valores se desviem de menos de 1,5%. Se as leituras do analisador são inferiores a 5, a



dimensão da amostra e a base para a calibragem podem ser aumentadas para amostras de 100 microlitros

12a Etapa. Determinar o teor de cimento entrando no gráfico de calibração, com a leitura estabilizada do analisador. Se a dimensão da amostra, aproximadamente de 4 kg, for diferente daquela que serviu para a elaboração do gráfico de calibração, as leituras deverão ser ajustadas proporcionalmente, para correção da diferença

13a Etapa: (Este procedimento será necessário antes da execução de ensaios de produção) Estabelecer um gráfico de calibração, indicando o teor de cimento, em  $\text{kg}/\text{m}^3$  em função da leitura do analisador. Isto se obtém, preparando pequenos traços de concreto compactado, totalmente elaborados no laboratório, utilizando ingredientes cuidadosamente pesados e teores variáveis de cimento. Os pontos são plotados e uma linha reta é traçada no gráfico. A dimensão do traço não deve ser inferior a 70 litros, misturado em uma betoneira com capacidade mínima de 80 litros. Umedecer a betoneira antes da mistura, pré-misturando os materiais pesados (exceto água), com uma pá, em piso duro, antes de lança-los na betoneira. Adicionar água de forma intermitente, aos materiais secos, enquanto a betoneira gira.

Utilizar as sobras da água para enxaguar a parte interna das pás da betoneira, com esta, em movimento. Após terem sido adicionados todos ingredientes, deixar a betoneira virando por três minutos, ao menor ângulo possível do tambor, de maneira a não permitir o vazamento do traço. Descansar por três minutos e raspar as superfícies internas do tambor e das pás. Tornar a misturar por mais dois minutos e descarregar em piso duro umedecido. Raspar todos os materiais de dentro do tambor e tornar a misturá-los no piso e com a pá. Retirar uma amostra representativa para os devidos ensaios de laboratório.

CONCRETO COMPACTADO  
PROGRAMA DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

1.0 APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por finalidade apresentar a programação de ensaios de laboratório a ser executada no canteiro de obras da Barragem Batente, no Município de Morada Nova/Ocara, objetivando a caracterização dos materiais constituintes do concreto compactado e a obtenção dos dados preliminares para definição dos traços do mesmo de modo a serem aplicados na construção do sangradouro da Barragem

Esta programação foi elaborada incluindo as diretrizes estabelecidas em Barragens já construídas notadamente Saco de Nova Olinda e Várzea Grande, PB, bem como na Barragem de Canoas, Ce

## 2.0 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Neste capítulo são relacionados os ensaios programados para os diversos materiais que constituirão o concreto compactado.

### 2.1 AREIA NATURAL

A areia será extraída do leito do rio.

Os ensaios são :

- . Granulometria
- . Material passando na peneira n° 200
- Massa específica
- . Absorção
- Módulo de finura

Deverão ser realizados no mínimo 10 (dez) amostragens para o conjunto de ensaios supra relacionado.

### 2.2 SILTE

O silte que comporá o concreto deverá ser objeto de pesquisas procurando-se detectar ocorrências próximas ao local da obra.

O volume de silte será função dos finos obtidos na britagem da rocha e devem ser analisados notadamente quanto aos limites de consistência (L.L e I.P). Os ensaios previstos para os mesmos são:

- . Granulometria por sedimentação
- . Massa específica
- . Limites de consistência
- Absorção
- Análise da fração de argila

### 2.3 AGREGADO GRAÚDO

A caracterização do agregado graúdo será feita a partir da rocha britada e consistirá de :

Descrição visual e táctil da qualidade da rocha a ser britada;  
 Ensaio de britagem para determinação da curva de britagem do material.  
 Para este ensaio, deverá levar-se em conta que os materiais que comporão os agregados serão divididos em duas pilhas de estoques, a saber:

- 1ª Pilha : de 75 mm a 25 mm
- 2ª Pilha : igual ou menor que 25 mm

Deverão ser procedidos os seguintes ensaios:

- Material passando na peneira nº 200
- . Massa específica
- . Absorção
- . Reatividade potencial dos agregados pelo método químico

### 3 DOSAGENS EXPERIMENTAIS

#### 3.1 TRAÇOS DO CONCRETO COMPACTADO

Para possibilitar o ajuste do concreto na obra, deverão ser ajustados os traços fornecidos pelo projeto e de acordo com a Consultoria.

##### Observações

a) Caso a granulometria da areia se revele deficiente de modo a fornecer percentual que possibilite a otimização de seu teor dentro do traço deverão ser realizadas dosagens com silte e/ou pó de pedra a fim de conseguir as características exigidas em projeto.

b) Após a caracterização do silte se poderá definir o teor que será adicionado aos traços de concreto

c) O agregado graúdo menor ou igual a 25 mm poderá ser substituído por cascalho com uma mesma faixa granulométrica daquela do agregado e os traços acima deverão ser repetidos.

d) O programa de ensaios deverá ser iniciado pela determinação das curvas granulométricas da areia e do silte

e) Após obtidas as curvas citadas no item anterior, serão executadas curvas granulométricas dos traços especificados para as dosagens experimentais

f) Com as curvas obtidas descritas no item anterior, será definida a curva denominada "TARGET" com base nos ensaios experimentais de laboratório a partir da qual se definirá a faixa granulométrica do concreto compactado a ser utilizado no sangradouro.

g) A quantidade d'água por  $m^3$  de concreto, estimada como sendo da ordem de  $10 \text{ Kg}/m^3$  deverá ser otimizada para cada traço, anotando-se o teor adicionado ou subtraído até atingir a trabalhabilidade requerida.

h) O programa de ensaios só deverá ser efetivamente iniciado após a comparação com a faixa granulométrica especificada com base nos experimentos de laboratório procurando-se traçar a curva denominada "TARGET".

#### 3.2- ENSAIOS A SEREM EXECUTADOS NO CONCRETO COMPACTADO

### 3.2.1- No estado de concreto fresco

Serão executados somente os ensaios para determinação de densidade (peso unitário)

### 3.2.2 No estado de concreto endurecido

Para o concreto endurecido estão previstos os seguintes serviços e estudos:

a) Moldagem dos corpos de prova para ruptura à compressão simples, dois a dois, nas idades de 3, 7, 14, 28, 56, 90 e 180 dias em cilindros de dimensões  $\phi 5 \times 30$  cm, com material passando na peneira de 38 mm

b) Determinação do módulo de elasticidade mecânico a partir dos corpos de prova que deverão ser rompidos à compressão simples

c) Ensaio de tração pela compressão diametral, dois a dois nas idades de 3, 7, 14, 28, 56, 90, 180 dias, em corpos de prova de dimensões  $\phi 5 \times 30$  cm com material passando na peneira de 38 mm

## PROGRAMA DE ENSAIOS DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO(CCR)

### 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A presente Especificação Técnica, tem como principal objetivo a elaboração de um Programa para se estabelecer detalhes mais atualizados da tecnologia de Concreto Compactado a Rolo, CCR, para a construção do sangradouro da barragem Batente.

Estão contidas informações necessárias à execução das dosagens experimentais, de forma a melhor dirigir os trabalhos de laboratório que será responsável pela caracterização inicial dos materiais constituintes do CCR, bem como da determinação dos traços de referência que serão inicialmente usados na obra.

Apresentam-se, ainda, os ensaios a serem realizados, tipos de equipamentos e materiais envolvidos, programa de ensaios e previsão dos quantitativos necessários de materiais.

### 2 MÉTODO DE DOSAGEM

#### 2.1 Objetivo

A obtenção de misturas de concreto, com a finalidade de serem aplicadas em grandes blocos, e em geral conseguida usando-se basicamente, o menor consumo de cimento, minimizando-se assim, possíveis e indesejáveis tensões de origem térmica

#### 2.2 Diretrizes

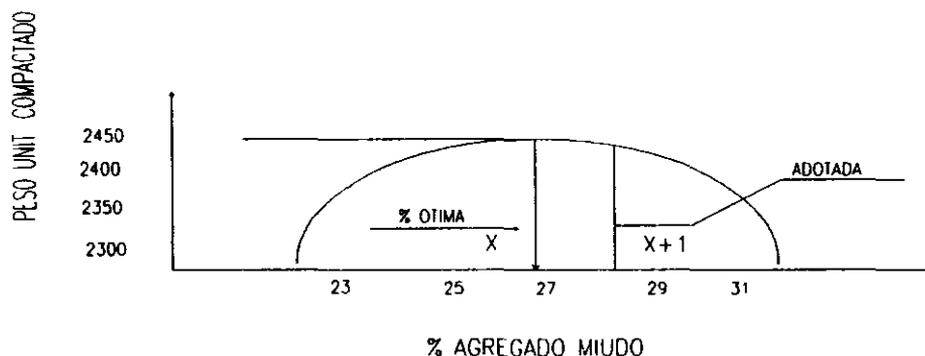
O método de dosagem aplicado foi baseado no manual "SP-46-6-Mixture Proportioning for Mass Concrete" do American Concrete Institute (ACI) complementado por informações técnicas obtidas pelos laboratórios de concreto das barragens de Itaipu Binacional, Nova Olinda, Pb e Várzea Grande, Pb e Canoas, Ce

#### 2.3 Consistência do Concreto Compactado a Rolo (CCR).

O CCR é de consistência seca, não mensurável no cone de Abrams (Slump Test)

Por este motivo, a determinação do teor ótimo da percentagem de areia em relação ao volume de agregado total não pode ser obtida através desta forma convencional (Slump)

Assim sendo, deve ser adotado um ensaio de compactação, variando-se a porcentagem de areia, calculando-se o peso unitário da mistura fresca para cada caso, e, traçando-se um gráfico, como o apresentado a seguir, como exemplo



A porcentagem ÓTIMA de agregado miúdo é aquela que produz no ensaio de compactação um peso unitário máximo

A esta porcentagem ótima, acrescenta-se mais 1%, de modo a serem absorvidas possíveis variações dos materiais constituintes do concreto durante a fase de produção

Para o ensaio de compactação deve ser usado um compactador mecânico manual (perereca), sendo o concreto introduzido numa forma metálica cilíndrica ( $\Phi = 45 \text{ cm}$ ) e capacidade volumétrica de cerca de 80 litros), compactado em três camadas, durante 60 segundos cada, sendo pesado imediatamente a seguir. Caso não se disponha deste equipamento, poderá ser usado um outro equivalente, desde que se observe o valor da massa unitária de projeto.

#### 2.4 Determinação da água de Amassamento:

Duas alternativas são apresentadas para a determinação da água de amassamento:

##### 2.4.1 Através do Efeito de Remoldagem.

Este ensaio consiste em se preencher um molde cilíndrico ( $\Phi = 20 \text{ cm}$ ) e capacidade volumétrica de cerca de 10 litros com concreto peneirado na malha de 38mm, rasá-lo sem qualquer adensamento, ajustando um disco metálico de cerca de 23 kg sobre a superfície livre do molde, assentar sobre uma mesa vibratória, ligando-a por 45 segundos

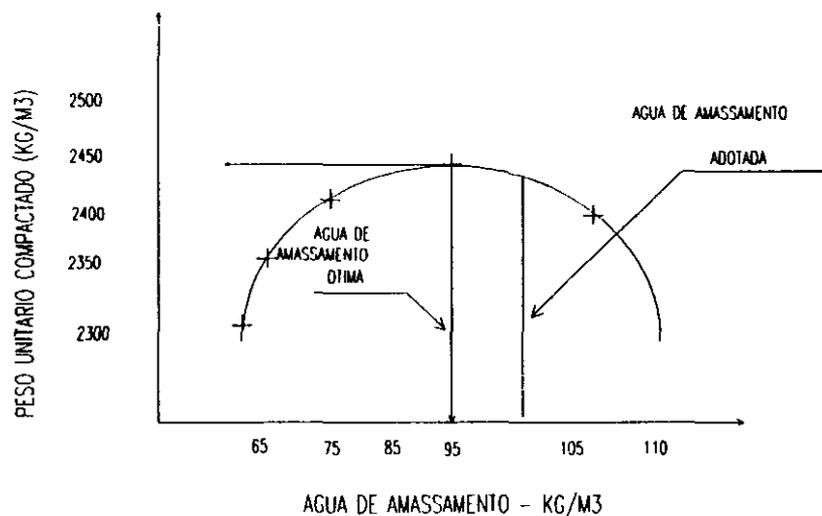
A quantidade ideal de água é aquela que, ao se retirar o peso no final dos 45 segundos de vibração, indicar uma "remoldagem" da superfície,

argamassando, sem no entanto apresentar exudação, tal como o "efeito parede" produzido pelo concreto junto a formas

#### 2.4.2. Através do Peso Unitário do CCR.

Uma vez caracterizada a porcentagem ÓTIMA de agregado miúdo, mantendo sua proporção fixa na mistura e fazendo-se variar o teor de água de amassamento por  $m^3$  de concreto

Usando a rotina apresentada em 2.3, o seguinte gráfico deverá ser traçado, como exemplo:



A água unitária ótima, acrescenta-se mais cerca de 4 kg/m<sup>3</sup> (ou 4 litros/m<sup>3</sup>) de maneira a compensar as variações instantâneas de umidade livre dos agregados durante a fase de produção

#### 2.5. Composição Granulométrica de Agregados

O ideal seria que os agregados miúdos (areia natural composta ou não com areia artificial) e os agregados graúdos apresentassem as seguintes faixas granulométricas.

Peneiras de Malhas Quadradas em Peso Abertura Nominal		Percentagem Retida Acumulada			
mm	Pol. ou Nº	Agregado miúdo	Brita 1 4,8-19,1mm	Brita 2 19,1-38mm	Brita 3 38-76mm
102	4				0
76	3				0 - 10
51	2			0	40 - 75
38	1 ½			0 - 10	85 - 100
25,4	1		0	55 - 80	92 - 100
19,1	3/4		0 - 10	90 - 100	95 - 100
9,5	3/8	0	45 - 80	95 - 100	100
4,8	Nº 4	0 - 5	90 - 100	100	100
2,4	Nº 8	0 - 20	95 - 100	100	100
1,2	Nº 16	15 - 50	100	100	100
0,6	Nº 30	40 - 75	100	100	100
0,3	Nº 60	70 - 90	100	100	100
0,15	Nº 100	90 - 100	100	100	100
Módulo de Finura		2,15-3,40	6,30-6,90	7,85-8,10	8,80-9,10

### 2.5.1. Composição Interna do Agregado Miúdo:

No caso de se utilizar areia natural composta com areia artificial com o objetivo de aproveitamento económico ou de enquadramento de granulometria com faixas especificadas, fazê-la de maneira a garantir maior presença percentual da areia natural (entre 50 e 70%) de modo a não prejudicar a trabalhabilidade necessária à compactação.

### 2.5.2 Composição Interna do Agregado Graúdo

No caso particular do CCR, não é necessário procurar composição de frações britadas que conduzam a granulometrias fechadas, tal como preconizadas por Bolomey ou Talbot-Richard

A prática do concreto compactado a rolo tem mostrado que o rolo compactador tem ótimo desempenho mesmo que a granulometria seja descontínua. Esta, inclusive, considera a questão mais importante resolvida pela tecnologia do CCR: maiores chances de se aproveitar materiais britados ou subprodutos que poderiam ser rejeitados, o que via de regra acontece, se a obra fosse executada em concreto convencional

### 2.6 - Composição Granulométrica da Mistura

A faixa granulométrica da mistura do CCR deve ficar dentro dos limites da granulometria mostrada no Quadro seguinte, e, que apresente a mesma forma gráfica básica. No entanto, não será permitido que a curva granulométrica da mistura CCR - PASTA varie das proximidades do teor máximo que passa em uma peneira e vá muito próximo do teor máximo que passa em uma peneira seguinte, ou vice-versa.

PENEIRA		% PASSANDO
AMERICANA	MÉTRICA	
4"	100mm	100
3"	76,2mm	98 - 100
2"	50,8mm	86 - 96
1 1/2"	38,1mm	73 - 93
1"	25,4mm	58 - 75
3/4"	19,1mm	49 - 69
3/8"	9,5mm	38 - 56
Nº 4	4,8mm	30 - 47
Nº 8	2,4mm	23 - 40
Nº16	1,2mm	18 - 33
Nº40	0,6mm	14 - 25
Nº50	0,3mm	10 - 20
Nº100	0,15mm	6 - 15
Nº200	0,075mm	3 - 10

### 3 PROGRAMA DE ENSAIOS:

O programa de ensaios desenvolvido e apresentado em anexo tem por finalidade estabelecer as dosagens a serem adotadas no CCR, para execução do projeto.

Apresenta, ainda, os tipos de ensaios a serem realizados com os respectivos quantitativos, os equipamentos e acessórios envolvidos.

Os consumos de aglomerante foram escolhidos de maneira a abranger a gama de resistências características ( $f_{ck}$ ) especificadas.

Os traços propostos são resultantes de considerações analíticas elaboradas para arelas naturais em situações similares anteriores.

As quantidades indicadas nas tabelas são meras sugestões e devem ser ajustadas para a condição ideal.

#### 4 PREVISÃO DE MATERIAIS

A previsão de materiais apresentada a seguir foi elaborada para um programa de ensaios a ser desenvolvido.

No caso da moldagem de 10 traços (com e sem adição de material siltoso) as quantidades indicadas deverão ser dobradas, à exceção da quantidade de silte.

Os valores estão apresentados majorados de 50%, prevendo-se as repetições e ajustes necessários no decorrer do estudo :

Material	Quantidade
Cimento	200 (4 sacos)
Material siltoso	600 (0,5m )
Areia Natural	1 200 (1,0m )
Areia Artificial	600 (0,5m )
Brita 1	500 (0,5m )
Brita 2	1.000 (1,0m )
Brita 3	1.000 (1,0m )
Brita corrida	1.500 (1,5m )

5 - PROGRAMA DE ENSAIO  
CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

5.1 - Objetivo.

Este Programa tem por objetivo ajustar, mediante dosagens experimentais, os traços de referência do CCR, para a construção do sangradouro.

5.2 - Materials.

5.2.1. Cimento

De preferência, usar qualquer uma das marcas apresentadas a seguir:

Marca	Tipo	Grupo Fornecedor
Poty	CP-320	Votorantim Sobral-Ce
Zebu	CP-320	Barbalha-Ce

5.2.2. Água:

De uso corrente em laboratório e concreto

5.2.3. Areia Natural

Proveniente do leito do rio

5.2.4. Agregado Graúdo:

Proveniente das rochas de gnaiss obtidas nos desmontes efetuados no local da obra, nas frações denominadas

Brita 1 -  $\Phi$  máx. 19mm

Brita 2 -  $\Phi$  máx. 38mm

Brita 3 -  $\Phi$  máx. 76mm

Brita -  $\Phi$  máx. 76mm

Recomenda-se que as frações britadas estejam o mais próximo possível dentro dos limites apresentados nas Especificações Técnicas.

### 5.2.5. Ensaio de Caracterização.

Todos os materiais constantes neste item deverão ser caracterizados através dos seguintes ensaios:

#### 5.2.5.1. Cimentos:

- Propriedades Físicas (MB-1):
- Porcentagem retida na peneira 200
- Massa específica
- Finura Blaine
- Tempo de pega
- Resistência à compressão
- Propriedades Químicas:
- Determinação dos seguintes teores:
  - SiO
  - CaO total
  - CaO livre
  - Al<sub>2</sub>O
  - Fe<sub>2</sub>O
  - RI (Resíduo Insolúvel)
  - PF (Perda ao Fogo)
  - So
  - MgO

Não é necessária a determinação dos álcalis.

#### 5.2.5.2. Agregados.

- Granulometria
- Massa Específica real na condição de saturada superficialmente seca.
- Peso unitário solto
- Absorção percentual

### 5.3 Equipamentos a serem Utilizados:

#### 5.3.1. Moldes.

##### 5.3.1.1. Para Moldagem de Corpos de Prova:

Devem ser providenciadas 4 formas cilíndricas de 25cm de  $\Phi$  e 50cm de altura para moldagem do concreto CCR, integral, e 50 formas convencionais medindo  $(\Phi 15 \times 30 \text{cm})$ , que deverão ser reforçadas para receber o efeito de adensamento do compactador mecânico

5.3.1.2. Para o Peso Unitário Compactado:

Cilindro de aço preto, de preferência sem costura, de diâmetro 4 cm, aproximadamente, e capacidade volumétrica de cerca de 80 litros, provido de alças para transporte.

A chapa de aço do molde não poderá ter espessura inferior a 3/8", de forma a garantir sua indeformabilidade sob ação do compactador

Medir a tara e volume do recipiente.

5.3.1.3. Para o Ensaio de Remoldagem:

Cilindro de aço preto, de 20 cm de diâmetro (aproximado) e capacidade volumétrica de cerca de 10 litros, provido de alças para transporte.

Deverá ser um disco de metal com diâmetro ligeiramente inferior a 20cm (pode ser 19cm) de peso aproximado igual a 23 kg

5.3.2. Mesa Vibratória:

O excêntrico do conjunto vibratório de peneiras para ensaios de granulometria dos agregados graúdos pode ser adaptado como mesa vibratória (da EMIC ou ROTEST, por exemplo)

Para ensaios de compactação de solos, é usada uma mesa vibratória (parecida com a de VEBE para concreto) que também pode ser dentada.

5.3.3 Peneiras:

A série normal da ABNT, da peneira nº100 à peneira de 4", inclusive as peneiras intermediárias de 2", 1", e 1/2"

5.3.4 Adensador Manual.

Compactador manual mecânico, tipo perereca. Normalmente, trabalha à base de ar comprimido

5.3.5. Cronômetro

5.3.6 Câmara úmida:

De temperatura controlada, assegurando uma umidade relativa mínima de 80%



Imediatamente à betonada, deverá ser feita uma homogeneização do concreto com o auxílio de pás, quando então enche-se o molde em três camadas aproximadamente iguais.

A compactação de cada camada deverá ser feita em 60 segundos.

Rasa-se o molde, limpando-o externamente e registra-se o peso do conteúdo (M) em Kg

23

$$PU = \frac{M}{V} \times 1\,000, \text{ expresso em kg/m}^3,$$

onde V = capacidade volumétrica do molde, em litros

#### 5.4.4. Temperatura do Concreto Fresco.

Registrar a temperatura do concreto fresco com aproximação de 0,5°C, imediatamente após o tempo de mistura do traço.

#### 5.4.5. Moldagem dos Corpos de Prova:

Os corpos de prova serão adensados com o compactador pneumático manual em três camadas, por um período de 60 segundos cada.

Para cada traço ajustado serão moldados 6 (seis) corpos de prova

#### 5.4.6. Desmoldagem dos Corpos de Prova:

Em virtude da baixa resistência do CCR nas primeiras idades, recomenda-se não desmoldar os corpos de prova, antes do tempo decorrido mínimo de 72 horas

#### 5.4.7. Cura:

A cura deverá ser muito cuidadosa, em ambiente fechado (câmara úmida), ou em ambiente que se garanta uma umidade relativa do ar, mínima, de 80%.

#### 5.4.8. Idades de Ruptura:

Para cada traço de concreto compactado, deverão ser moldados 6 (seis) corpos de prova para ruptura, nas idades de 07, 28 e 90 dias sendo dois corpos de prova para cada idade



2.5.2 - Plastificante - Retardador:

-Plastiment RD, da Sika S A , ou similar

2 5.3 - Incorporador de Ar

- Sika-Aer, da SIK A S/A, ou
- Cemix-Air, da VEDACIT

3 - EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS

Para a execução das dosagens e ensaios que serão realizados no âmbito deste programa, será necessário contar com os seguintes equipamentos e materiais:

ITEM	QUANT.	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	REFERÊNCIA
01	01	Estufa para secagem de amostras, com temperatura máxima de 200°C, elétrica, munida de termostato, com regulagem automática de temperatura entre 105 e 110° C, com dimensões internas de 60x50x50 cm e com prateleiras reguláveis em 3 (três) posições, de 1210V/220V	C-4010-B
02	02	Termômetros de mercúrio gravado até 250°C, com divisões de 1°C	C-4017-D
03	01	Balança de 2 (dois) pratos suspensos, carga máxima de 200g, sensibilidade de 0,001g, em caixa envidraçada, Modelo 506	C-4007
04	01	Balança com dupla escala, capacidade de 21 100g, sensível a 1,0g, com dispositivo de pesagem hidrostática, inclusive com o jogo de pesos e o cesto	C-4057
05	01	Balança com triplice escala, capacidade de até 2 110g, sensível a 0,1g	C-4006
06	01	Balança de plataforma de pesagem até 250 kg (mínimo), com subdivisões de 50g, no máximo	-
07	01	Pinça com formato de tesoura, metálica	C-4014
08	01	Fogareiro a gás, com 4 bocas, no mínimo	-
09	02	Bujão de gás	-
10	01	Série Normal de peneira, de malha quadrada, completa, inclusive com fundo e as peneiras intermediárias de 12,5, 25 e 50 mm	-
11	01	Peneira de malha quadrada de 38 mm, nas dimensões de 50X50cm	-

12	01	Peneira de malha quadrada de 4,8mm, nas dimensões de 50x50cm	-
13	01	Frasco de Chapmann, com capacidade de 500 ml	C-4033-A
14	01	Frasco de Le Chatelier, com capacidade de 500 ml	C-4033-A
15	01	Frasco de Erlenmeyer de 100 ml, graduado	C-4033-A
16	04	Picnômetros de vidro, com capacidade de 500 ml, com rolha tipo Gay-Lussac	C-4021
17	01	Série de peneiras para determinação do Índice de Forma dos agregados	-
18	48	Moldes para moldagem de corpos de prova de concreto convencional e CCR, de 15x30cm, com bases e acessórios	C-3002
19	06	Moldes para determinação de massa específica unitária e resistência do CCR, com dimensões de 25x50cm, inclusive com fundo e acessórios com chapa de aço de 1/8 "	-
20	18	Moldes para moldagem de corpos de prova de argamassa, de 5x10cm, com base rosqueada, inclusive com haste para socamento	C-3003
21	01	Molde para capeamento de corpos de prova de concreto, de 15x30cm	C-3005
22	01	Molde para capeamento de corpos de prova de concreto, de 5x10cm	C-3005-A
23	02	Haste de socamento de aço, reta e lisa, com 60mm de comprimento e 16mm de diâmetro	C-3002-A
24	01	Molde de aço, com diâmetro interno de 350 mm e altura interna de 312 mm, com fundo de chapa de 5,0mm e paredes de 3,0mm, inclusive alça, para determinação da massa unitária dos agregados e da mistura do CCR, no estado compactado, seco	-
25	01	Prensa manual hidráulica ou elétrica, com 2 (dois) manômetros, com capacidade de 120/40 toneladas, com subdivisões, o mais sensível possível, para rompimento de corpos de prova de concreto convencional, CCR e de argamassa, inclusive com os opcionais, para determinação da resistência a tração na flexão, de corpos de prova prismáticos de 15x15x75 cm e da resistência a tração simples, por compressão diametral, de corpos de prova de 15x30cm	-
26	02	Conjunto para "slump-test", composto de cone	C-3006

		de 4"x 8"x 12" de altura, em chapa de 1/8", haste socadora lisa, com 5/8"x 600mm; base de 500x500 mm, de aço, chapa de 1/8" e funil para determinação da consistência dos concretos convencionais	
27	01	Aparelho medidor de ar incorporado ao concreto, com os seguintes acessórios: haste socadora de 600 x 16mm; proveta de plástico transparente de 100 ml, graduada, seringa de borracha; régua de aço de 300 mm e 2 conexões de cobre	C-3028
28	01	Cronômetro com capacidade de 60 min, sensibilidade de 1/5 de segundo	C-4018-A
29	01	Relógio de alarme de 60, sensibilidade de 1'	C-4020
30	01	Aparelho de Vicat, com agulha, sonda de Tetmajer, e molde de 80x40mm, para determinação da consistência da pasta de cimento	C-3004
31	01	Penetrômetro de agulha de Proctor, para o ensaio de tempo de pega do concreto	-
32	01	Paquímetro de precisão, curso máximo de 304.8mm (12") e sensibilidade de 1/20 mm	C-4019-C
33	01	Betoneira com capacidade aproximada de 350 litros	-
34	01	Adensador manual (perereca), de peso aproximado de 25 kg, com o mínimo de 500 impactos por minuto	-
35	01	Compressor para acionar o adensador manual, de aproximadamente 110 HP	-
36	01	Mesa vibratória de 2000x1000mm, com motor de 3HP	-
37	05	Termopares para o controle da variação de temperatura no maciço de RCC	-
38	02	Colher própria para concreto	C-3014
39	02	Colher de pedreiro, de 8	C-4084
40	02	Espátulas de aço inoxidável, com lâmina flexível de 20 x 2,5 cm	C-1032-B
41	01	Escova para limpeza de peneiras, com fios de bronze ou nylon	C-1019
42	02	Escovas para limpeza de formas de corpos de prova de concreto, com fios de aço	C-3017
43	01	Escova cilíndrica para limpeza de provetas	C-1046
44	02	Provetas graduadas de plástico ou vidro, com capacidade de 1000 ml	-
45	02	Provetas graduadas de plástico ou vidro, com	

		capacidade de 500 ml	
46	02	Provetas graduadas de plástico ou vidro, com capacidade de 100 ml	
47	02	Provetas graduadas de plástico ou vidro, com capacidade de 25 ml	-
48	01	Pipeta graduada de 200 ml, com divisões de 1/10	C-4025-A
49	10	Bandejas de 50x40x6cm, em chapa de zinco ou similar, para preparação da amostra	-
50	03	Baldes de chapa galvanizada ou plástico, com capacidade de 15 litros, graduados	-
51	-	Óleo de linhaça	-
52	-	Parafina	-
53	-	Enxofre	-
54	01	Equipamento para ensaio químico de permaganometria, para verificação do teor de cimento na mistura de CCR	-
55	01	Compressômetro-expansômetro para a determinação do Módulo de Elasticidade e do Módulo de Poisson do concreto convencional e CCR, na compressão axial de corpos de prova de 15x30cm, inclusive acessórios	C-3038
56	01	Permeâmetro para concreto, conforme especificações do U.S. Bureau of Reclamation, para determinação da permeabilidade de corpos de prova com 8", 10" e 18" de altura	C-3026
57		Permeablímetro de Blaine, completo	C-4042
58	01	Sismógrafo, dotado com geofones, para determinação da massa específica unitária úmida, de campo, do concreto compactado do maciço, através do método da sísmica de refração, com os complementos devidos	-

4 - MISTURAS A SEREM ESTUDADAS:

4 1 - CONCRETO CONVENCIONAL

Traço	$\Phi_{max}$	fck/Idade	Slump	Local de Uso	Observações
Nº	(mm)	MPa/Dias	(cm)		
C01/95	38	18/90	10±1	Face de Montante	Com superplastificante + Incorp. de ar
C02/95	50	18/90	10±1	Face de Montante	Com superplastificante + Incorp. de ar
C03/95	19	10/90	10±1	Bedding-Mix	Com retardador de pega
C04/95	25	10/90	10±1	Bedding-Mix	Com retardador de pega
C06/95	76	7,5/90	0,6±1	Regularização	-----

4 2 - CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR)

4 2 1 - Sem pozolana

Traço	$\Phi_{max}$	Teor de Cimento	Água Unit.	fck/Idade	Observações
Nº	(mm)	(kg/m3)	(kg/m3)	MPa/dias	
C07/95	*	60	95	7,5	
C08/95	*	80	100	7,5	**
C09/75	*	100	105	7,5	

\* - Bica corrida

\*\* - A composição dos agregados miúdos e graúdos será fixada à partir das granulometrias contidas nestas Especificações Técnicas

4.2.2 - Com pozolana.

Traço	$\Phi_{max}$	Teor de Cimento	Teor de Pozolana	Observações
Nº	(mm)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	
c10/95	76	60	12	A composição dos
c11/95	76	60	24	agregados, bem como
c12/95	76	60	16	o ajuste da água uni-
c13/95	76	80	32	tária, serão feitos
c14/95	76	100	20	a partir dos resulta-
				dos do item 4.2.1

4.2.3 - Com Adição de Silte

Traço	$\Phi_{max}$	Teor de Cimento	Água Unitária	Observações
Nº	(mm)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	
C15/95	76	60	95	Em relação ao volume
C16/95	76	80	100	total dos agregados,
C17/95	76	100	105	fazer ensaios com 3%, 5% e 10%, em peso, de silte arenoso

5 - ENSAIOS

Os seguintes ensaios deverão ser realizados em função da idade do concreto

5.1 - Para o Concreto Convencional

- Ensaios a compressão simples nas idades de 3, 7, 28 e 90 dias,

5.2 - Para o Concreto Compactado, conforme o quadro a seguir:

Idade	Compressão Simples	Tração através de pressão diametral
7	x	
14	x	
28	x	x
56	x	x
90	x	x
365	x	x

5.3 - Dois corpos de prova cilíndricos, nas dimensões 15x30cm deverão ser moldados, para cada idade de ensaio, com materiais obtidos da amostra integral do concreto compactado, RCC.

5.4 - Ensaíos de módulo de elasticidade e coeficiente de expansão linear serão oportunamente realizados apenas para os traços de concreto compactado a serem otimizados para o início da obra.

## MÉTODO PARA VERIFICAÇÃO CONJUNTA DOS RESULTADOS DAS OPERAÇÕES DE MISTURA E DE LANÇAMENTO DO CCR

### 1 - OBJETIVO

#### 1.1 - Preliminar.

O procedimento descrito neste capítulo constitui uma alternativa aos métodos usuais e objetiva avaliar globalmente a eficiência das operações de mistura e de lançamento do CCR, motivo pelo qual prevê a tomada de amostras no próprio local de lançamento, após o espalhamento, mas antes da compactação da massa

#### 1.2 - Resultados a Serem Obtidos:

Os ensaios a serem efetuados sobre as amostras de CCR visam determinar os seguintes parâmetros:

- Umidade;
- Teor de cimento;
- Teor de agregado grávido;
- Massa específica da argamassa, isenta de ar

#### 1.3 - Síntese do Procedimento.

Com base na comparação dos resultados de ensaios procedidos sobre três amostras coletadas no decorrer de um turno completo de trabalho, avalia-se a eficiência global das operações de mistura e de lançamento do CCR no que diz respeito ao atendimento das características específicas e à uniformidade do produto

### 2 - ASPECTOS GERAIS

#### 2.1 - Verificação da Eficiência do Equipamento Misturador.

Os métodos correntemente empregados visam, em geral e tão somente, determinar a eficiência do misturador, tendo em vista, estimar.

- O tempo mínimo de misturação necessário para cada tipo ou traço de concreto convencional,
- A variabilidade das características de um determinado traço, após o decurso de um tempo pré-fixado de misturação

Os processos consistem em se obter e ensaiar amostras em diferentes zonas do misturador e em comparar os resultados de ensaios de diversas amostras a fim de verificar em que medida variam entre si

## 2.2 - Métodos Usuais:

Os procedimentos geralmente empregados seguem a metodologia do CRD-C-55 do U.S. Army Corps of Engineers ou do ASTM-C-94, Anexo A1, que se resumem a seguir:

**CRD-C-55:** Baseia-se no ensaio de 3 (três) amostras coletadas durante a produção de um único traço (betonada). Os ensaios visam determinar a umidade, o teor de cimento, o percentual de agregado graúdo da mistura, bem como a massa específica da argamassa isenta de ar

A maior parte dos ensaios é efetuada sobre a fração de argamassa retirada do concreto por peneiramento

**ASTM-C-94:** Baseia-se em ensaios efetuados sobre 2 (duas) amostras retiradas de um único traço da betoneira. Serve para verificação do "slump", teor de ar, teor de agregados graúdos, peso unitário da fração mistura que passa na peneira de 38 mm, resistência à compressão aos 7 (sete) dias e massa específica da argamassa isenta de ar

Exige uma semana para que todos os resultados, inclusive o de análise químicas para a determinação do teor de cimento, estejam disponíveis. A maior parte dos ensaios é efetuada apenas sobre a fração da mistura global obtida por peneiramento.

## 2.3 - Restrições ao Emprego dos Métodos Correntes:

Os métodos citados da ASTM e do CRD foram desenvolvidos para emprego em misturas convencionais e servem ambos para verificar somente o grau de eficiência do misturador.

A mistura dos materiais do CCR pode, no entanto, ser afetada favorável ou desfavoravelmente, pelas operações de transporte, manuseio ulterior e espalhamento. De um modo geral, tais operações poderiam concorrer para a maior homogeneização da mistura, podendo, porém, ocorrer exatamente o contrário, dada a eventualidade de verificar-se a segregação de materiais por operação inadequada.

Pode obter-se melhor representatividade do efeito global do conjunto de operações, retirando-se amostras em horas diferentes e no próprio local de lançamento, em vez de fazê-lo no misturador, em uma mesma hora e sobre o produto da misturação de um único traço.

Usando-se tal sistemática, as características dos traços produzidos em diferentes momentos serão estatisticamente combinados, o que permite levar em

consideração o efeito da variação de traço a traço, bem como os resultados individuais de cada traço isolado

Como consequência, poder-se-á admitir maior relação à variabilidade exigível tipicamente para amostras de uma única betonada.

#### 2.4 - Vantagens Adicionais do Presente Procedimento Alternativo

Uma vantagem adicional significativa da amostragem no local de lançamento em relação a que é feita no próprio misturador é que os ensaios serão efetuados sobre amostras recém-coletadas ou frescas

No método CRD-C-55 e no ASTM-C-954, são retiradas duas ou três amostras praticamente ao mesmo tempo. Dada as limitações de equipamentos e pessoal de laboratório, as amostras subsequentes à primeira, somente podem ser ensaiadas depois de decorrido um lapso de tempo considerável, após a coleta, o que pode afetar os resultados das determinações.

No caso de usinas contínuas, o presente método é mais adequado, devido a sua melhor compatibilidade com o tipo de operação. De fato, nos misturadores contínuos não se pode, a rigor, falar de um traço isolado (betonada), perfeitamente definido

Finalmente, o processo aqui recomendado utiliza um tipo rápido de determinação química do teor de cimento, o que permite liberar os resultados completos dos ensaios, em condições normais, no início do dia seguinte a de sua execução.

### 3 - Amostragem

#### 3.1 - Tempo de Misturação ou de Retenção

Após estabelecer-se, por consenso, um tempo de misturação provisório e conservador, será processado com base nele um turno de trabalho enquanto se realizam os ensaios integrantes deste procedimento

Caso não exista nos documentos contratuais qualquer diretiva com relação a este assunto, adotar-se-á o tempo de misturação provisório de um minuto para betoneiras de até 3 (três) metros cúbicos de capacidade (usinas Intermitentes). Para betoneiras de maior capacidade, este tempo será aumentado de 20 (vinte) segundos para cada metro cúbico de concreto ou fração adicional. O tempo de misturação será contado a partir do momento em que todos os materiais componentes tiverem sido introduzidos no misturador

No caso de misturadores contínuos, o tempo provisório (inicial), de retenção será calculado com base na descarga a ser produzida, em  $m^3/s$ , levando-se em consideração os volumes básicos indicados na alínea anterior.

Após a efetivação dos ensaios, será gradualmente ajustado o tempo de mistura definitivo para cada tipo de mistura, de acordo com o indicado no item 6.2.7 destas Especificações

### 3.2 - Horário das Coletas de Amostras

Cada uma das três amostras será coletada respectivamente no decorrer da primeira, segunda ou terceira parte de turno completo de trabalho. A primeira amostra somente poderá ser coletada depois de estar a Central em funcionamento, pelo tempo mínimo de 5% (cinco) da duração do turno de trabalho.

A segunda amostra somente será coletada quando os ensaios relativos à primeira delas estiverem praticamente concluídas, de modo que se possa dar plena atenção à segunda, logo de sua chegada ao laboratório. Similarmente, a terceira amostra somente será coletada quando estiverem essencialmente concluídos os ensaios relativos à segunda.

Com exceção das etapas finais que dependem de tempo de secagem em estufa, todos os ensaios deverão estar completos dentro de 2 (duas) horas após a coleta das respectivas amostras

### 3.3 - Outros Aspectos da Amostragem

Ressalvado o disposto no primeiro parágrafo do item 3.2 precedente, as amostras serão coletadas de forma aleatória, sob direção do Laboratório Central

As amostras serão coletadas aproximadamente no centro de uma área em que tenha sido espalhado o CCR, antes, porém, da compactação.

Caso seja impossível, por circunstâncias ligadas ao processo de lançamento e à própria situação topográfica do local de aplicação da massa, o acesso a este por parte do equipamento de amostragem, poderá ser feita a coleta no último ponto acessível, como por exemplo, no início da correia transportadora, se for este o dispositivo final de transporte que preceda a descarga do CCR no local de lançamento. Este método de coleta não atende integralmente aos objetivos do procedimento aqui descrito, mas será tolerado se for impossível atuar segundo o disposto no início deste parágrafo

Cada amostra terá, aproximadamente,  $0,15 m^3$  ( $\cong 300 kg$ ) e deverá incluir, essencialmente, todo o material espalhado na área escolhida para a amostragem. No caso de impossibilidade de acesso à área de espalhamento, a

amostra deverá ser coletada de modo a evitar segregação dos materiais componentes.

Um método recomendável de coleta, em condições normais de acesso, consiste no emprego de uma carregadeira frontal atuando com a ajuda de dois trabalhadores munidos de pás manuais, recolhendo-se, a seguir, o material em caminhonete tipo "pick-up", de uma tonelada de capacidade, com tração nas quatro rodas

No caso de impossibilidade de acesso à área de espalhamento, poder-se-á utilizar uma correia auxiliar de desvio de fluxo, localizada próxima à entrada da correia transportadora principal, tendo-se o cuidado de recolher à viatura citada, todo o material introduzido nesta última correia, durante o lapso do tempo necessário para se coletar a quantidade preestabelecida de massa

Caso não seja utilizada na obra, correias transportadoras, a coleta será feita na praça de descarga do CCR, procurando-se aproximar a caminhonete, o mais próximo possível, do local de descarga.

Durante o transporte ao laboratório, a amostra deve ser protegida com uma lona, contra efeitos de chuva, sol e ventos

Os ensaios e eventual depósito ocasional da amostra no laboratório, devem ser feitos em ambiente protegido de agentes atmosféricos e sob temperatura compreendida entre 3°C e 30°C

#### 4 - Ensaios de Umidade

1a. Etapa Retirar, aproximadamente, 30 kg da mistura de concreto e determinar o peso desta amostra com precisão de  $\pm 0,05$  kg. A amostra deve ser extraída e pesada tão logo chegue o material a granel, ao laboratório. Após a pesagem, distribuir o material de forma solta, em diversos recipientes susceptíveis de caberem na estufa. Cuidados deverão ser tomados para que não ocorra perda de material. Preferencialmente, a amostra deverá ser pesada nos próprios recipientes em que será seca

2a. Etapa: Secar a amostra até peso constante, mantendo-a solta para facilitar a secagem. A secagem inicial, de uma a seis horas, deverá ser efetuada pela simples exposição a atmosfera seca da sala fechada ou ao sol ou ainda, sob a aragem de um ventilador. Após a secagem inicial, separar o material com uma enxada ou colher de pedreiro, para se certificar de que ela está ainda, frouxamente separado, sem indicação de hidratação em massa sólida, torrões. Secar então a

amostra até peso constante, em estufa, a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . A secagem durante 12 horas em estufa, após o período inicial de secagem, normalmente é suficiente para a obtenção de umidade constante

**3a. Etapa:** O cálculo da umidade total é feito com a expressão:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100, \text{ onde:}$$

P - Umidade total da mistura (%),

W - Massa da amostra, antes da secagem (kg);

D - Massa da amostra, após a secagem (kg)

### 5 - Ensaio de Massa Específica da Argamassa Isenta de Ar:

**1a. Etapa:** Penelrar aproximadamente, 30 litros ou 70 kg da amostra de concreto compactado na peneira 50 mm. A ação de penelramento deve ser bastante vigorosa, de forma a que os grumos de material pastoso, argamassa e agregados de pequenas dimensões, passem através da peneira, o que pode ser conseguido, raspando e esfregando a amostra para frente e para trás, sobre a tela, enquanto suspensa sobre um estrado ou carrinho de rodas. As partículas retidas de agregado grosso não deverão ser lavadas e estarão revestidas por uma fina película de pasta de cimento. Descartar o agregado grosso retido na peneira

**2a. Etapa:** Compactar o material que passar na peneira de 50 mm em um cilindro, com capacidade mínima de 7 (sete) litros, do tipo de pressão e determinar o peso da amostra compactada. A compactação deve ser feita em três camadas, compactando-se cada uma com um martetele pneumático, antes de se lançar a camada seguinte.

O martetele pneumático deverá ser equivalente ao IR-SPG-30 da Ingersoll-Rand, com ponta de soca de 146 mm, com seção retangular, não elíptica, podendo suas arestas serem arredondadas. Ao ser compactada a última camada do molde, um ajudante deverá, simultaneamente, adicionar material, de forma que a superfície final compactada esteja bem nivelada com o topo do cilindro

Recomenda-se utilizar uma manga que se adapte ao cilindro, para permitir o enchimento inicial do material solto e para proteger as bordas do cilindro de quaisquer danos, durante a compactação

**3a. Etapa:** Determinar o teor de ar da amostra compactada, usando a norma ASTM-C-138 (Método Gravimétrico), ou a norma ASTM-C-231 (Método Volumétrico). A segunda destas normas é

perfeitamente satisfatória, para o caso de agregados densos, como os derivados de rochas magmáticas britadas

**4a. Etapa:** Lavar a amostra que foi submetida a um dos ensaios referidos na etapa anterior, através de uma peneira de 4,8 mm (nº4), de modo que toda a pasta e os finos aderentes ao material retido nesta peneira, sejam removidos. Lançar fora, todo o material que tenha passado na peneira 4,8 mm.

**5a. Etapa:** Calcular a massa específica da argamassa isenta de ar, com o auxílio da fórmula seguinte:

$$M = \frac{b - c}{V - \left( \frac{VA}{100} + \frac{c}{Gw} \right)}, \text{ onde}$$

b - massa da amostra de concreto compactada dentro do cilindro, preparada segundo a 2a. Etapa, em kg;

c - massa do agregado ( condição saturada - superfície seca), retido na peneira nº4 (kg),

V - volume do cilindro (m<sup>3</sup>),

A - teor de ar da amostra (%),

G - densidade do agregado graúdo,

w - massa específica da água (9,81 kPa ).

## 6 - Ensaio para Determinação da Percentagem de Agregado Graúdo

**1a. Etapa:** Retirar 40 litros, ou aproximadamente 90 kg da amostra completa e determinar, com precisão, a massa resultante. Lavar a amostra para remover todo o material que passar pela peneira nº4 (4,8mm), inclusive todas as películas que envolvam os agregados grossos.

Para facilitar a operação de lavagem, a amostra pesada deverá ser lavada em parcelas de mais ou menos 10 a 15 kg, cada uma, e uma série de peneiras deve ser usada acima da de nº4, para evitar

sobrecarga. Descartar tudo o que passar pela peneira nº4 e conservar o que ficar retido.

**2a. Etapa.** Secar o material retido na peneira nº 4 até que seja atingida a condição de agregado saturado-superfície seca, e pesar. O uso de toalha ou de ventilador poderá ajudar a realizar a secagem superficial do agregado.

**3a. Etapa:** Calcular a percentagem de agregado grosso em relação à massa da mistura total pela expressão:

$$C = \frac{W}{w} \times 100, \text{ aonde:}$$

C - percentagem de agregado graúdo (%);

w - massa da amostra total, tomada para peneiramento (kg);

W - massa da porção de agregado retirada da peneira nº4, nas condições do ensaio (saturado-superfície seca), em kg.

## 7 - Ensaio para Determinação do Teor de Cimento:

### 7.1 - Considerações Iniciais:

O teor de cimento deverá ser determinado sobre a amostra da mistura Integral do CCR, utilizando o analisador de cálcio e o tanque de suspensão (máquina de lavar roupa), do monitor de Qualidade do Concreto (CGM).

O CGM e seu emprego em concreto convencional estão descritos na publicação TR-M-293, de maio de 1981, sob o título "CORPS OF ENGINEERS-CONCRETE QUALITY MONITOR OPERATION GUIDE".

As modificações introduzidas para a utilização do concreto compactado decorrem dos valores tipicamente mais baixos dos teores de cimento e dos teores mais altos dos agregados finos. Há necessidade do emprego de amostras de maiores proporções e introdução de maior número de peneiras, a fim de facilitar as operações de laboratório. Devem ser adotados cuidados especiais e um esforço adicional é normalmente exigido quando se usa o concreto compactado, em comparação com o concreto convencional.

### 7.2 - Ensaio

1a. Etapa. Encher o tanque de suspensão com água de torneira, até a marca de 37,8 litros (10 galões), existente ao lado do tanque;

2a. Etapa. Colocar um conjunto de peneiras de aço Inoxidável, acima do tanque na seguinte ordem:

# 3/4 (19mm); # N°4, # N°30, # N° 50, # N° 100

O conjunto de peneiras pode ser modificado para melhor atender à granulometria do concreto compactado e para facilitar a lavagem. No entanto, a peneira inferior deve ser a de N° 100

3a. Etapa: Ligar a bomba de recirculação do tanque de suspensão e adicionar à água, 250g de redutor de dureza. A mangueira de recirculação da água deverá ficar sempre acima das peneiras e não deve ser perdido qualquer volume de água. Se a mangueira afastar-se do topo das peneiras, ou se a água vier a ser bombeada para fora do tanque de suspensão, o ensaio deverá ser reiniciado

4a. Etapa: Preparar, aproximadamente, 4 kg de amostra global do concreto compactado e colocá-la em um ou mais tubos de polietileno de ponta aberta. Especial atenção deve ser dada, a fim de se obter amostras representativas especialmente quando contiverem agregados com diâmetro acima de 38 mm. Determinar, com precisão, o peso total da amostra

5a. Etapa. Transferir a amostra para o conjunto de peneiras sobre o tanque de suspensão, tomando o cuidado para não sobrecarregar as peneiras ou restringir o fluxo de água através delas. Dependendo da granulometria da mistura e do teor de finos, pode ser vantajoso lavar perto de 2 kg da amostra, de cada vez

Lavar com cuidado o agregado, usando a água de recirculação. Poderá ser necessário esfregar ou raspar as partículas de agregado, com uma escova de cordas metálicas finas, para remover todo o cimento e todos os finos que estiverem aderidos. Após ter sido lavado todo o material retido na peneira superior, o material e a peneira poderão ser removidos de forma que a lavagem possa prosseguir com o material retido na peneira seguinte, e assim por diante. Cuidado especial deve ser tomado para enxaguar totalmente os agregados mais finos que não puderem ser escovados individualmente, esfregando-se sobre a tela

6a. Etapa: Retirar uma amostra da água recirculada do tanque de suspensão. Com a bomba em funcionamento, introduzir uma colher para agitar vigorosamente a solução de 37,8 litros (10 galões)

Extrair, imediatamente, uma amostra da solução com uma seringa-pipeta de 30 ml. Colocar o material retirado em um frasco de

Erlenmeyer de 500 ml Encher a seringa-pipeta com ácido nítrico a 5% e descarregá-la no frasco de Erlenmeyer

Durante a descarga do ácido, agitar o frasco de vez em quando, para certificar-se de que todo o cimento decantado, enquanto a amostra estava sendo lavada, foi dissolvido e lavado juntamente com o ácido Utilizar um frasco volumétrico para adicionar 250 ml de água da torneira, no frasco de Erlenmeyer.

7a. Etapa Introduzir uma vareta vibratório magnética no frasco de Erlenmeyer e colocá-la sobre um agitador magnético.

Ligar o motor do agitador durante o tempo mínimo de 3 (três) minutos, antes de retirar a primeira amostra do frasco, para análise. Continuar agitando até que a última amostra tenha sido retirada do frasco.

8a. Etapa Ligar o analisador de cálcio

9a. Etapa Encher a cuba até a marca indicada, com solução 1,0 Normal, de hidróxido de potássio e 100 microlitros (Eppendorf) de reagente de calceína reconstituída Colocar a cuba do analisador, adicionar 100 microlitros (Eppendorf) de solução padrão de cálcio e apertar o botão de titulação, a fim de condicionar a cuba para análise.

OBSERVAÇÃO Esta etapa é exigida cada vez que a cuba do analisador de cálcio for enchida com a nova solução de hidróxido de potássio. Um único enchimento da cuba é suficiente para 10 a 15 leituras

10a. Etapa Começar a análise, colocando a chave "m-Eg/mg%" na posição "mg%" e adicionar à cuba, 100 microlitros (Eppendorf) da solução padrão de cálcio Apertar o botão de titulação. Registrar o resultado, e repetir o ensaio, adicionando outras amostras de 100 microlitros da solução padrão de cálcio. Continuar repetindo os ensaios até que resultados consecutivos se afastem menos de 1,5% Ajustar o botão de calibração e ensaiar uma amostra adicional de 100 microlitros da solução padrão de cálcio, para certificar-se de que o valor lido é de  $10 \pm 0,1$  mg %

11a. Etapa Determinar a resistência da solução de cimento no frasco de Erlenmeyer, analisando uma amostra de 20 microlitros no analisador de cálcio Repetir, adicionando mais amostras de 20 microlitros do frasco de Erlenmeyer, até que os valores se desviem de menos de 1,5% Se as leituras do analisador são inferiores a 5%, a dimensão da amostra e a base para a calibragem podem ser aumentadas para amostras de 100 microlitros

12a. Etapa Determinar o teor de cimento entrando no gráfico de calibração, com a leitura estabilizada, do analisador Se a dimensão da



8 - Boletins:

Devem ser preparados boletins para cada ensaio, de modo que indiquem o índice de variabilidade, de acordo com a Norma.