



**Concreto Compactado com
Rolo-CCR**

**Aplicações em Barragens e
Pavimentação**

CURITIBA – PR
IE-PR- 13 DEZEMBRO 2001

BARRAGENS EM CCR

- Concreto Compactado a Rolo-

- ESTADO DA ARTE – MATERIAIS, PROJETO E CONSTRUÇÃO

Andriolo, Francisco Rodrigues

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br



Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

RESUMO

Nesta apresentação é debatida a Situação Atual de Projetos e de Construção de Barragens em CCR- Concreto Compactado a Rolo, considerando os aspectos no Brasil e em diversas partes no Mundo.

São considerados os aspectos relacionados às Concepções de Projeto, as disponibilidades e condições de mercado e custo dos materiais de construção, os aspectos da metodologia de construção, disponibilidades e aspectos de investimentos em equipamentos para a construção de Barragens, bem como experiências recentes e a competitividade do CCR na atual conjuntura de preços de Cimento e Mão de Obra.

As informações possibilitam os debates quanto às perspectivas da aplicação de CCR em Barragens

São apresentados aspectos quanto às Tendências, Simplificações e Otimizações.

1- APRESENTAÇÃO

- Não existe “um único” tipo de Barragem para um local!;
- Há um tipo e arranjo, que se adequa ao local de um barramento- aproveitamento, que “mais” se enquadra às condições de:
 - Momento (Custos praticados à época);
 - Cronologia;
 - Condições Topográfica-Geológicas;
 - Disponibilidade de Materiais;
 - Segurança;
 - Conhecimento (das várias partes envolvidas)

- Há, então, um tipo de barramento que convem àquela obra, àquela época.

O importante é que os Profissionais envolvidos, as Comunidades Técnicas e Reresentativas e Empresas de Projeto e Construção, disponibilizem soluções econômicas- seguras- rápidas- vantajosas aos interesses do País e da Comunidade!

Não se deve, prioristicamente, eliminar uma eventual solução por questões individuais, ou de âmbito restrito-confinado.

A Metodologia de Construção pelo uso do CCR, é uma das disponibilidades técnicas, que pode- e- (na opinião do autor) deve ser considerada.

Assim como Projetos em Arcos- Gravidade e Dupla Curvatura- também se constituem em opções para a construção de um barramento.

Outros tipos de barragem, conhecidos e disponíveis, devem ser base para a PROVOCAÇÃO sadia e objetiva na busca da solução mais adequada.

O desenvolvimento e a disponibilidade de materiais constituem um cenário para a montagem de um quadro de opções de interesse e de necessidades às dimensões territoriais Brasileiras.

2- ASPECTOS DE BARRAGEM DE CCR EM OUTROS PAÍSES

2.1- Generalidades

Quem é quem?

Item	Barragem	País	Dimensão
Maior altura	Miel I	Colombia	195m
Maior Volume	Miel I	Colombia	1.664.000m ³
Maior número de Barragens		China	42
Maior volume de CCR		Japão	13.573.000m ³
Menor consumo (médio) de aglomerante		Brasil	79 kg/m ³
Menor consumo (individual) de aglomerante	Urugua-i	Argentina	60 kg/m ³
Maior Hidroelétrica com Barragem em CCR	Salto Caxias	Brasil	1.240.MW
Maior velocidade de construção			100m em 18 meses
Pioneiro no uso de CCR	Shimajigawa	Japão	1978
Pioneira no emprego de CCR em Arco Gravidade	Knellport	África do Sul	1988

2.2- Aspectos de Projetos

2.2.1- Geometria Seção Gravidade

País	Sismicidade	Talude Montante	Talude Jusante	Citações Relevantes
Japão	Alta	Vertical com pé (0,10 a 0,30) montante	Ao redor de 0,8:1,0	Prevenção contra o Sismo durante a construção
USA	Considerada	Vertical	0,6:1,0 a 0,8:1,0	Upper Stilwater (0,6:1,0) e taludes naturais
Espanha	Moderada	Vertical e pé a montante	Ao redor de 0,75:1,0	
China	Sim		0,75:1,00 a 0,8:1,0	Arcos: 0,3:1,0
Brasil	Não	Vertical	Ao redor de 0,75:1,0	

Há situações, onde a fundação para uma barragem, gravidade não possibilita um suporte geo-mecânico suficiente para os carregamentos impostos por uma seção comum (0,70-0,80:1,0), e a implantação do vertedouro também causa algum transtorno. Nessas situações tem sido válida a adoção de uma seção trapezoidal, como a sugerida por Pierre Londe (1992), com a massa dosada com baixo teor de aglomerante (inferior a 100kg/m³)

Os Japoneses, recentemente adotaram, recentemente, o “**C-S-G: Cemented Soil and Gravel**”. Tem sido aplicado em ensecadeiras e mais recentemente na barragem de Nagashima (com cerca de 30m de altura) com uma seção de 0,6:1,0 (montante) e 0,7:1,0 (jusante).

2.2.2- Geometria Seção das Barragens em Arco

A África do Sul foi a primeira a aplicar a metodologia do CCR em uma barragem em Arco - Knellport-0,6:1,0 em 1988 e logo em seguida Woweldam- 0,5:1,0 também em 1988. Os Chineses, logo depois (Puding-0,35:1,00), adotaram a ideia e estão usando em várias obras, sendo:

Barragem	Ano	Altura (m)	Crista (m)	Base (m)	Relação Base: Altura	Volume CCR (m ³)	Volume CVC (m ³)	Cimento kg/m ³	Material Pozolânico (kg/m ³)	Total (kg/m ³)
Puding	1993	75	196	28,2	0,376	103.000	34.000	85	100	185
Wenquanpu	1994	49	188	13,8	0,281	85.000	25.000	110	70	180
Xibinxi	1996	63	93	12,0	0,190	25.000	8.000	80	120	200
Hongpo	1998	55	244	26	0,473	67.000	11.000	52	97	149
Shapai	1999	132	238	28	0,212	365.000	48.000	85 (*)	120	205
Shimenzi	1999	109	187	30	0,275	161.000	39.000	80 (*)	120	200

Vale comentar que, além de adotarem a solução, introduziram outras metodologias como se vê mais à frente.

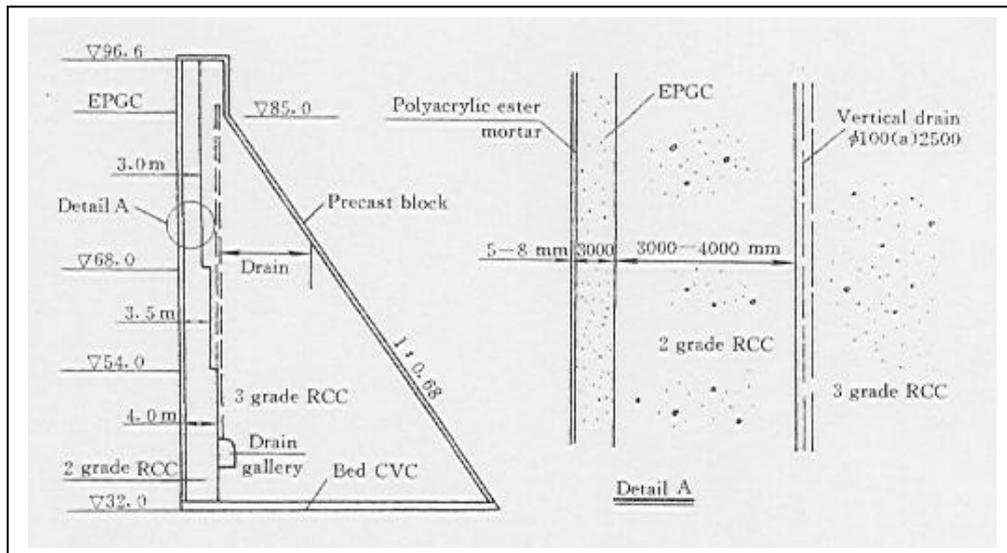
Para garantir a monoliticidade da barragem em arco, adotaram o emprego de cimento expansivo (***Nota: com determinado teor de Óxido de Magnésio**) de tal sorte a provocar a expansão controlada e garantir o efeito arco.

Esta sendo (Andriolo, Sarkaria e Juliani Camargo) publicado um texto sobre uma metodologia onde se considera a aplicação de uma câmara de compensação de pressão nas juntas de contração para, através do Módulo de Elasticidade, provocar a abertura da junta e possibilitar ou controlar a necessidade da injeção.

2.2.3- Sistema de Estanqueidade e Drenagem

Tipo de Face a Montante, considerando os Países de maior número de Barragens (Divulgadas)

Tipo de Face a Montante/ País	Japão	China	USA	Espanha	Brasil	África do Sul	Austrália	Geral
CVC contra a forma	100%	57%	47%	25%	84%	93%	22%	64,6%
CVC + Membrana externa								
CCR contra a forma		19%	7%	60%			22%	14,7%
CCR + Membrana externa		5%						1,2%
CVC contra painéis premoldados								
CVC contra painéis premoldados com Membrana		2%	17%					3,5%
CCR contra painéis premoldados		5%	10%				33%	4,7%
CCR contra painéis premoldados com Membrana			7%				11%	1,8%
CCR contra painéis premoldados com Membrana aplicada a quente		10%						2,4%
CCR contra blocos premoldados								
CVC armado moldado previamente								
CVC armado moldado posteriormente		2%	3%		11%			2,4%
CVC armado extrudado			3%		5%			1,2%
CVC extrudado			7%	15%			11%	3,5%
CCR como terra armada								
CCR compactado								
CCR talude de repouso natural								



Shanzi Imperbeable System

2.2.5- Juntas de Contração

As Juntas de Contração tem sido espaçadas entre 10 a 80m. A experiência, e teimosia, de se executar barragem de concreto, sem Juntas de Contração, como a de Upper Stillwater, não se mostrou uma boa prática.

A adoção de Juntas de Contração, espaçadas ao redor de 15m a 25m, preponderantemente, 20m tem sido a prática.

2.3- Aspectos de Materiais

País	Cimento	Material Pozolânico	Aditivo	Agregado	Informação Relevante
Japão	Cimento Comum (90)	Cinza (30)	Sim	150mm	Solo- Cascalho-Cimento
USA	Cimento Comum (90)	Cinza (50)	Não	< 75mm	
Espanha	Cimento Comum (70)	Cinza (150)	Após 1997	< 75mm	Apoio da Indústria Cementeira
China	Cimento Comum (75)	Cinza e Microsílica (95)	Retardador+ Plastificante	< 75mm	Uso de cimento Expansivo (MgO)
Turquia	Cimento Barato				40 US\$/ton

Particularidade: Espanha conta com grande apoio da Associação dos Cementeiros.

2.4- Aspectos de Construtibilidade

País	Exemplo
Japão	Padronização na dosagem; Formas como equipamento e muita automação; Redução da mão de obra com grande utilização de Equipamentos
USA	Diversidade e intenso uso de equipamentos. Redução de prazo
Espanha	Intenso uso de equipamentos
China	Processo Rampado; GERCC- CCR enriquecido com Calda, na face; Vacuum Chute

2.5- Aspectos de Custos

Nos vários países os custos praticados levam a um crescente uso do CCR.

2.6- Aspectos Ambientais

País	Informação Relevante
Japão	Preocupação em ter a obra como um ambiente turístico

2.7- Continuidade

País	Informação Relevante
Japão	Busca de materiais alternativos
China	A quantidade de obras induz à diversificação e ao surgimento de novidades

3- ASPECTOS DE BARRAGEM NO BRASIL

3.1- Generalidades

O Brasil possui **37** barragens de CCR, com um volume total ao redor de **7.000.000m³**, situando-se em **terceiro lugar, junto como o Japão** (tambem com 37 barragens, porém com maior volume- 13.573.000m³ que é o maior volume de todos) e logo após da China com 42 barragens.

Quem é quem?

Item	Barragem	Dimensão
Maior altura	Jordão	95m
Maior volume de CCR	Santa Cruz do Apodi	1.063.000m ³
Menor consumo de aglomerante	Gameleira	65 kg/m ³
Maior Hidroelétrica com Barragem em CCR	Salto Caxias	1.240 MW
Maior velocidade de construção	Saco de Nova Olinda	138.000m ³ em 110 dias
Pioneira no uso de CCR, em Projeto de Barragem	Saco de Nova Olinda	1986

O início das barragens de CCR no Brasil deu-se na região de implantação de obras para perenização, abastecimento e/ou irrigação, e não no setor hidrelétrico. Essa oportunidade de implantação da metodologia se deu em um cenário onde as Entidades se apoiavam mais no pioneirismo, do que em estabelecer um aprendizado técnico, de propriedades, de comportamento, isso sem desmérito nenhum aos Profissionais e Equipes envolvidos. Contemporaneamente, à época, algumas deficiências observadas, particularmente, nas obras de Willow Creek e Upper Stillwater, impuzeram um aspecto negativo à metodologia.

Os bom exemplos referendados pelas obras Japonêsas sempre eram respondidos como:

“Oh! Mas lá no Japão é diferente, é outro tipo de Obra (!).”

A realidade técnica não era, e continua não sendo essa. Havia, e há, a necessidade de entender os procedimentos, fato nem sempre praticado por alguns Profissionais.

Esse “status-quo” induziu uma demora de mais de 15 anos na absorção da técnica. Vive-se hoje um panorama mais amplo.

Há a oportunidade de troca de experiência através das obras dos 2 setores – Hidrelétrico e Obras Contra a Seca. Como por exemplo o uso de baixo teor de aglomerante, muito mais adequado à altura (50m ± 10m) e aos níveis de tensões requeridas das nossas obras (como será visto à frente).

Em algumas barragens tem ocorrido uma busca exacerbada de eliminar Detalhes e Reservas de Projeto. Deve-se lembrar que:

- ❖ ***Simplificidade não que dizer Eliminar!;***
- ❖ ***Otimização também não significa eliminar!***
- ❖ ***Ser Arrojado, Inovador não significa criar Insegurança;***



3.2- Aspectos de Projetos

Projetista: Tem como responsabilidade transformar a idéia em um “Bem Prático e Usual”.

Nos últimos trinta anos alguns pontos relevantes foram observados no âmbito do detalhamento dos Projetos no Setor Hidroelétrico, e que nem sempre têm sido adotado pelas várias Projetistas, podendo-se chamar a atenção para:

- Zoneamento das classes de concreto com base nas tensões previstas, como adotado inicialmente em Ilha Solteira, o que pode reduzir o consumo de aglomerante e os problemas de origem térmico;
- Concreto de paramento, sem armadura de pele, adotada em vários projetos de barragens;

3.2.1- Geometria Seção Gravidade-Tensões e Resistências Características (f_{ck}) ou Propriedades Requeridas

A geometria das seções das barragens tipo gravidade em concreto, no Brasil, normalmente apresentam uma face vertical a montante e um talude ao redor de 0,75:1,00 a jusante.

A barragem de Cedro, no Ceara, construída entre o final do Século XIX e início do Século XX, com cerca de 10m de altura tem um talude de jusante, mais íngreme que 0,65:1,00. A Barragem gravidade, com eixo reto (sem efeito arco), de Upper Stillwater, construída pelo Bureau of Reclamation (nos Estados Unidos), ao redor de 1985, com cerca de 90m de altura, tem um talude de jusante iniciando em 0,60:1,00 junto a base, e chegando a 0,32:1,00 na crista, também é uma referência a ser considerada, quanto aos aspectos de estabilidade.

Diante disso cabe uma indagação:

Em nosso País, sem características sísmicas relevantes, há a necessidade de considerarmos um talude de jusante de 0,75:1,00, para todas as barragens gravidade em concreto, ou pode-se buscar melhorias?

As tensões efetivas atuantes no concreto em uma barragem do tipo gravidade, são de pequena intensidade. Para uma altura média de $H=70m$ tem-se:

Altura da Barragem (m)	Talude Montante	Talude Jusante	Tensão efetiva-CCN ^(a) (kgf/cm ²)	Tensão efetiva – CCE ^(b) (kgf/m ²)	Coefficiente de Segurança	Resistência Característica (f_{ck})- (kgf/cm ²)	Resistência Média a ser obtida (f_{ej}) ^(c) (kgf/cm ²)	Idade de obtenção (dias) dos valores mínimos	Consumo estimado de aglomerante (kg/m ³) ^(d)
70	Vertical	0,65	21	25	3,0	63	76	180	61
		0,70	18	22		54	65		52
		0,75	16	18		48	58		46
	0,10	0,65	24			72	87		70
		0,70	20			60	73		59
		0,75	18			54	65		52

Notas:

- (a) – Condição de Carregamento Norma- Peso Próprio + Empuxos
 (b) – Condição de Carregamento Excepcional- CCN+ Sismo (0,05g)
 (c) – Considerando um Coeficiente de Variação de 20% e Quantil de 1 em 5 valores podendo se situar abaixo do f_{ck}
 (d) – Rendimento (kgf/cm²)/ (kg/m³) de 1,25 à idade de 180 dias

Ou seja, a concretização de um $f_{ck} \geq 7,5$ MPa aos 180 dias, poderia ser plenamente adotada, o que levaria a um consumo de cerca de 60 kg/m^3 de aglomerante (cimento+material pozolânico). Diante disso pode-se indagar:

Qual a razão de se Especificar consumos da ordem 100kg/m^3 para o CCR em barragens com altura ao redor de 70m ?

A imposição de consumos de aglomerante acima do desejado, e necessário, propicia danos térmicos, que levam à fissuração.

Por outro lado, ainda, pode-se notar que com níveis de consumos praticamente próximos, pode-se avaliar a utilização de taludes de 0,65:1,00, visto a condição de inexistência de sismicidade no Território, com sensíveis reduções no volume de concreto da barragem.

3.2.2- Instrumentação de Auscultação

Nas diversas barragens dos setores elétrico e de aproveitamento hidrico, foram instalados cerca de 23.895 instrumentos, em um total de 66 barragens de concreto, correspondente a $47.297.000\text{m}^3$ de concreto, alcançando a razão de 1 aparelho a cada 1979 m^3 de concreto.

Muitos desses aparelhos foram instalados com o caráter científico de aprendizado, de avaliação do comportamento. Outros foram instalados com o caráter de segurança, para acompanhar o desempenho das estruturas.

A instrumentação de auscultação é uma ferramenta de grande valia na reciclagem das informações, no aprimoramento dos projetos, no emprego dos materiais com propriedades mais próximas da necessidade. Disso cabe uma outra indagação:

Quantos dos Profissionais envolvidos em Projetos, fizeram uma retro-análise das hipóteses admitidas e dos dados obtidos pela monitoração?

Quem olha e recicla? Qual o aprendizado?

Ou só serve para fazer Trabalho para Congresso ?

Um dado que pode ser citado, como exemplo, é o da auscultação da CESP em Ilha Solteira, como por exemplo nas estruturas do vertedouro, onde se observa em uma determinada roseta extensométrica valores de tensões de compressão ao redor de 10 a 15 kgf/cm^2 , bastante próximos das previsões do modelo estrutural do Projeto (adotado à época), e que o concreto especificado para o local (mistura 76 CT 37), com 111 kg/m^3 de cimento e 37 kg/m^3 de pozolana, apresentou os seguintes dados de resistência média (para um universo de 330 amostras):

Idade (dias)	7	28	90	180
Resistência Média à Compressão (kgf/cm^2)	132	228	256	263
Coeficiente de Variação (%)				10,3
Resistência Mínima obtida (f_{ck} obtido) (kgf/cm^2)				215

Admitindo um **Coefficiente de Segurança de 3,0** para os carregamentos normais haveria uma necessidade de:

$$f_{ck} \geq 3,0 \times 15 \text{ kgf/cm}^2 = 45 \text{ kgf/cm}^2.$$

Observa-se, então, que o material (concreto) utilizado tem propriedade resistente de sobra ($215/45 = 4,8$ vezes). Isso significa um grande desperdício do material.

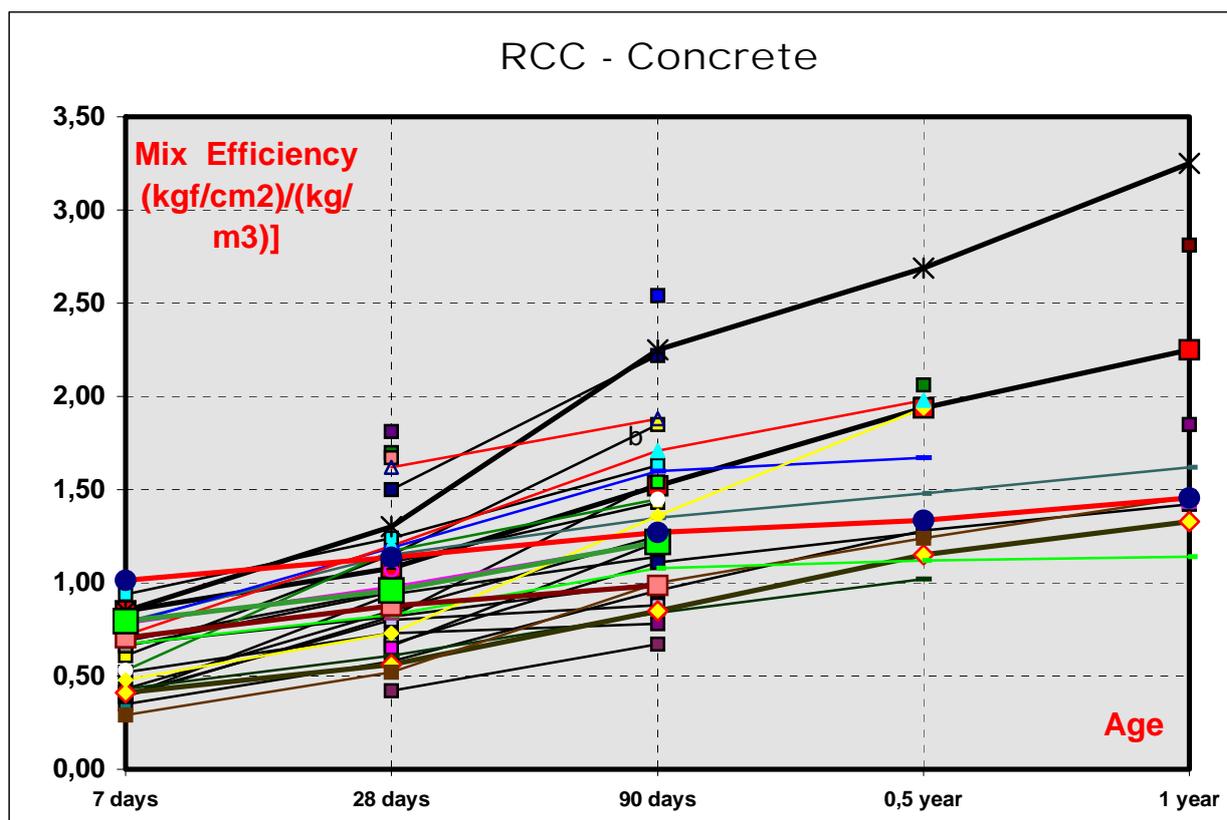
Essa auscultação ratifica as ponderações precedentes quanto às tensões efetivas e resistência mínima requerida.

Salienta-se, paradoxalmente, que Ilha Solteira foi a pioneira em adotar o zoneamento de classes de concreto, nas estruturas.

3.2.3- Evolução da Resistência do Concreto

É evidente que a Resistência a Compressão do concreto não é a única Propriedade do Concreto a ser gerenciada em um Projeto.

Entretanto é oportuno lembrar que várias propriedades do concreto são evolutivas com a idade, dentre as quais pode-se citar a Resistência a Compressão.



3.2.4- Barragens em Arco Dupla Curvatura e Arco Gravidade

A leitura dos Documentos para a Licitação de uma determinada obra, recente, fez-se deparar com a seguinte citação:

“... A opção de barragem de concreto em arco, mesmo que a primeira vista, levando em conta apenas as características topomorfológicas, apresentasse favoráveis ao seu estudo, foi descartada devido a pouca experiência brasileira na execução de obras deste tipo...”

Disso pode-se indagar:

Que experiência, na atualidade, seria necessária?

Quanto custaria para trazer um Profissional com a citada experiência, no tema ?

O que o País, a Comunidade Técnica, as Empresas de Consultoria, os Construtores, capitalizariam com isso?

3.2.5- Sistema de Estanqueidade e Drenagem

O sistema de estanqueidade mais utilizado nas obras brasileiras de CCR (aplicado em 84% das obras) é o do uso de Concreto Convencional Vibrado (CVC) junto a forma, constituído-se no Concreto de Face. Essa prática é consistente com a maioria aplicada nos Países de maior uso do CCR, bem como com as defesas de Projeto nas grandes de Concreto Massa no Brasil, desde os anos 60.

Cuidado especial deve ser mencionado quanto a dosagem desse concreto de face. Consumos de aglomerante acima de 180 kg/m^3 , normalmente levam à fissuração.

Complementando o sistema de estanqueidade, uma rede de drenagem conectando às galerias, normalmente tem sido a prática adotada.

3.2.6- Juntas de Contração

As Juntas de Contração, normalmente são espaçadas ao redor de 20m a 25m, sendo preponderante a adoção de 20m.

3.2.7- Arranjos

Uma particularidade que deve ser considerada nas obras de barragens no Brasil. Nas Hidroelétricas, diferentemente de outros tipos de barramentos, pode haver a necessidade de se colocar vertedouros com comportas sobre a barragens (para controle de grandes vazões, como no caso de Salto Caxias, que possui um vertedouro com capacidade para $49,000 \text{ m}^3/\text{s}$)

A colocação do Vertedouro, com comportas de controle sobre uma barragem, tem implicações de ordem cronológica, devido ao tempo requerido para a construção dos Pilares em CVC, bem como as respectivas montagens hidromecânicas, criando então um conflito programático.

Complementarmente a existência de pilares, comportas, etapas de construção implicam em:

- ✓ Cuidados na otimização dos acessos;
- ✓ Cuidados no dimensionamento de recursos (equipamentos e mão de obra);
- ✓ Cuidados na otimização de formas;
- ✓ Cuidados nas etapas construtivas;
- ✓ Cuidados na qualificação das equipes (devido à atividades distintas);
- ✓ Cuidados em planejar o uso de materiais para todas finalidades –CCV e CCR, e outras aplicações (ensecadeiras, aterros, etc..)

Todos essas dificuldades, sem dúvida alguma, introduzem custos adicionais e dificuldades cronológicas. Há a necessidade de se buscar uma “ **Melhor Engenharia**” nesse aspecto. O uso de RCC nessas situações requer uma maior reflexão.

De outro modo, porem, as barragens de controle de cheias, como as construídas no Nordeste, geralmente possuem vertedouro de soleira livre, facilitando a construção.

3.3- Aspectos de Materiais

3.3.1- Aglomerantes Tradicionais

Situação comercial do Cimento e Materiais Pozolânicos no Brasil tem sido motivo para uma “grita” geral no meio Construtor. Um pequeno exercício evidencia o quadro a seguir:

Ou seja: Os custos do aglomerante praticado em vários lugares do Brasil, tem levado os Construtores a preferir a solução de outros tipos de barramento, distinto ao de concretos.

Projeto UHE	Ano	Tipo de Barramento	Volume (m3)		Aglomerante			Custo	
			Concreto	Enrocamento	Médio kg/m3	Total t.	Diferença t	100	70
ITA	1.994	CCR- GRAVIDADE	3.480.000		95	330.600		33.060.000	23.142.000
	1.996	Enrocamento+Face	500.000	15.000.000	210	105.000	225.600	10.500.000	
CAMPOS NOVOS	1.997	CCR-ARCO GRAVIDADE	3.000.000		120	360.000		36.000.000	25.200.000
	1.999	Enrocamento+ Face	350.000	16.000.000	248	86.800	273.200	8.680.000	
ITAPEBI	1.997	CCR-GRAVIDADE	1.425.000		95	135.375		13.537.500	9.476.250
	1.998	CCR-ARCO GRAVIDADE	1.050.000		100	105.000		10.500.000	7.350.000
	1.999	Enrocamento+ Face	250.000	6.000.000	240	60.000	75.375	6.000.000	
BARRA GRANDE	1.986	CCR- GRAVIDADE	2.800.000		105	294.000		29.400.000	20.580.000
	2.000	Enrocamento+ Face	345.000	13.000.000	250	86.250	207.750	8.625.000	
ITAOCARA	2.001	CCR- GRAVIDADE	800.000		105	84.000		8.400.000	5.880.000
	2.001	Enrocamento+ Núcleo	120.000	3.000.000	200	24.000	60.000	2.400.000	
Diferença Total							841.925	120.397.500	84.278.250
								36.205.000	48.073.250

3.3.2- Micro- Sílica

As tentativas de uso de Microsílica se confinam aos estudos laboratoriais e às questões de preço.

3.3.3- Pó de Pedra

O emprego do “Pó de Pedra”, prática desenvolvida no Brasil, tem sido empregada desde a construção da Barragem do Jordão, cada dia mais com maior conhecimento, tanto no

aspecto do “fechamento” granulométrico, bem como para uma melhor coesividade da mistura de CCR, como também, em vários casos com vantagens análogas aos materiais pozolânicos.

3.3.4- Solo Cimento

A dimensão territorial, possibilita ampliar os estudos sobre os materiais, e induz à busca do benefício econômico do uso dos mesmos.

O Solo- Cimento, foi considerado, no nascedouro da ideia do CCR (Jerome Raphael-1972) como um material de grandes possibilidades para emprego como elemento estrutural de barragens.

Estudos já realizados no Brasil (CESP) evidenciaram a possibilidade de obter materiais com propriedades resistentes análogas as dos concretos massa.

Isso torna-se em uma opção relevante para a construção de barramentos.

E, por outro lado, observa-se que os Japoneses já estão utilizando esse tipo de material para essa finalidade.

Mas, como a prática evidencia, logo estar-se-á copiando, de outros Países, aquilo que já foi também desenvolvido aqui!

Resistência à Compressão Axial Simples (MPa) - Solo tipo: A-2-4

Consumo (%) (kg/m ³)	SOLO+ 2% CIMENTO	SOLO+ 4% CIMENTO	SOLO+ 6% CIMENTO	SOLO+ 8% CIMENTO	SOLO+ 10% CIMENTO
	32,3	64,2	94,7	125,8	155,8
3 dias	3	3	5	6	9
7 dias	3	4	5	7	9
28 dias	4	6	8	10	13
90 dias	4	7	9	13	16
180 dias	3	7	11	15	18
360 dias	2	6	11	14	18

3.4- Aspectos de Construtibilidade

Os aspectos de Construtibilidade estão intimamente ligados às condicionantes de Prazo e Custos.

Assim é que países como os Estados Unidos e Japão, onde a Mão de Obra é “cara” há a tendência de se valer dos equipamentos.

Nos Estados Unidos, vê-se também a busca da execução Rápida, o que não é muito rotineiramente visto no Japão.

A padronização é, entretanto, mais rotineiramente vista no Japão, e não nos Estados Unidos, onde se caracteriza por uma preferência pela diversificação.

As obras executadas pelos Construtores da Espanha, que na Espanha como fora de lá, se caracterizam também por uma maior intensidade de equipamentos.

Nas obras da China não se vê uma tendência clara, observando-se todos os panoramas.

No Brasil, há ainda o conceito da Mão de Obra barata, e há uma carência de Planejamento, com a maioria dos Construtores acostumados a exercer, ainda, Preços e não Custos.

O emprego do sistema rampado que agora se transfere para o CCR, também contribui para a otimização da metodologia e redução de custos.

3.5- Aspectos de Custos

Os aspectos de custos nas obras de CCR no Brasil englobam:

- ❑ O investimento em equipamentos para produção dos agregados;
- ❑ O investimento em equipamentos para produção dos concretos
- ❑ Custo do aglomerante;
- ❑ Projetos conservadores.

4- POSSIBILIDADES- TENDÊNCIAS , SIMPLIFICAÇÕES E OTIMIZAÇÕES

4.1- Aspectos de Projetos

- Necessidade de rever (se é o caso, ou de usar!) os dados obtidos pelas instrumentações e decorrentemente reavaliar e otimizar os níveis de tensões mínimas requeridas;
- Analisar os aspectos práticos quanto a inexistência de Sismicidade e a adoção de taludes mais apropriados a realidade do Território;
- Avaliar os benefício de emprego de barragens em arco, ou pelo menos arco-gravidade.

4.3- Aspectos de Materiais

Considerar a disponibilidade de uso de Solo- Materiais Granulartes- Cimento

4.4- Aspectos de Construtibilidade

Intensificar a metodologia do processo “Rampado”