

# BARRAGENS EM CCR

## - O Concreto Compactado a Rolo -

## - E O DECORRENTE INTERESSE PARA O BRASIL

*Francisco Rodrigues Andriolo*

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda  
 Rua Cristalândia 134- 05465-000- São Paulo- Brasil  
 Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069  
 e-mail: [fandrio@attglobal.net](mailto:fandrio@attglobal.net) site: [www.andriolo.com.br](http://www.andriolo.com.br)



<b>Data</b>	<b>9 março 2004</b>
<b>Local</b>	<b>Auditório da SRH Itaigara - Salvador/BA</b>
<b>Horário</b>	<b>8:00 às 18:30 horas</b>

### 1º ENCONTRO TÉCNICO SOBRE O USO DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO - CCR, NA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS

#### OBJETIVO

Discutir a prática atual e perspectivas para os próximos anos da tecnologia de **Concreto Compactado com Rolo – CCR**; os tipos de CCR utilizados atualmente em termos mundiais e os recursos executivos mais modernos, por meio de uma abordagem técnica por parte de especialistas de renome nacional e internacional, aspectos decisórios de ordem tecnológica, de planejamento e de custos para a execução de obras de CCR; com ênfase para sua aplicação em obras de barragens.

Nortear os participantes sobre as decisões técnicas para a seleção do método construtivo, indicando concepções de arranjos, critérios de dimensionamento e estimativa de custos.

REALIZAÇÃO



APOIO



---

## RESUMO

### 1- ASPECTOS DE EVENTUAL INTERESSE PARA O BRASIL

#### 1.1- Generalidades

#### 1.2- Aspectos de Projetos

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

### 2- ASPECTOS DE MATERIAIS

#### 2.1- Aglomerantes Tradicionais

#### 2.2- Micro- Sílica

#### 2.3- Pó de Pedra

#### 2.4- Solo Cimento

#### 2.5- Aspectos de Construtibilidade

#### 2.6- Aspectos de Custos

### 3- POSSIBILIDADES- TENDÊNCIAS , SIMPLIFICAÇÕES E OTIMIZAÇÕES

#### 3.1- Aspectos de Projetos

#### 3.2- Aspectos de Materiais

#### 3.2- Aspectos de Construtibilidade

## RESUMO

Nesta apresentação é debatido sobre o panorama de disponibilidades e opções sugeridas para, eventualmente, ampliar o emprego das Construções de Barragens em CCR- Concreto Compactado a Rolo.

São considerados os aspectos relacionados às Concepções de Projeto, as disponibilidades e condições de mercado e custo dos materiais de construção, os aspectos alternativos disponíveis para as diversas regiões e objetivos do País.

# 1- ASPECTOS DE EVENTUAL INTERESSE PARA O BRASIL

## 1.1- Generalidades

O Brasil tem aproximadamente  $8,5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ , com cerca de 40% dos Rios- Vazão\*Km, do Mundo, mas possui também áreas com carência de água e com extrema necessidade de condições para Desenvolvimento.

Isso engloba a necessidade de construção de barramentos para os diversos usos da Água.

## 1.2- 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, adotado em vários projetos de barragens;

## 1.3- 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  $H=70\text{m}$  ( A média de altura das Barragens do Setor Elétrico se situa ao redor de 60m, e as de Abastecimento, Perenização e Irrigação, provavelmente, se situe ao redor da metade, ou seja 30-35m). tem-se:

13/03/05

**Salvador - Bahia – Março 2004**

Altura da Barragem (m)	Talude Montante	Talude Jusante	Tensão efetiva-CCN <sup>(a)</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensão efetiva – CCE <sup>(b)</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de Segurança	Resistência Característica (f <sub>ck</sub> ) - (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistência Média a ser obtida (f <sub>ei</sub> ) <sup>(c)</sup> - (kgf/cm <sup>2</sup> )	Idade de obtenção (dias) dos valores mínimos	Consumo estimado de aglomerante (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>(d)</sup>
<b>70</b>	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 Normal- 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<sub>ck</sub>*  
 (d) – *Rendimento (kgf/cm<sup>2</sup>)/ (kg/m<sup>3</sup>) de 1,25 à idade de 180 dias*

Ou seja, a conceituação de um f<sub>ck</sub> ≥ 7,5 MPa aos 180 dias, poderia ser plenamente adotada, o que levaria a um consumo de cerca de 60 kg/m<sup>3</sup> de aglomerante (cimento+ material pozolânico). Diante disso pode-se indagar:

***Qual a razão de se Especificar consumos da ordem 100kg/m<sup>3</sup> 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.

## 2- ASPECTOS DE MATERIAIS

### 2.1- 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 Dos Estudos	Tipo de Barramento	Volume (m3)		Aglomerante			Custo	
			Concreto	Enrocamento	Médio kg/m <sup>3</sup>	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	
<b>Diferença Total</b>							<b>841.925</b>	<b>120.397.500</b>	<b>84.278.250</b>
								<b>36.205.000</b>	<b>48.073.250</b>

### 2.2- Micro- Sílica

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

### 2.3- 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.

### 2.4- Solo Cimento

A dimensão territorial, possibilita (para não dizer- Exige!) 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 (%)	SOLO+ 2% CIMENTO	SOLO+ 4% CIMENTO	SOLO+ 6% CIMENTO	SOLO+ 8% CIMENTO	SOLO+ 10% CIMENTO
(kg/m <sup>3</sup> )	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

## 2.5- Aspectos de Construtibilidade

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

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.

## 2.6- 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.

## **3- POSSIBILIDADES- TENDÊNCIAS , SIMPLIFICAÇÕES E OTIMIZAÇÕES**

### **3.1- 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.

### **3.2- Aspectos de Materiais**

Considerar a disponibilidade de uso de Solo- Materiais Granulares- Aglomerante

### **3.2- Aspectos de Construtibilidade**

Intensificar a metodologia do processo “Rampado”