

**Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO  
COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



# USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**Instituto de Engenharia**

**São Paulo**

**18 de Setembro de 2019**



**Eng. Francisco Rodrigues Andriolo**

**Andriolo Engenharia LTDA**

**[www.andriolo-eng.com](http://www.andriolo-eng.com) [fandrio@andriolo-eng.com](mailto:fandrio@andriolo-eng.com)**

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**

**Instituto de Engenharia**

**São Paulo**

**18 - Setembro - 2019**

## **ASPECTOS CONCEITUAIS**

O **CCR** é um **CONCRETO**, composto por aglomerante (cimento e material pozolânico se disponível), agregados (graudos, miúdos e filler se disponível); água e eventualmente aditivos.

Possui **características e propriedades semelhantes as dos concretos convencionais**<sup>[15 a 21]</sup>, cuja **diferença básica é o Conceito de Trabalhabilidade-Consistência**, que induz à identidade metodológica de ser **manuseado (Transportado-Espalhado-Adensado) como um terrapleno, em camadas de 0,3m de altura.**

É uma **Metodologia de Construção** e não  
uma **Técnica de Projeto** !



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS CONCEITUAIS**



**Mistura quase seca (semelhante a um aluvião arenoso), manuseada como material para maciços de solo e rocha**



## **USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

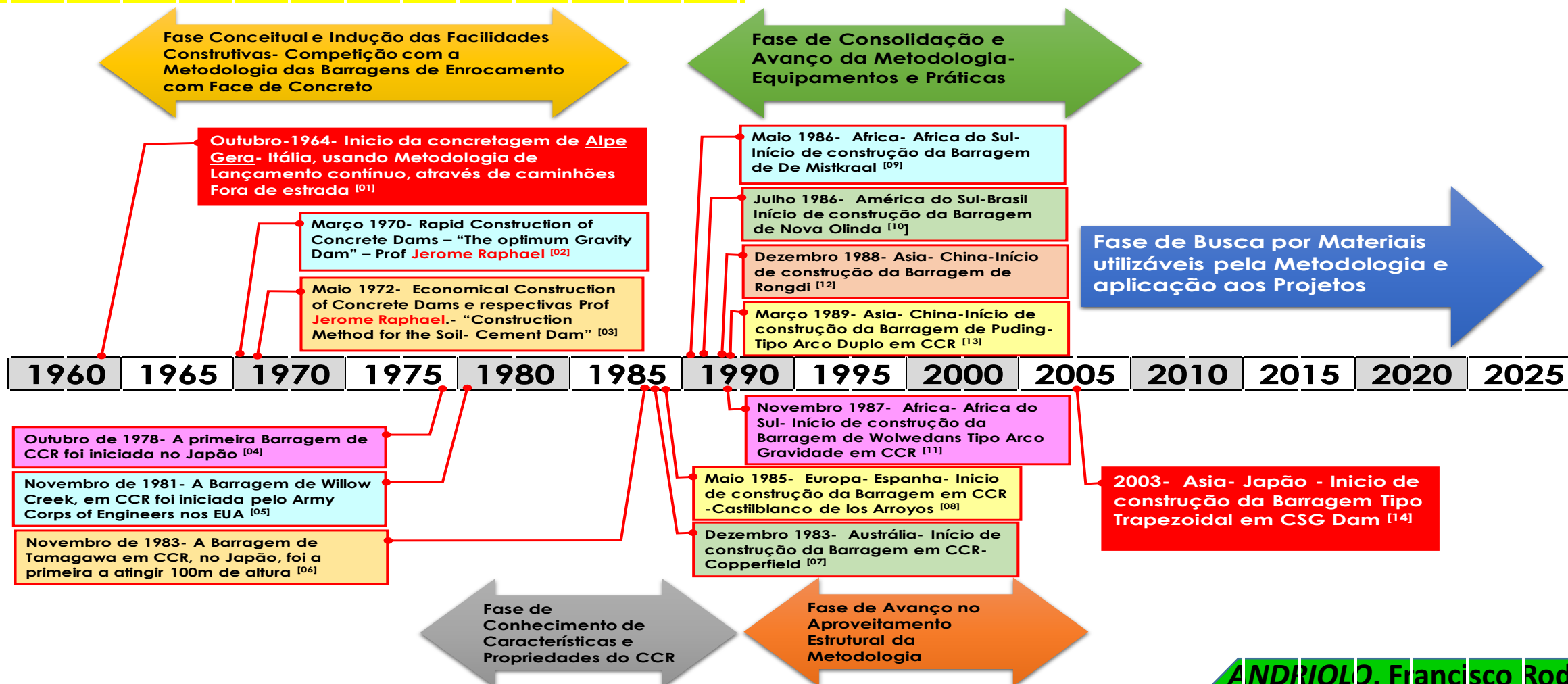
São Paulo

18 -Setembro -2019

# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## BREVE RESUMO CRONOLÓGICO



USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

ANDRIOLLO, Francisco Rodrigues

Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



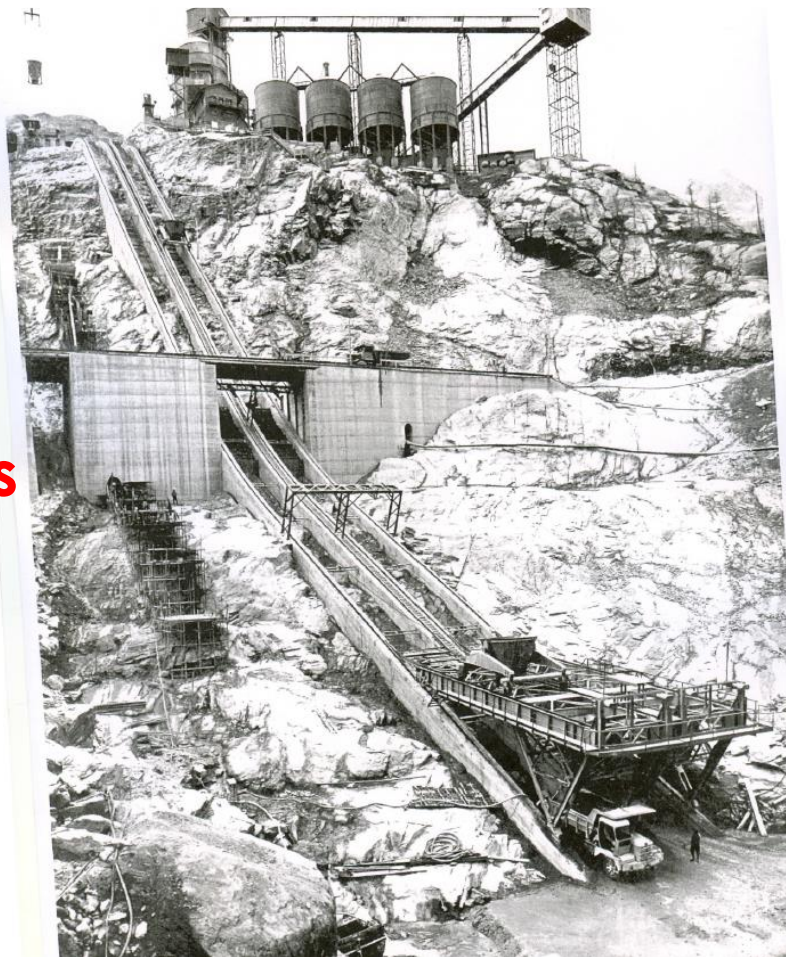
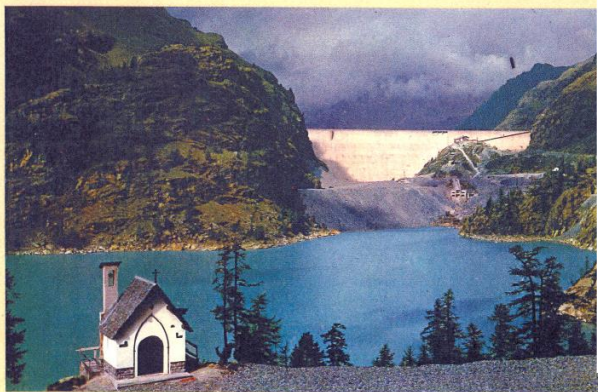
# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## BREVE RESUMO CRONOLÓGICO

LA  
ITALSTRADA  
IN  
VAL MALENCO

Alpe Gera-1964-[01]  
Camadas continuas  
em CVC



inclinati per la conse-  
gli calcestruzzo sul pia-  
getto; in alto la torre  
e i silii del cemento,  
so la stazione retrattile  
trasbordo del calce-  
sugli autocarri.

Getti diga a quota 2009 (11 luglio 1964)



USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO**, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo

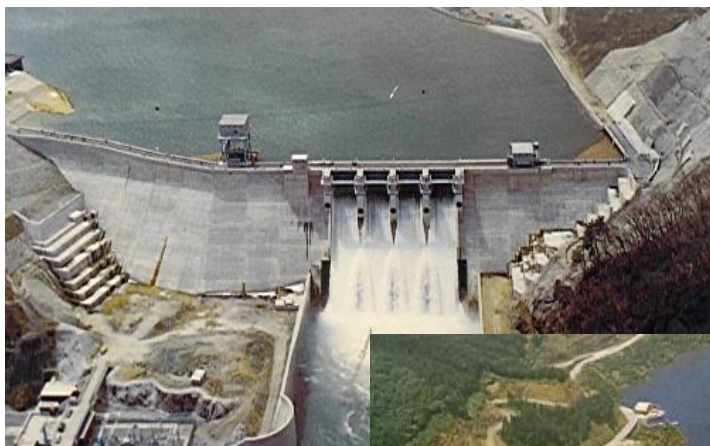
18 -Setembro -2019



# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## BREVE RESUMO CRONOLÓGICO

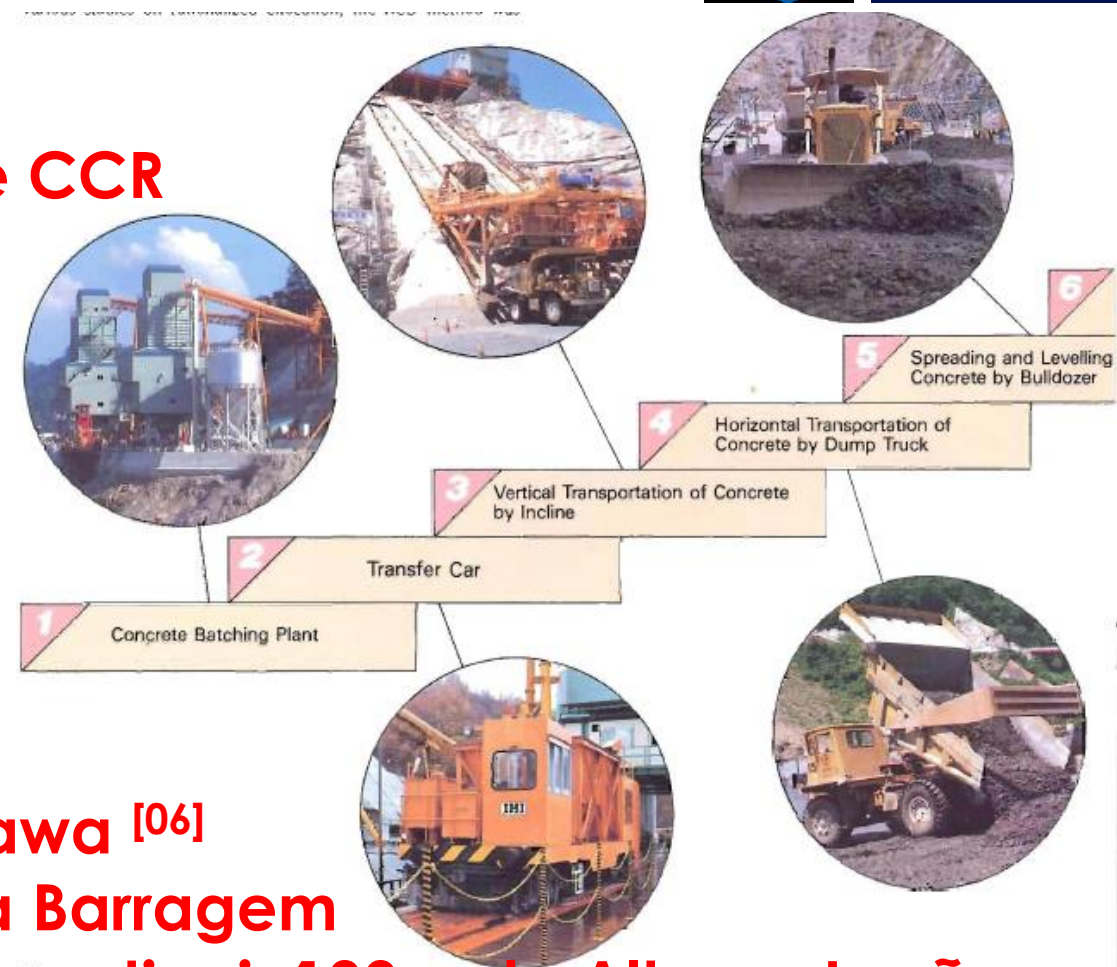


**Ohkawa <sup>[04]</sup>**  
**Primeira Barragem de CCR**  
**no Japão- 1978**



**Shimajigawa <sup>[04]</sup>** Barragem de  
**CCR no Japão- 1980**

**Tamagawa <sup>[06]</sup>**  
**Primeira Barragem**  
**de CCR a atingir 100m de Altura –Japão-**  
**1983**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-**  
**EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

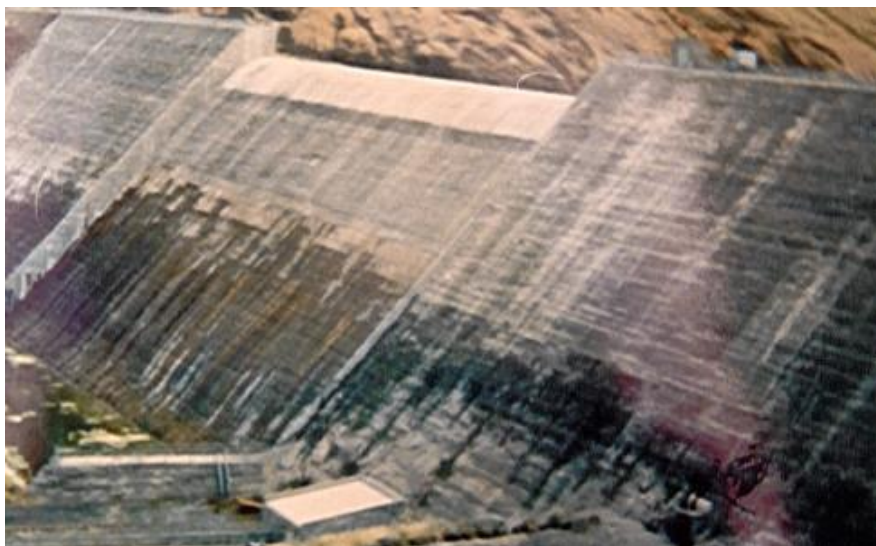
**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

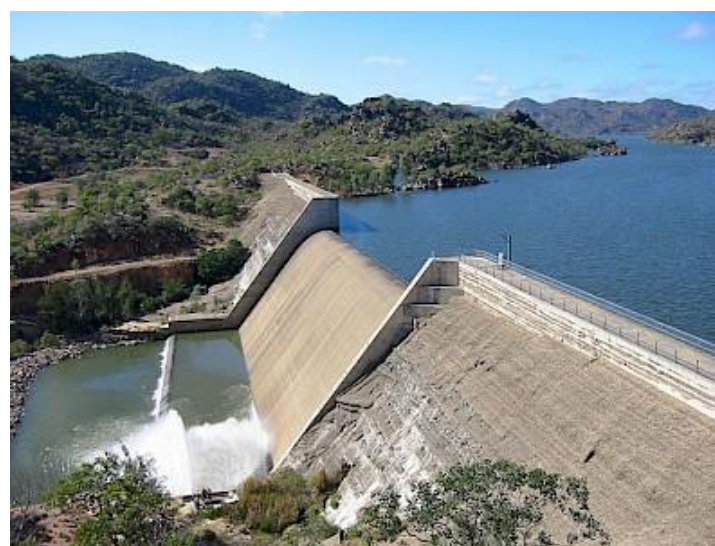
18 -Setembro -2019



## **BREVE RESUMO CRONOLÓGICO**



**Willow Creek <sup>[05]</sup>  
Primeira Barragem de CCR  
nos Estados Unidos- 1981**



**Copperfield <sup>[07]</sup> Primeira  
Barragem de CCR  
na Austrália- 1983**



**Castillblanco de Los  
Arroyos<sup>[08]</sup> Primeira  
Barragem de CCR  
na Europa-Espanha-1985**

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

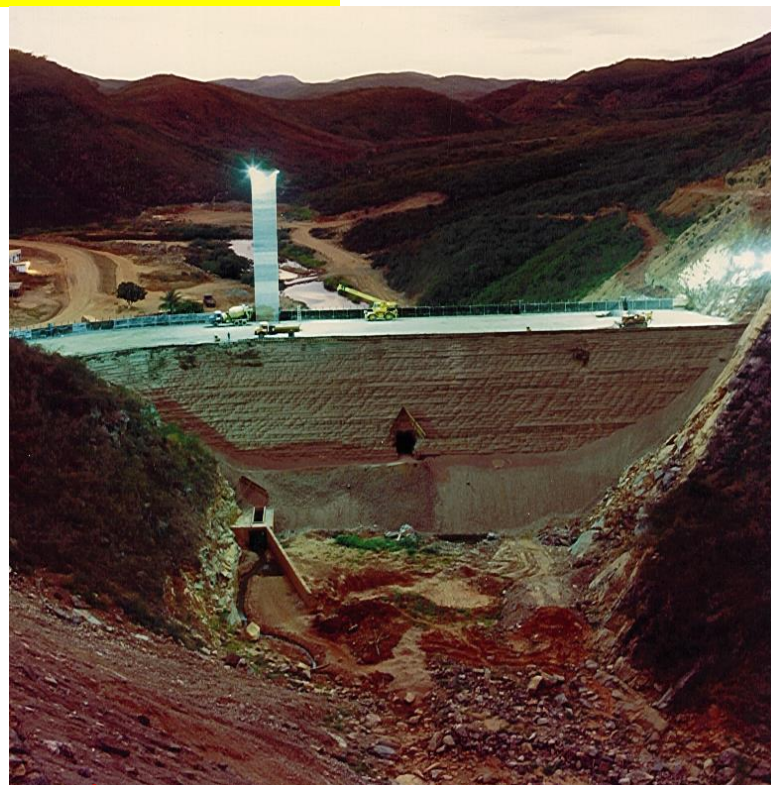
**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



## BREVE RESUMO CRONOLÓGICO



**Nova Olinda-1986-<sup>[10]</sup> Primeira Barragem em CCR na América do Sul-Brasil.**  
Embora outras aplicações do CCR tenham ocorrido antes, em Itaipu (1978),  
São Simão (1977/1978)

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

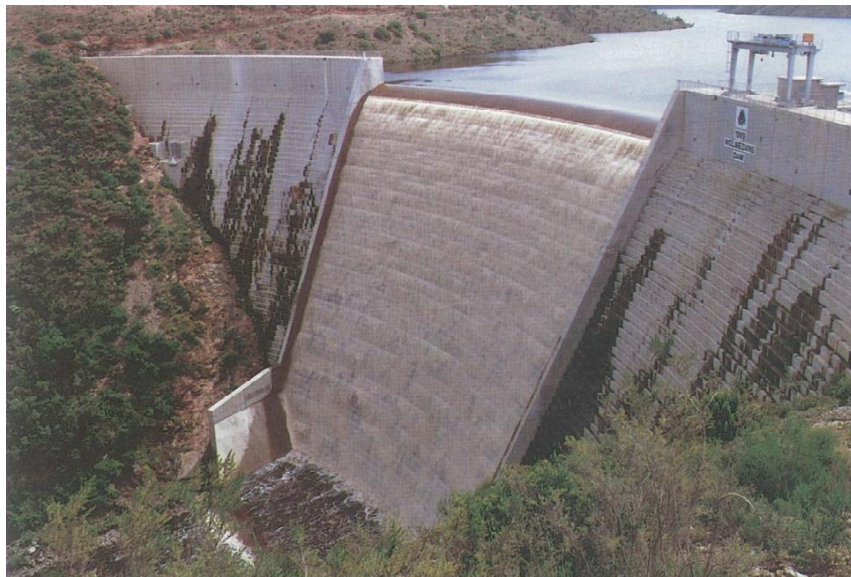
**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



## BREVE RESUMO CRONOLÓGICO



**De Mistkraal <sup>[09]</sup>**

**Primeira Barragem de CCR  
na Africa-Africa do Sul-1986**

**Wolvedans <sup>[11]</sup>**

**Primeira Barragem Arco  
Gravidade em CCR  
na Africa-Africa do Sul-  
1987**

**Puding <sup>[13]</sup>**

**Primeira Barragem Arco  
Duplo em CCR  
na Ásia-China-1989**

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

## **BRASIL E PRINCIPAIS PAISES**

Há (**atualmente-2019**) cerca de **680** barragens<sup>[22]</sup> em CCR em todo o mundo e a China (que representa cerca de **32%** do total de Barragens) é o país que mais usa a metodologia do CCR, seguindo pelo Brasil (com cerca de **26%** do total das barragens de CCR) e depois o Japão (**~ 8%**) e os EUA (**~ 7%**).

Esses quatro Países são responsáveis por mais de **70%** das Barragens de CCR em todo o Mundo, e foram os que mais estudaram as Propriedades do CCR.

Cada um desses países tem diferentes disponibilidades de materiais, relevo e abordagem diferente em suas próprias práticas como se pode citar, a China que é o País com o maior número de barragens do tipo arco gravidade e duplo arco como pode ser resumido a seguir



Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO  
COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



BRASIL E PRINCIPAIS PAISES

| Name              | Dam Type      | Country          | Purpose      | Start     | Finish | Height (m) | Crest Length (m) | Volume (m³) *1000 |     | Water   | Cemetitious Materials |                  |               |               |     |
|-------------------|---------------|------------------|--------------|-----------|--------|------------|------------------|-------------------|-----|---------|-----------------------|------------------|---------------|---------------|-----|
|                   |               |                  |              |           |        |            |                  | Total             | RCC | (kg/m³) | Cement (kg/m³)        | Addition (kg/m³) | Addition Type | Total (kg/m³) |     |
| Puding            | Arch          | China            | H I W        | 1989      | 1994   | 75         | 196              | 145               | 103 | 94      | 85                    | 103              | Fly Ash       | 188           |     |
| Wenquanbao        |               |                  | F H I W      | 1992      | 1995   | 48         | 188              | 63                | 55  | 84      | 54                    | 99               |               | 153           |     |
| Xinbin            | Arch- Gravity |                  | H + W        | 1993      | 1996   | 64         | 93               | 33                | 25  | 107     | 110                   | 68               |               | 178           |     |
| Hongpo            |               |                  | W            | 1993      | 1999   | 55         | 44               | 77                | 71  | 91      | 95                    | 78               |               | 173           |     |
| Shapai            | Arch          |                  | H            | 1997      | 2003   | 130        | 250              | 383               | 380 | 100     | 80                    | 120              |               | 200           |     |
| Shimenzi          |               |                  | H I W        | 1998      | 2001   | 109        | 16               | 211               | 188 | 87      | 79                    | 105              |               | 184           |     |
| Longshou          | Arch- Gravity |                  | H            | 1999      | 2002   | 80         | 258              | 210               | 187 | 82      | 54                    | 99               |               | 153           |     |
| Bailianya         |               |                  | F H I W      | 2005      | 2009   | 105        | 422              | 560               | 485 | 100     | 108                   | 72               |               | 180           |     |
| Wolwedans         | Arch- Gravity |                  | South Africa | W         | 1987   | 1990       | 70               | 268               | 210 | 180     | 94                    | 89               |               | 89            | 178 |
| Knellpoort        |               |                  |              | W         | 1988   | 1989       | 50               | 200               | 59  | 45      | 93                    | 93               |               | 110           | 203 |
| Gomal Zarn        |               |                  | Pakistan     | F - H - I | 2002   | 2011       | 133              | 231               | 474 | 390     | 85                    | 62               |               | 110           | 172 |
| Changuinola I     |               |                  | Panama       | H         | 2007   | 2011       | 105              | 595               | 910 | 884     | 83                    | 96               |               | 109           | 205 |
| Portugues         |               | USA -Puerto Rico | F            | 2008      | 2011   | 67         | 375              | 310               | 270 | 78      | 55                    | 108              | 163           |               |     |
| Kotanli II        |               | Turkey           | H            | 2012      | 2015   | 70         | 252              | 250               | 245 | 108     | 56                    | 84               | 140           |               |     |
| Koroglu Kotanli i |               |                  | H            | 2015      | 2017   | 100        | 404              | 680               | 640 | 90      | 72                    | 108              | 180           |               |     |
| Tabellout         |               | Algier           | I- W         | 2010      | 2015   | 121        | 366              |                   | 975 |         |                       |                  |               |               |     |
| Lihnekou          | Arch          | China            | H - I        | 2000      | 2003   | 97         | 311              | 293               | 229 |         |                       |                  | Fly Ash       |               |     |
| Shapai            |               |                  | H            | 1997      | 2003   | 130        | 250              | 383               | 380 |         |                       |                  |               |               |     |
| Zhaloaihe         |               |                  | H            | 2002      | 2005   | 105        | 206              | 254               | 166 |         |                       |                  |               |               |     |
| Dahuashui         |               |                  | H            | 2004      | 2007   | 135        | 198              | 650               | 550 |         |                       |                  |               |               |     |
| Huanghuazhai      |               |                  | H            | 2006      | 2008   | 110        | 275              | 275               | 280 |         |                       |                  |               |               |     |

ies

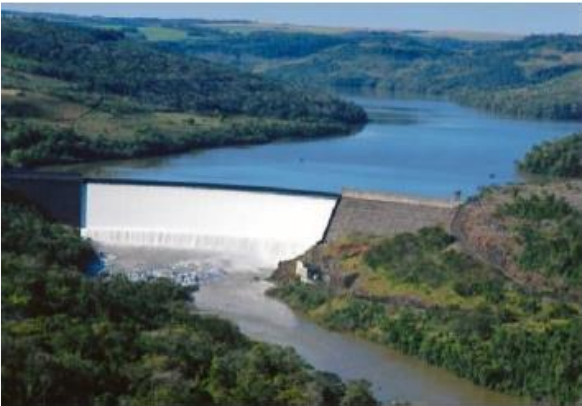
lo

19

**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**BARRAGENS BRASILEIRAS EM CCR**



| Nome                          | Jordão       |
|-------------------------------|--------------|
| Objetivo                      | Hidrelétrica |
| Data de Início                | 1994         |
| Data de Término               | 1995         |
| Altura (m)                    | 95           |
| Crista (m)                    | 550          |
| CVC (m³)                      | 77.000       |
| CCR (m³)                      | 570.000      |
| Tipo de Cimento               | Port. Poz.   |
| Cimento (kg/m³)               | 75           |
| Material Poz. (kg/m³)         |              |
| Finos na Areia (<0,075mm) (%) | 14 to 17     |



| Nome                          | Salto Caxias |
|-------------------------------|--------------|
| Objetivo                      | Hidrelétrica |
| Data de Início                | 1996         |
| Data de Término               | 1998         |
| Altura (m)                    | 68           |
| Crista (m)                    | 1.080        |
| CVC (m³)                      | 528.000      |
| CCR (m³)                      | 945.000      |
| Tipo de Cimento               | Port. Poz.   |
| Cimento (kg/m³)               | 80           |
| Material Poz. (kg/m³)         |              |
| Finos na Areia (<0,075mm) (%) | 12 to 15     |



| Nome                          | Santa Cruz do Apodi |
|-------------------------------|---------------------|
| Objetivo                      | Múltiplo            |
| Data de Início                | 1999                |
| Data de Término               | 2001                |
| Altura (m)                    | 57,5                |
| Crista (m)                    | 1660                |
| CVC (m³)                      | 10.000              |
| CCR (m³)                      | 1.023.000           |
| Tipo de Cimento               | OPC                 |
| Cimento (kg/m³)               | 80                  |
| Material Poz. (kg/m³)         |                     |
| Finos na Areia (<0,075mm) (%) | 18                  |



| Nome                          | Umari    |
|-------------------------------|----------|
| Objetivo                      | Múltiplo |
| Data de Início                | 2001     |
| Data de Término               | 2002     |
| Altura (m)                    | 42       |
| Crista (m)                    | 2.308    |
| CVC (m³)                      | 5.000    |
| CCR (m³)                      | 655.000  |
| Tipo de Cimento               | OPC      |
| Cimento (kg/m³)               | 70       |
| Material Poz. (kg/m³)         |          |
| Finos na Areia (<0,075mm) (%) | 18       |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



## ATENÇÕES NO PROJETO

O modelo estrutural a ser adotado em um Projeto de Barragem usando a Metodologia do CCR, é o mesmo usado para as Barragens de Concreto Vibrado Convencionalmente (CVC), quer seja:

- ☐ Gravidade;
- ☐ Gravidade em seção trapezoidal;
- ☐ Arco Gravidade;
- ☐ Arco dupla Curvatura (abóboda).

| GUADALEMAR                   |                                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Situación/Location: Badajoz. | Volumen embalse/Storage volume: 4 Hm³.              |
| Rio/River: Guadalemar.       | Volumen presa/Dam volume: 60.000 m³.                |
| Tipo/Type: HCR.              | Capacidad aliviadero/Spillway capacity: 1.600 m³/s. |
| Altura/Height: 13 m.         |                                                     |



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ATENÇÕES NO PROJETO**

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR  
BUREAU OF RECLAMATION

### **DESIGN OF GRAVITY DAMS**



DESIGN MANUAL FOR CONCRETE GRAVITY DAMS



A Water Resources Technical Publication



### **CONCRETE DAMS**

#### **CHAPTER 2 GRAVITY DAMS**

(CHAPTER 1 ARCH DAMS is issued under separate cover)

UNITED STATES  
DEPARTMENT OF THE INTERIOR  
BUREAU OF RECLAMATION  
OFFICE OF CHIEF ENGINEER  
DENVER, COLORADO



US Army Corps  
of Engineers

ENGINEERING AND DESIGN

EM 1110-2-2200  
30 June 1995

### **Gravity Dam Design**

ENGINEER MANUAL



## **Manuais e Critérios de Projeto -Usuais**

# **USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

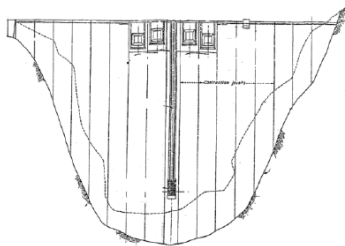
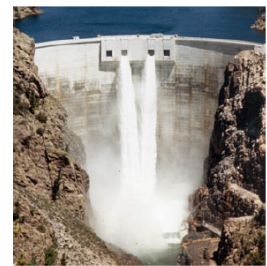


**ATENÇÕES NO PROJETO**



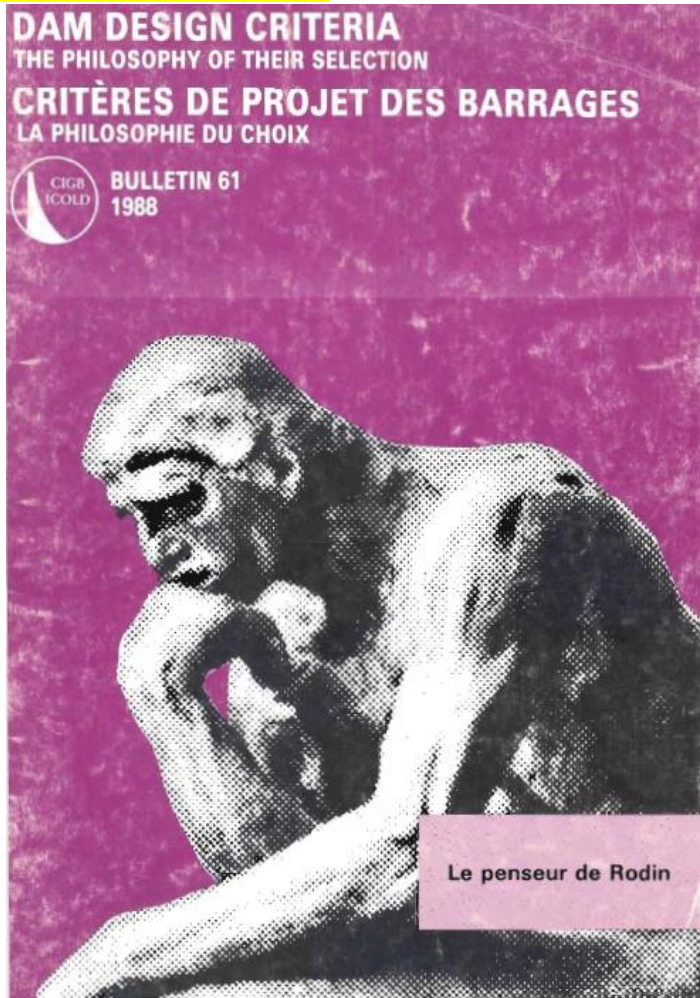
Technical Memorandum No. EM36-86-68110 (IN PROGRESS)

**IN PROGRESS**  
Design of Double-Curvature Arch Dams  
Planning, Appraisal, Feasibility Level  
(Final Report scheduled for FY 2013)



U.S. Department of the Interior  
Bureau of Reclamation  
Technical Service Center  
Denver, Colorado

October 19, 2012 – In Progress



|                                           |                                                                                                      |                               |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| CECW-ED<br>Engineer Manual<br>1110-2-2201 | Department of the Army<br>U.S. Army Corps of Engineers<br>Washington, DC 20314-1000                  | EM 1110-2-2201<br>31 May 1994 |
|                                           | Engineering and Design<br>ARCH DAM DESIGN                                                            |                               |
|                                           | <b>Distribution Restriction Statement</b><br>Approved for public release; distribution is unlimited. |                               |

**Manuais e Critérios de Projeto -Usuais**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## ATENÇÕES NO PROJETO



US Army Corps  
of Engineers  
ENGINEERING AND DESIGN

EM 1110-2-2006  
15 January 2000

### Roller-Compacted Concrete

ACI 207.5R-11

#### Report on Roller-Compacted Mass Concrete

Reported by ACI Committee 207

ENGINEER MANUAL



American Concrete Institute®  
Advancing concrete knowledge

### RECLAMATION

Managing Water in the West

Design and Construction Considerations for Hydraulic Structures

#### Roller-Compacted Concrete

Second Edition



U.S. Department of the Interior  
Bureau of Reclamation  
Technical Service Center  
Denver, Colorado

September 2017

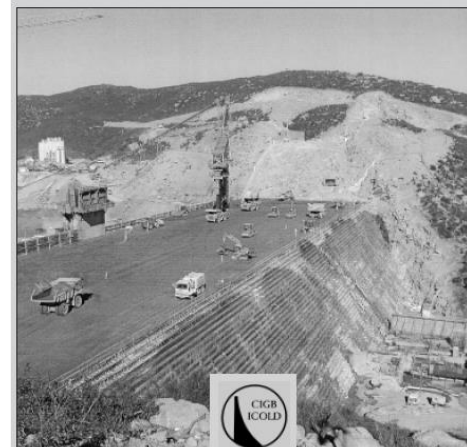
### ROLLER-COMPACTED CONCRETE DAMS

State of the art and case histories

#### BARRAGES EN BÉTON COMPACTÉ AU ROULEAU

Technique actuelle et exemples

Bulletin 126



# ICOLD

COMMITTEE ON CONCRETE DAMS

### ROLLER-COMPACTED CONCRETE DAMS



March 2018

## Manuais e Critérios de Projeto -Usuais

# USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO**, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



## **ATENÇÕES NO PROJETO**

Entretanto **certos cuidados adicionais** são recomendáveis:

- ❖ O **Sistema de estanqueidade** a ser adotado devido ao número de Juntas de Construção (a cada 0,3m de espessura/altura);
- ❖ Os requisitos quanto ao tratamento da Superfície dessas Juntas de Construção;
- ❖ O aspecto da Termogenia, principalmente nas barragens em Arco (seja Gravidade ou Abóboda)
- ❖ O aspecto da Fluência do CCR devido às velocidades de construção, podendo induzir Fissurações em zonas de inflexões acentuadas;
- ❖ O aspecto de Decisões e Tomadas de Ações no Controle de Qualidade;
- ❖ Os aspectos de Procura e Suprimento associados ao Planejamento de Construção.

## ATENÇÕES NO PROJETO



**Barragens de Myagase (1990) e Urayama (1992), com cerca de 150 m de altura, em CCR, no Japão- Estanques**

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO**, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo

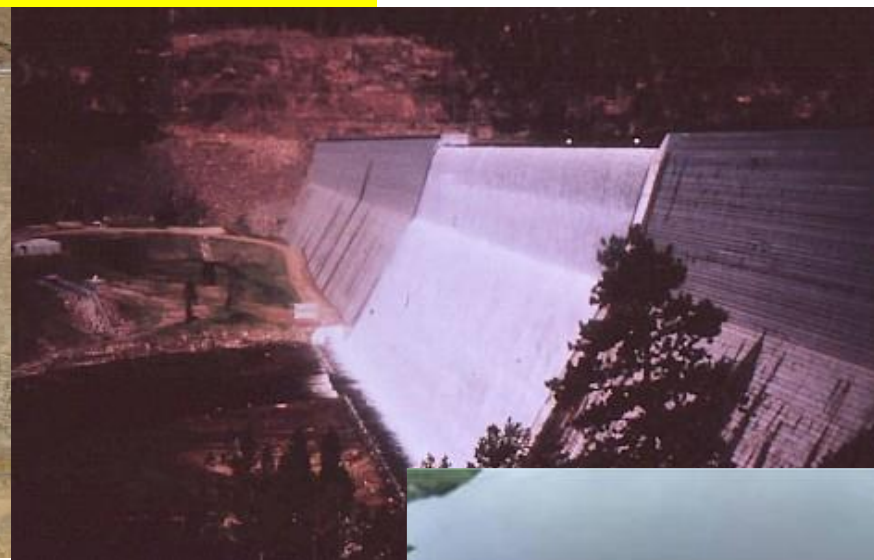
18 -Setembro -2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ATENÇÕES NO PROJETO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

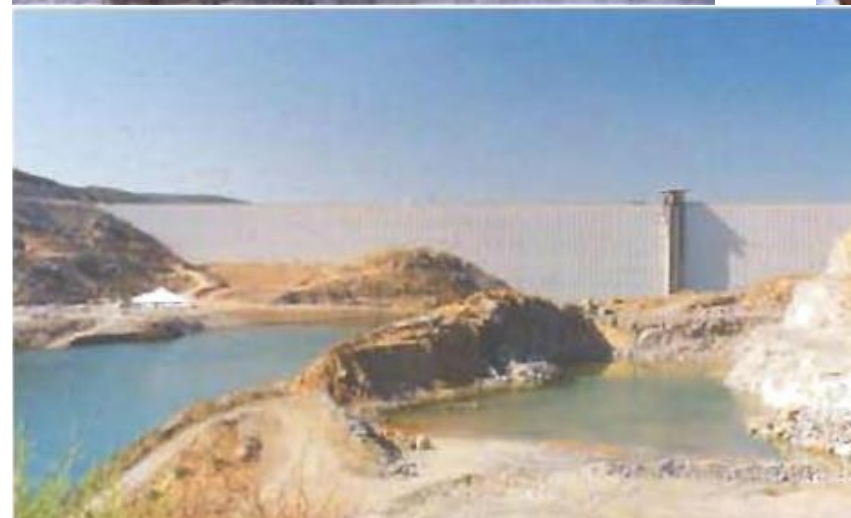
18 - Setembro - 2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ATENÇÕES NO PROJETO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

## ATENÇÕES NO PROJETO



Comitê Brasileiro de  
Grandes Barragens

### XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

Concreto Rolado - Uma Opção para a Futura U.H. Barra Grande

ANAIS

Belo Horizonte, novembro de 1985

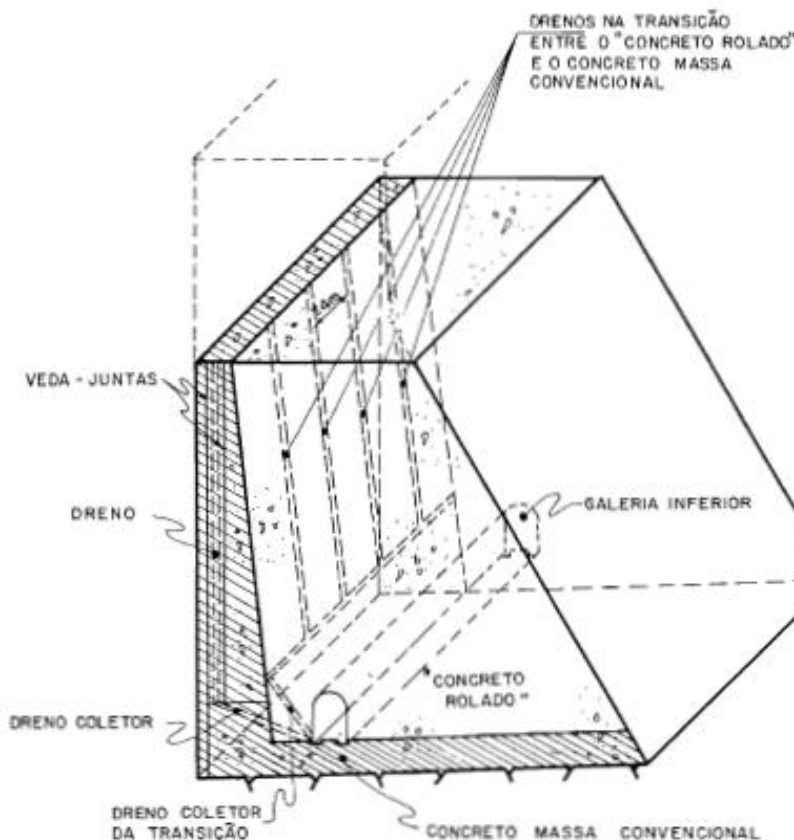


FIGURA 5 - SISTEMA DE DRENOS

As dimensões estimadas para a solução de envelopamento foram calculadas a partir de critérios conservadores, sendo adotada a equação desenvolvida por Bazant para a determinação da espessura de concreto de paramento e de fundação.

$$e = \sqrt{2 \cdot p \cdot k \cdot \frac{t}{\alpha}}$$

Onde:  $e$  = espessura de paramento;  $p$  = pressão da coluna d'água;  $k$  = coeficiente de permeabilidade;  $t$  = tempo de vida útil considerado;  $\alpha$  = volume de vazios após a hidratação (?).

Considerou-se para esse cálculo, que o coeficiente de permeabilidade do monolito fosse igual ao de juntas de construção tratadas de maneira convencional ( $10^{-18}$  cm/s) e um tempo de 100 anos para que a água percolasse através apenas do concreto de impermeabilização. Desta maneira, foi dimensionada a colocação de concreto massa convencional no paramento de montante e no contato com a fundação, sendo obtida uma espessura de 4,5 m junto ao pé de montante na seção de maior altura.

# USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

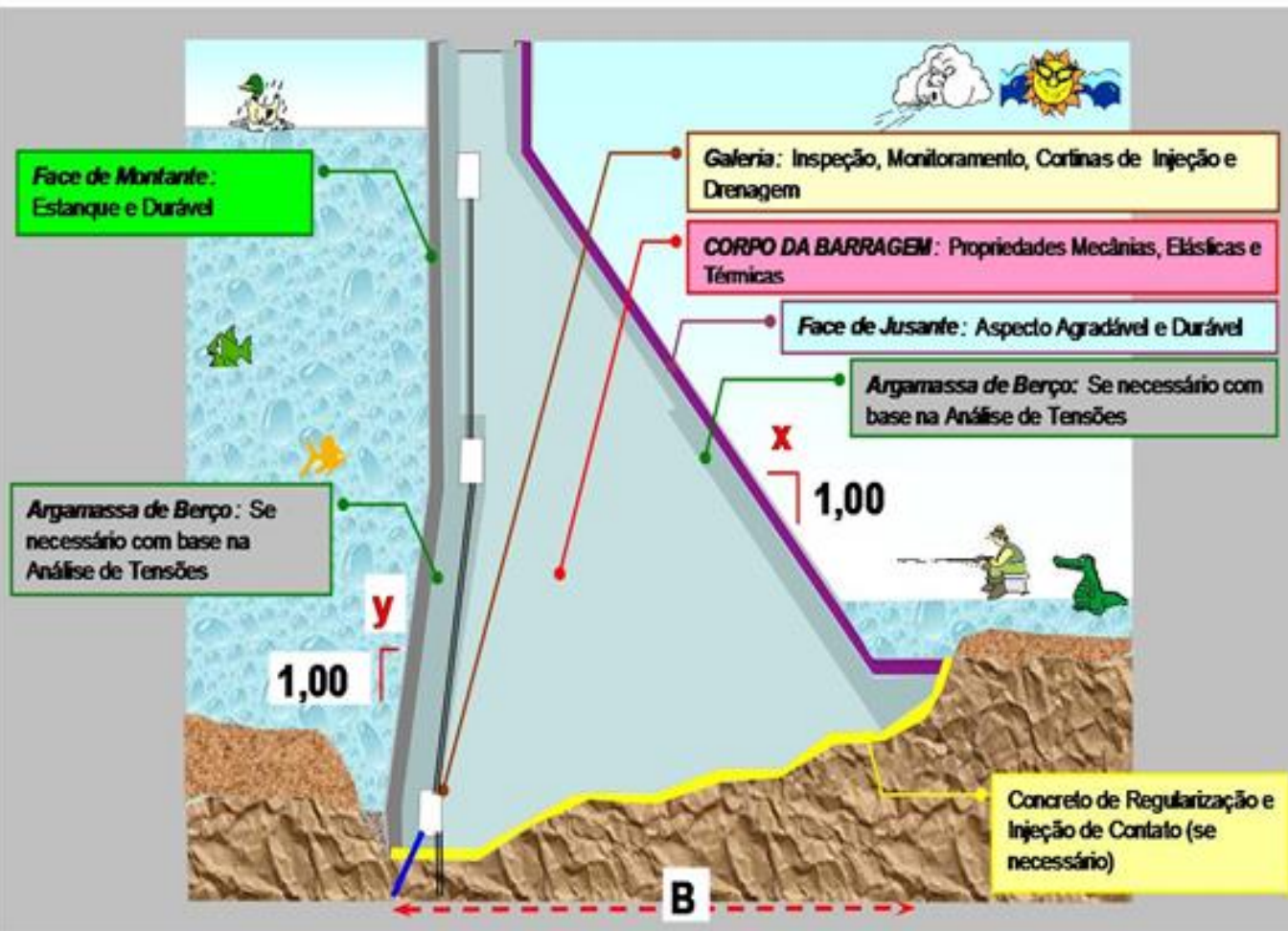
São Paulo

18 - Setembro - 2019

# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## ATENÇÕES NO PROJETO



Procedimentos usuais para buscar a Estanqueidade da Face:

- ❑ Concreto Convencional (CVC)
- ❑ Placas pré-moldadas de concreto com Membrana de PVC, incorporada ao próprio pré-moldado, e adicionalmente uma camada de CVC;
- ❑ {GERCC}-CCR com adição de Calda e adoção de Vibração por imersão;
- ❑ CCR moldado diretamente contra Formas, e a adoção de um sistema de impermeabilização (Manta de PVC) posterior:
- ❑ Adoção de Argamassa de Berço na Superfície da Junta de Construção

USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**

Instituto de Engenharia

São Paulo

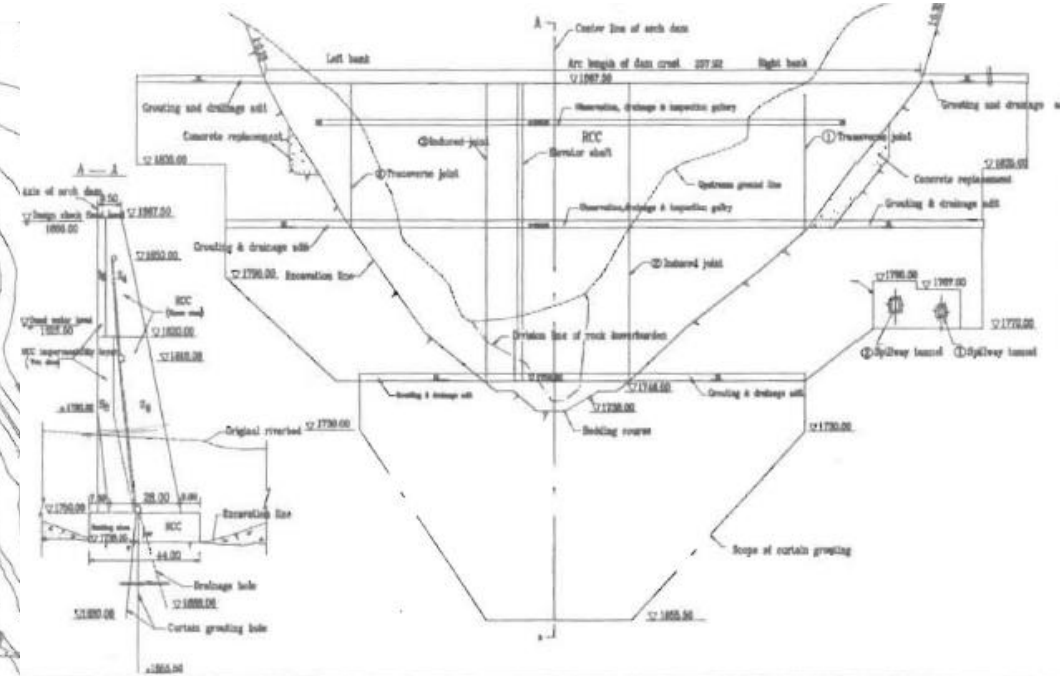
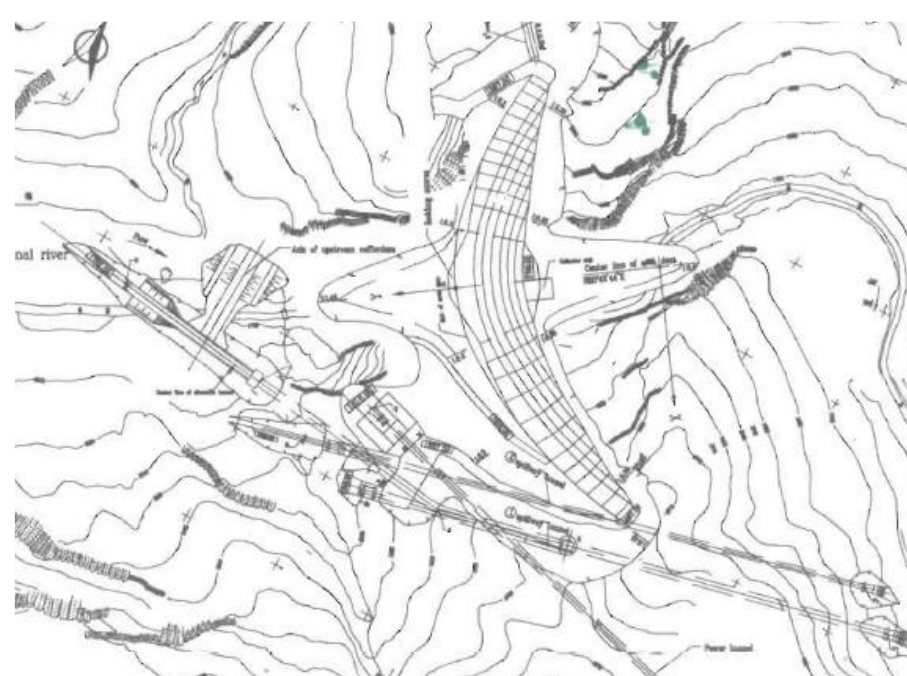
18 - Setembro - 2019



# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## ATENÇÕES NO PROJETO- USO DAS PROPRIEDADES



USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**ATENÇÕES NO PROJETO- USO DAS PROPRIEDADES**

**Table 3    The Maximum Principal Stresses on Dam Faces under Different Load Cases**

| Load cases | Max. radial displacement (cm) |                         | Upstream max. principal stress (MPa) |                                    |         |                                     | downstream max. principal stress (MPa) |                            |         |                                   |
|------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|---------|-----------------------------------|
|            | value                         | Location                | Compressive                          |                                    | Tensile |                                     | Compressive                            |                            | Tensile |                                   |
|            |                               |                         | value                                | Location                           | value   | Location                            | Value                                  | location                   | value   | Location                          |
| Basic I    | 2.80                          | Crown at El. 1830m      | 2.58                                 | Right of crown at El. 1810m        | -0.68   | Heel of left abutment at El. 1830m  | 4.77                                   | Toe at crown cantilever    | -0.76   | Left of crown at El. 1770m        |
| Basic II   | 2.05                          | Crown at El. 1830m      | 2.56                                 | Right of crown at El. 1810m        | -0.13   | Heel at right of crown at El. 1750m | 4.14                                   | Toe at crown cantilever    | -0.48   | Crown at El. 1830m                |
| Special I  | 2.80                          | Crown at El. 1830m      | 2.85                                 | Heel of left abutment at El. 1830m | -0.86   | Heel of left abutment at El. 1830m  | 4.95                                   | Toe at crown cantilever    | -0.85   | Left of crown at El. 1770m        |
| Special II | -0.45                         | Right of crown at crest | 2.79                                 | Heel at crown cantilever           | -0.50   | Right of crown at El. 1867.5m       | 1.57                                   | Left of crown at El. 1770m | -0.48   | Toe of left abutment at El. 1850m |

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**São Paulo**  
**18 -Setembro -2019**



## **ATENÇÕES NO PROJETO- USO DAS PROPRIEDADES**

(2) The deformation modulus of dam foundation is relatively low , which is  $1/3-2/3$  of that of the dam concrete. Central angle of horizontal arch are less than  $80^\circ$  , except that of arch above elevation 1850m .Moreover, the longitudinal curvature of the single -curvature arch dam is small. Therefore, except for the special load case II , principal tensile stresses occur on the downstream face on the order of 0.15-0.40MPa in most area , and 0.7-0.8MPa locally . These values are much lower than the permissible value of 1.2MPa and meet the specification of concrete breaking resistance ,

and downstream faces . The maximum principal tensile stresses are 0.4-0.5 MPa under the special load case II , which meets the design specifications .

## **ATENÇÕES NO PROJETO- USO DAS PROPRIEDADES**

Table 3 shows that , under the basic load cases , the maximum principal compressive stress is 4.77MPa on downstream face , the maximum principal tensile stress is  $-0.68\text{MPa}$  and  $-0.76\text{MPa}$  respectively on upstream face and downstream face ; under the special load cases ,

### 8.1 Concrete in Different Zones

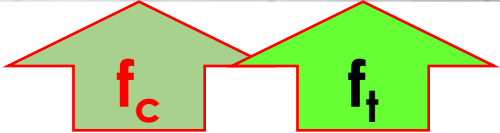
(1) 90-day compressive strength of 20MPa is adopted as design compressive strength of dam concrete. The two classes concrete is used in upper dam and the three classes concrete is used



**ATENÇÕES NO PROJETO- USO DAS PROPRIEDADES**

Table 11 The Properties of Proposed Mix

| Design strength (MPa)     | W/C  | FEC (%) | CMC (kg/m <sup>3</sup> ) | FAC (%) | CS 90d (MPa) | TS 90d (MPa) | EM 90d (GPa) | UT 90d (×10 <sup>-4</sup> ) | IG 90d (MPa) |
|---------------------------|------|---------|--------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 20 (90d)<br>Three classes | 0.53 | 34      | 178                      | 50      | 26.2         | 2.2          | 25.1         | 1.23                        | 1.2          |
|                           |      |         |                          |         | 4,8          | 0,77         |              |                             |              |
| 20 (90d)<br>Two classes   | 0.55 | 38      | 180                      | 40      | 25.2         | 2.07         | 23.6         | 1.18                        | 1.2          |



## **EVOLUÇÕES NOS PROJETOS**

O conhecimento das **Propriedades**<sup>[18 a 21]</sup>, da própria **Metodologia**, associada à disponibilidade de **Equipamentos e Engenhosidade dos Construtores**, e o interesse de **Comissionamento do Empreendimento, por parte dos Clientes/Investidores** tem levado a evoluções e ajustes nos Projetos, Cronologia, e Fluxo Financeiro. Assim é que **“alguns” Projetistas** têm buscado:

- ☐ Dominar com profundidade o conhecimento dos **Materiais DISPONÍVEIS** na Região;
- ☐ Ajustar a Necessidade das **Propriedades à Realidade das Análises de Estabilidade e Tensões**, bem como simplificar consequentemente os requisitos das **Tensões de Origem Térmica** (ou seja: ajustes no **Consumo de Aglomerante, e nas Idades de Controle**);
- ☐ Especificar os requisitos de Tratamento da Superfície das Juntas de Construção, às realidades da Região (Clima; Sismicidade; Competência da Mão de Obra)
- ☐ Agrupar as zonas de Embutidos e Passagens;
- ☐ Ajustar o Sistema de Manejo/Desvio do Rio, bem como a Recorrência.

**Ou seja: É DIFÍCIL HAVER UM PROJETO “TIPO” PARA TODOS OS LOCAIS !**



## EVOLUÇÕES NOS PROJETOS

7

CHARACTERISTICS AND PROPERTIES

### 7.3. PROPERTIES – HARDENED CONCRETE

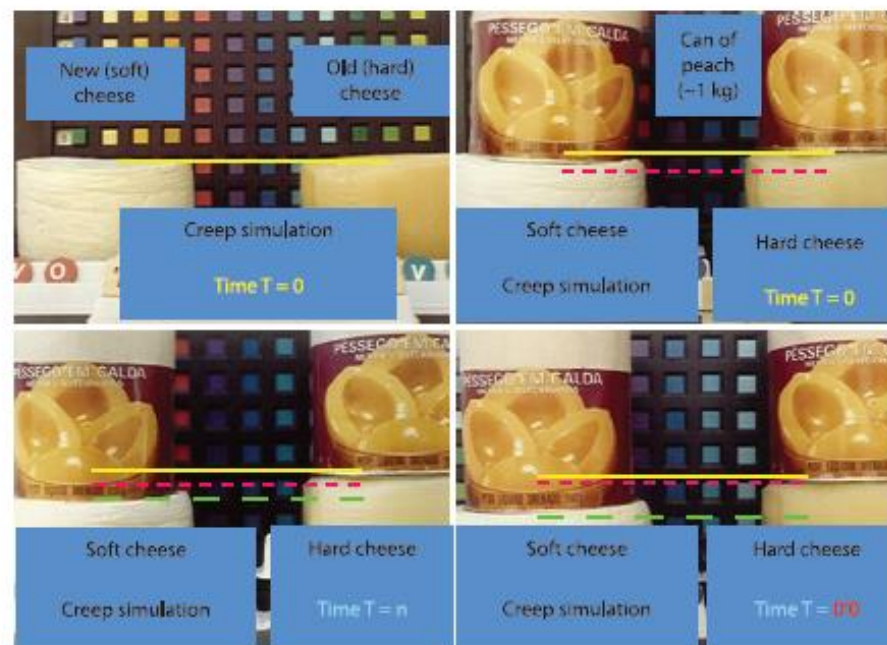
#### 7.3.1. Mechanical and Elastic Properties

##### 7.3.1.7. Creep

When concrete or another elastic-plastic material is subjected to a load, the deformation caused can be divided into an immediate deformation, such as an elastic strain (related to the modulus of elasticity), and a time-dependent (related to the period of time under load) compressive deformation called creep. Creep begins immediately and continues at a decreasing rate as long as the load remains on the concrete.

The following photographs were taken to illustrate the concept of creep. To simulate this behavior, two different (in age) cheeses were loaded with the same weight (can of peaches that weighed approximately 1 kg). The axial deformation, under a constant load, can be evaluated using the table/scale in background.

Concrete creep is defined as the deformation of a structure under a sustained load. Long-term stress on concrete can cause the structure to change shape. This deformation typically occurs in the direction of the applied force.



## EVOLUÇÕES NOS PROJETOS



**Sistema de Manejo/Desvio do Rio,  
considerando o Galgamento, durante a  
construção**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 - Setembro - 2019



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

Os aspectos de Construtibilidade, inseridos na competência e ambição do Construtor **[25 & 26]**, geralmente buscam:

- ☐ Compatibilizar as velocidades de Construção aos aspectos Financeiros Disponíveis e Pactuados no Programa de Execução;
- ☐ Minimizar o uso de Recursos Humanos;
- ☐ Simplificar as Operações;
- ☐ Mitigar erros e falhas;
- ☐ O Tema de Controle e Asseguramento de Qualidade é compatível com as Exigências Contratuais; Especificações Técnicas; Nivel de Conhecimento e Procedimentos da Supervisão/Fiscalização/Cliente, bem como as Exigências Legais da Região

**ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema            | Internacionais                     | Brasil                |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------|
| Produção do CCR | Misturadores Forçados              | Misturadores Forçados |
| Manuseio        | Todo com correias ("All Conveyor") | Caminhões Basculantes |
|                 | Correias e Caminhões               |                       |
|                 | Chute e Caminhão                   |                       |





## ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 - Setembro - 2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019



# **Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

Nos anos 50-60 os ex-soviéticos, foram grandes usuários para o manuseio do concreto através de chutes. Desde os anos 70 durante a construção de Ilha Solteira (em 1972) incorporou-se esta metodologia de construção, para concretos massa com Dmax de até 152mm. A partir disso registraram-se marcas de altura e volume. O diâmetro destes tubos têm variado de 120mm até 500mm



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

## ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO**, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema                    | Internacionais                                                                                                                                                | Brasil     |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Controle de Temperatura | Genericamente as especificações requerem a necessidade, independente do consumo de aglomerante.<br><b>AINDA HÁ MUITA TEIMOSIA !! – TEOR DE AGLOMERANTE !?</b> | Não se usa |



Decorrente dos baixos consumos de aglomerantes, e dos espaçamentos das Juntas de Contração, o CCR é lançado, no Brasil, à Temperatura Ambiente, chegando nas regiões mais quentes, do País, ao redor de 32°C.

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema              | Internacionais                                                                                                                                                                                                                                           | Brasil                |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Altura de camadas | No anos 2013 e 2014, houve tendência de usar camadas de altura 400mm, com em Gibe, na Etiópia                                                                                                                                                            | 300mm                 |
| Espalhamento      | Tratores de lâmina Frontal com potência entre 90 e 150HP e peso entre 8 e 17t (equivalentes do D4 ao D6). Em algumas situações (dimensões das praças) tem-se adotado também, máquinas niveladoras com potência de cerca de 170HP e peso ao redor de 20t. | Idem ao Internacional |

A opção de usar camadas de 400mm são citadas recentemente, na Referência<sup>[26]</sup>

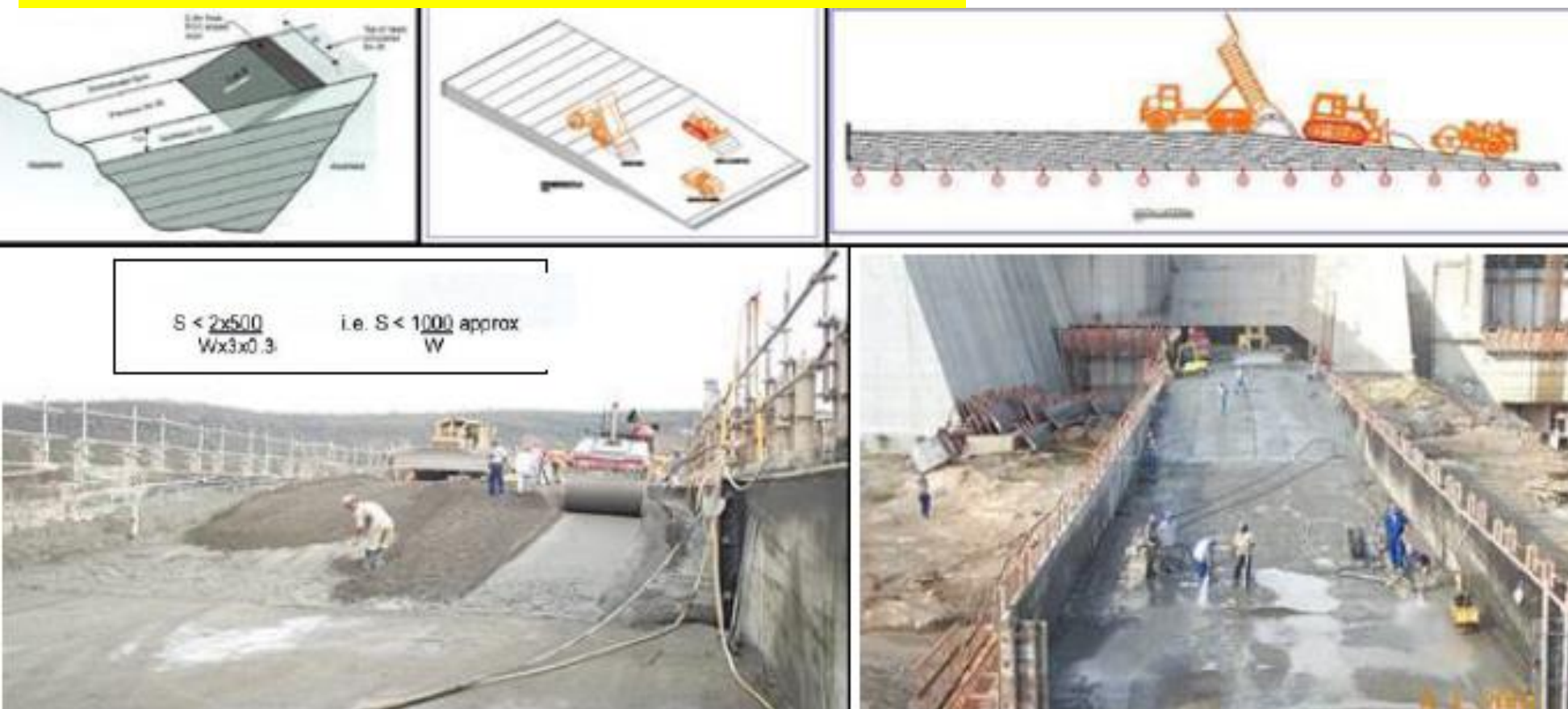




# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO



Em algumas construções tem sido adotado o procedimento de camadas **“Rampadas” (Slope Layer Method)**<sup>[26]</sup>. Isso permite trabalhar o concreto com maior folga quanto ao Tempo de Pega

USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

**ANDRIOLO**, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

## ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO

Uma opção metodológica adotada em barragens de CCR, para o convívio seguro com possíveis defesas ao galgamento, é construir o maciço em rampa de modo a otimizar os volumes necessários para atingir determinadas alturas, como normalmente se adota na construção de barragens de enrocamento com face ("CFRD"). Essa alternativa foi adotada em **Capanda, Angola- 1991**, em **Cindere-Turquia-2003** e em **Zirdan- Iran-2005**.



Capanda - Angola- 1991



Cindere -Turkey





**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema                                | Internacionais                                                                                                                                                                                                                            | Brasil                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Equipamento para Compactação do CCR | Rolos vibratórios liso, simples ou duplo com peso ao redor de 10t, com frequência, amplitude e velocidade de translação controlados para que sob determinado número de passadas atinja a densidade requerida, para a dosagem estabelecida | idem                             |
| Adensamento da Face                 | A rotina tem variado em função do custo da mão de obra, disponibilidade de equipamentos e tipo de face adotada (GE-RCC, ou CVC)                                                                                                           | Vibradores de imersão para o CVC |



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema                           | Internacionais                                                                       | Brasil                                                                                                                                           |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Execução da Junta de Contração | Ferramentas vibratórias acopladas em lanças de retro-escavadeiras e/ou carregadeiras | Na maioria, usa-se gabarito metálico ou e madeira para a colocação de manta plástica, retirando o gabarito logo antes das primeiras compactações |
| Face                           | Gabaritos metálicos ou de madeira compensada                                         | idem                                                                                                                                             |



**USO DO CCR EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

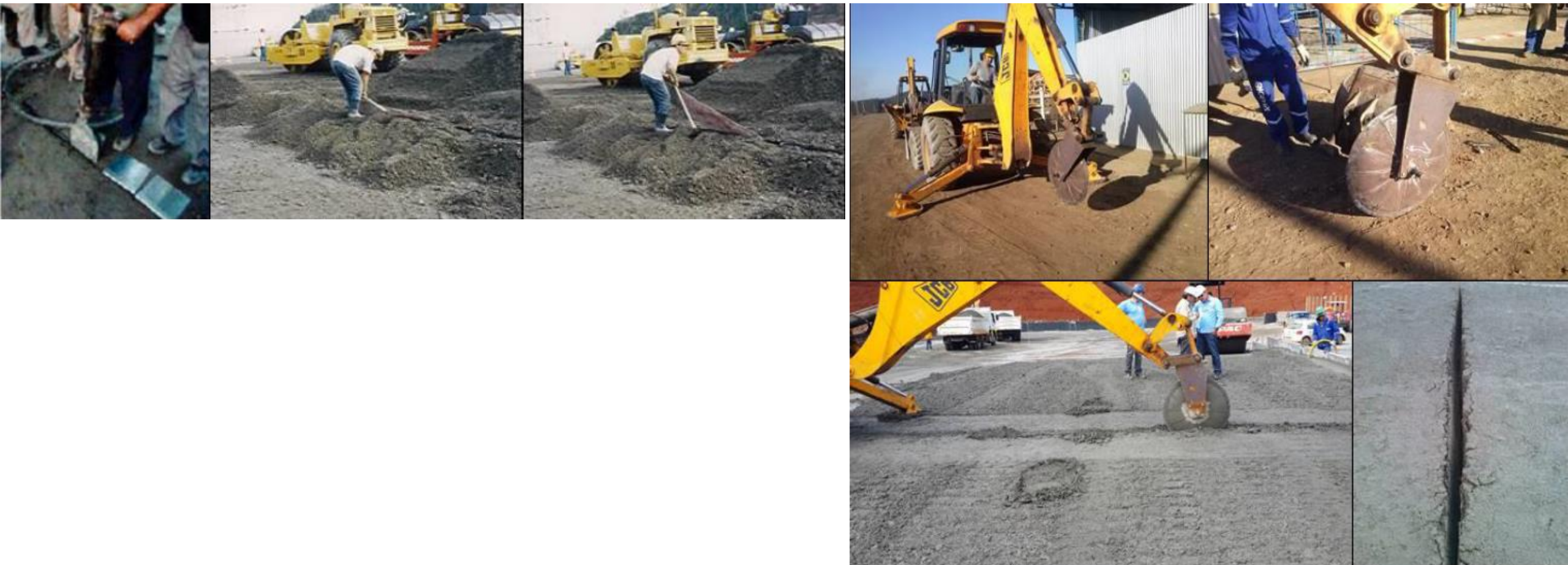
18 -Setembro -2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| Tema                         | Internacionais                                                | Brasil |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|
| Proteção durante a colocação | Nebulização através de espingarda de água-ar ou nebulizadores | Idem   |
| Cura                         | Aspersores manuais ou fixos ou fumigadores tipo agrícola      | Idem   |





# **Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**

| <b>Tema</b>                                          | <b>Internacionais</b>                                               | <b>Brasil</b>                  |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Tratamento da Superfície- Uso de Retardadores</b> | Tendência em Países com CCR usando retardamento dos Tempos de Pega. | Não adota                      |
| <b>Tratamento da Superfície- Uso de Argamassa</b>    | Prática adotada no Japão e Turquia                                  | Usa-se em cerca de 25% da área |
| <b>Tratamento da Superfície- Somente Limpeza</b>     | Regiões não Sísmica com seção maior que H:V 0,8:1,0                 |                                |

Esse é um tema vital, que como a seleção do tipo da face, pode causar prejudicar o desempenho das barragens, principalmente em regiões sísmicas.

O tratamento das juntas de construção das barragens de CCR tem sido debatido amplamente sob a ótica do desempenho das barragens.

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **ASPECTOS NA CONSTRUÇÃO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

## **DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**

De maneira geral, o Desempenho das Barragens em CCR **tem se mostrado SATISFATÓRIO**, resultantes de **[25,26, 28 e 29]**.

- ☐ Defesas, redundantes ou não, impostas nos **detalhes e ajustes do Projeto**;
- ☐ **Qualificação da Mão de Obra disponível** na região e na **Competência do Construtor**;
- ☐ **Descumprimento por parte dos Responsáveis** (Construtor e/ou Supervisão-Fiscalização-Cliente) das especificações e/ou das boas práticas;
- ☐ Descontinuidade Cronológica-Planejamento-Disponibilidade Financeira



## **DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**

A menos de falhas isoladas, decorrentes de outros aspectos, como ao ocorrido em **Camará- Brasil (em 2004)** o foco das atenções passa por dois pontos básicos, possibilitando percolações



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

**Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO  
COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

**DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**RIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



**Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO  
COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

**DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO  
COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

**DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

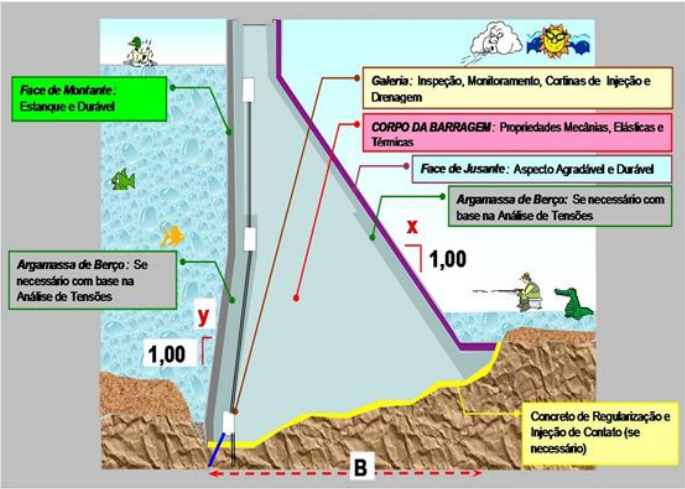


**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

**DESEMPENHO, ERROS E FALHAS**



| Tema                                                                                     | Internacionais                                                                                          | Brasil                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Seleção do Tipo da Face e execução da mesma                                              | Os vários tipos e procedimentos adotados, evidencia que há uma fragilidade nos conceitos para a seleção | Maioria em CVC, e as vezes adensado inadequadamente |
| Seleção do Tipo de tratamento da superfície das juntas de construção e execução do mesmo | Os vários tipos e procedimentos adotados, evidencia que há uma fragilidade nos conceitos para a seleção | Usa-se argamassa em cerca de 25% da área            |



**Procedimentos usuais para buscar a Estanqueidade da Face:**

- ❑ Concreto Convencional (CVC)
- ❑ Placas pré-moldadas de concreto com Membrana de PVC, incorporada ao próprio pré-moldado, e adicionalmente uma camada de CVC;
- ❑ {GERCC}-CCR com adição de Calda e adoção de Vibração por imersão;
- ❑ CCR moldado diretamente contra Formas, e a adoção de um sistema de impermeabilização (Manta de PVC) posterior;
- ❑ Adoção de Argamassa de Berço na Superfície da Junta de Construção

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

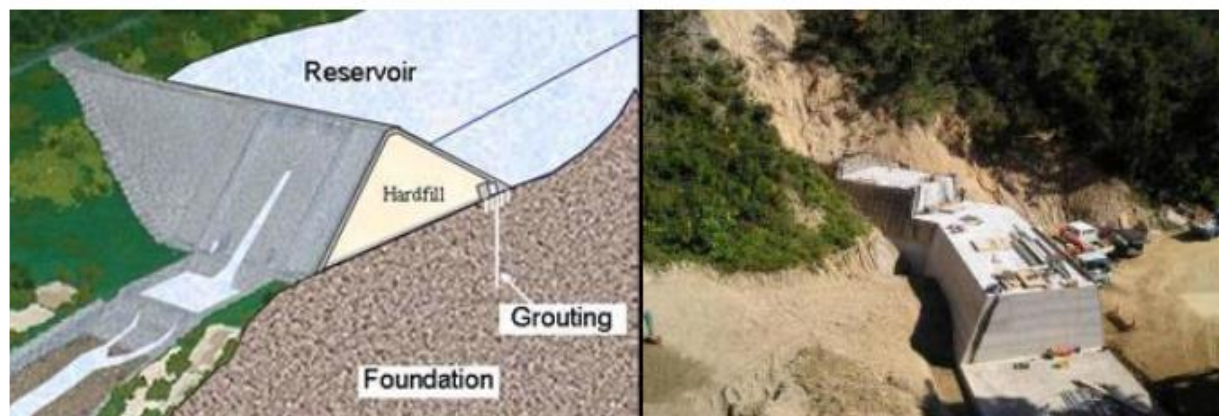
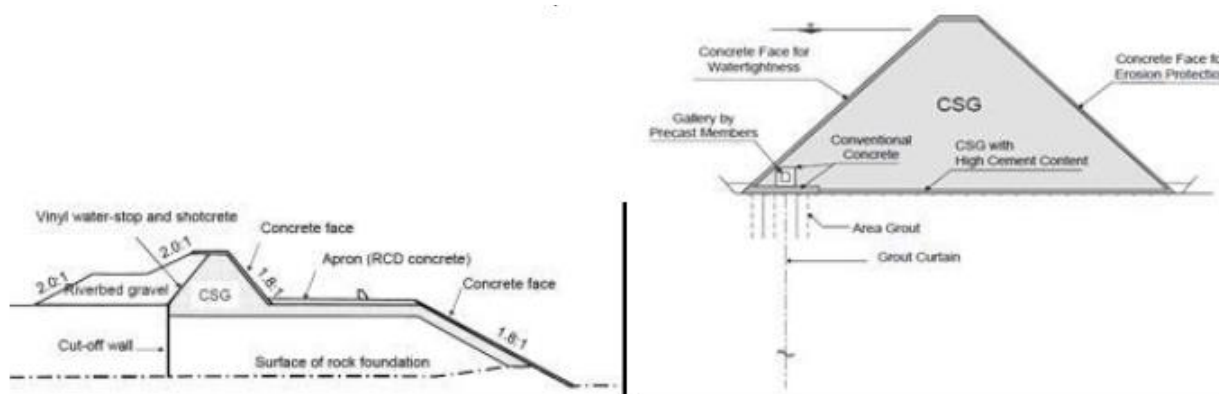
São Paulo

18 -Setembro -2019

# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **EXEMPLO DE DESENVOLVIMENTO PARA O FUTURO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

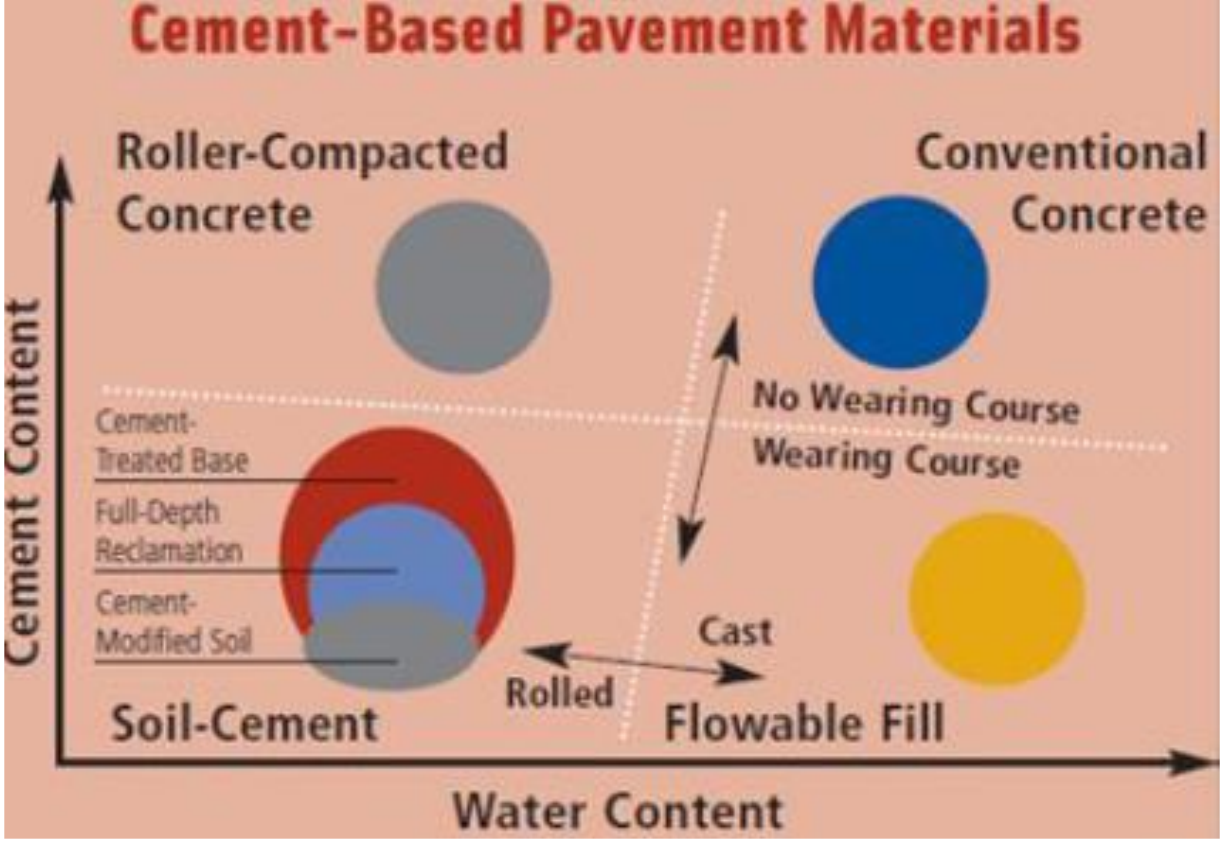
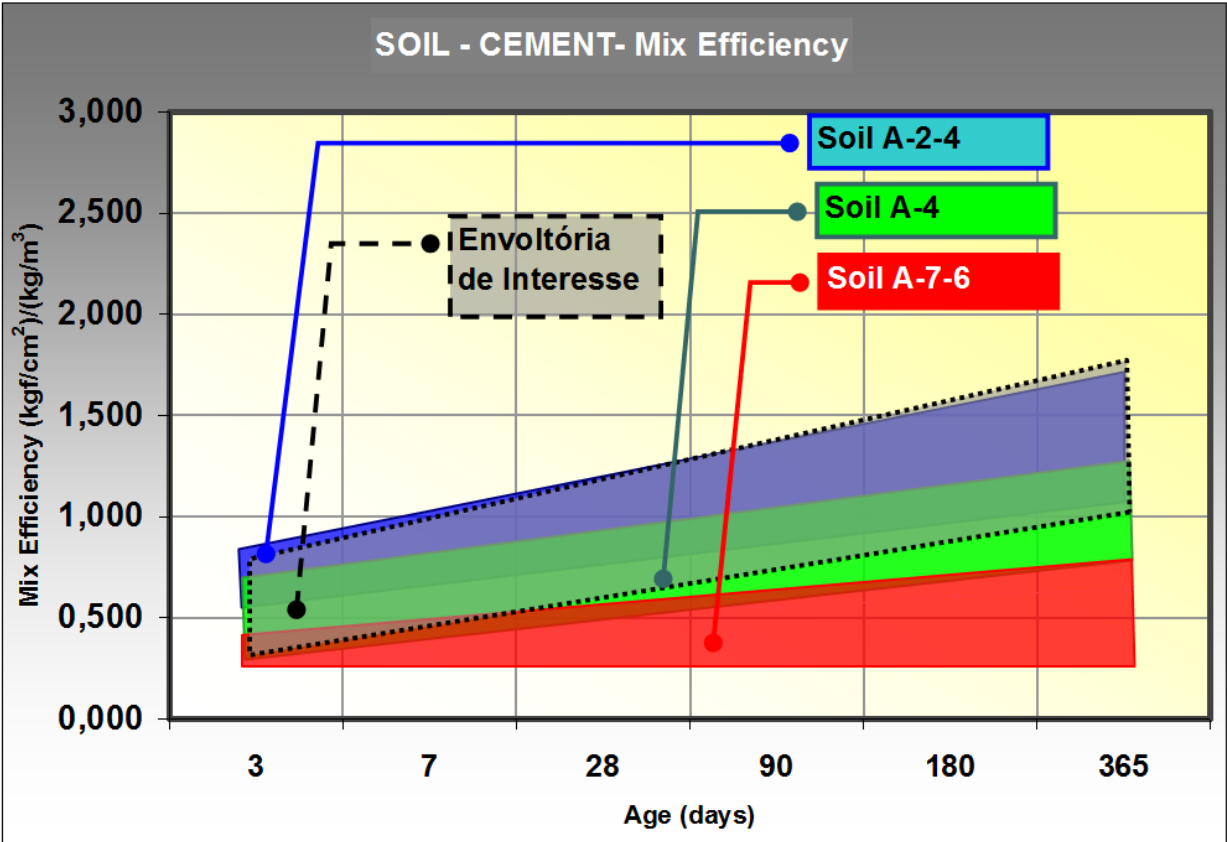
**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 - Setembro - 2019



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**EXEMPLO DE DESENVOLVIMENTO PARA O FUTURO**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

## **ASPECTOS NO CONTROLE**

Os aspectos para o Controle de Qualidade e/ou Asseguramento da Qualidade **ainda** é um aspecto que requer ajustes devido **à pouca compreensão ao Binômio Velocidade de Execução\*Tomada de Decisões e Ações**

Sempre comento: ***A grande Maioria dos Profissionais possui Carteira de Habilitação para Dirigir Veículos! Más se colocarmos um carro Fórmula 1, nas mãos, é quase certo que alguma falha ocorrerá!! Devido à Velocidade!!!***

Ou seja, há a necessidade de um Planejamento-Organização-Disciplina compatíveis com a velocidade da Metodologia.



# **Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



## **ASPECTOS NO CONTROLE**

A Metodologia de construção de barragens com o CCR, introduzida no Brasil em 1976, ganhou adeptos, consolidou-se como uma prática de “Barragens” em sua preferência de representatividade, fundamentada em extensos, profundos e longos estudos de Laboratório e Aterros experimentais e sem sombra de dúvidas o número expressivo de mais de 200 Barragens construídas no Brasil, atesta a sua validade.

A atuação crescente dos Projetistas-Consultores, Construtores, Laboratórios, e Profissionais Consultores Brasileiros, no Exterior evidenciam o domínio e a expansão do uso da Técnica do CCR. O intercâmbio de informações com entidades e empresas de outros Países permitem afirmar que o Brasil foi um dos Países que mais Estudou as características do CCR. De outro modo, ainda, a dimensão territorial Brasileira, induziu à busca de soluções não convencionais, à criação de alternativas, o que estabeleceu um procedimento de buscar adaptar-se aos problemas e idiosincrasias regionais, sem a necessidade de impor soluções tipicamente importadas ou inadequadas às condições da região.

Esse procedimento facilita, disponibiliza, soluções, estabelece conquistas e, muito mais, abre os olhos dos profissionais e dirigentes na busca de, outras novas soluções, possibilitando reduzir custos e potencializando a realização de novas obras.

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**

Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

## **ASPECTOS NO CONTROLE**

No transcorrer desse desenvolvimento do CCR no Brasil, no Mundo, alguns fatos levam a necessidade de chamar a atenção dos Profissionais e Empresas envolvidas, no que diz respeito à Qualidade.

Dentro desse aspecto, várias vezes este Profissional tem sido indagado sobre:

✚ ***O que é mais difícil entender quanto ao uso do CCR?***

E na ótica deste Profissional, a resposta se traduz:

✚ ***É fazer entender que o CCR é SIMPLES!***

Entretanto, nessas obras alguns erros ou falhas levaram a uma afirmação adicional:

✚ ***Você nos convenceu de que o CCR era simples, mas não nos fez entender que deveríamos controlar os detalhes!***



## **ASPECTOS NO CONTROLE**

Há uma tendência errônea e descabida, de que o concreto de obras massivas como as de Barragem se destaca pela Resistência dos Corpos de Prova! Dá-se uma importância, apoiada nas **ISO's** (*International Organization for Standardization's*), sobre o assunto.

***“Bicheira” raramente ocorre em Corpo de Prova!***

**Controle de Qualidade não é apenas o Registro de Dados! É ação de correção de fatos ou o conjunto de medidas, adotadas antecipadamente para que os erros sejam minimizados!**

Então vale indagar:

**+ O que é relevante para atingir a Qualidade de uma Obra de CCR, ou mais amplamente, de Barragem?**

No conjunto de medidas pode-se citar:

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

## **ASPECTOS NO CONTROLE**

- ✚ Embora o CCR seja uma Metodologia de Construção, um Projeto bem “**Engenhado**” que reduza interferências, que contemple medidas sensatas de Segurança, é bem vindo!;
- ✚ **Especificações Técnicas – ESPECÍFICAS**- e não elaboradas no processo “**Copy**” e “**Paste**” considerando o uso dos Materiais locais, Parâmetros e Propriedades **REALMENTE Requeridas** e não inferidas, também é bastante recomendável;
- ✚ **Planejamento do Empreendimento**- O CCR tem a plenitude de vantagens quando os recursos são realmente adequados para o **Início- Meio e Fim do Empreendimento!** Qualquer Obra desenvolvida no “**Pare**” – “**Siga**” foge das previsões!;
- ✚ **Planejamento a Construção**- elaborado por **Profissionais EXPERIENTES**, que conheçam a diferença do **SIMPLES** e do **NÃO FAZER**, de tal modo a se ter providências precedentes para não ocorrer fatos errôneos ou/ não pensados;
- ✚ Equipamentos não necessariamente sofisticados, mas efetivamente capazes de produzir em tempo e uniformidade os produtos requeridos;



## **ASPECTOS NO CONTROLE**

- ✚ **Sistema de Qualidade** que contemple **não só o Registro e Arquivamento de dados**, mas, e muito mais, que permita e exerça a análise e sistemática, tomada de ações compatíveis com a dinâmica de construção;
- ✚ Profissionais treinados a fazer com conhecimento e não simplesmente obedecendo ordens!
- ✚ Profissionais que em cada atividade conheçam o que FAZEM e como o que fazem afeta as demais interveniências;
- ✚ Jovens Engenheiros que não fiquem atrás das mesas nos escritórios de Obra, mas que efetivamente cooperem com os Encarregados, Feitores e demais Colaboradores, buscando suportá-los e treiná-los além da suas limitações
- ✚ O treinamento sistemático e a busca de conhecimento privilegiam o desenvolvimento;
- ✚ A busca do **Porque, Quando, Onde, Quanto?**

**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**CONTRIBUIÇÃO DE CONSTRUTORES E CONSULTORES EM OUTROS PAISES**



|                       |              |                                                               |
|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Capanda                                                       |
|                       | País         | Angola                                                        |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica                                                  |
|                       | Data Início  | 1988                                                          |
|                       | Data Término | 1994                                                          |
|                       | Altura (m)   | 110                                                           |
|                       | Crista (m)   | 1.470                                                         |
|                       | CVC (m³)     | 450.000                                                       |
|                       | RCC (m³)     | 760.000                                                       |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                                                               |
|                       | Construtor   | Odebrecht                                                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco/<br>Pacelli Walton/<br>Holanda, Francisco |
|                       | Laboratorio  | Itaipu & Furnas                                               |
| Dados Principais      | Nome         | El Guapo                                                      |
|                       | País         | Venezuela                                                     |
|                       | Objetivo     | Abastecimento                                                 |
|                       | Data Início  | 2006                                                          |
|                       | Data Término | 2008                                                          |
|                       | Altura (m)   | 50                                                            |
|                       | Crista (m)   | 150                                                           |
| Cooperação Brasileira | CVC (m³)     | 20.000                                                        |
|                       | RCC (m³)     | 330.000                                                       |
|                       | Projeto      |                                                               |
|                       | Construtor   | Camargo Correa                                                |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco                                           |
|                       | Laboratorio  |                                                               |



|                       |              |                                                               |
|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Laúca                                                         |
|                       | País         | Angola                                                        |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica                                                  |
|                       | Data Início  | 2013                                                          |
|                       | Data Término | Under Const.                                                  |
|                       | Altura (m)   | 135                                                           |
|                       | Crista (m)   | 1.100                                                         |
|                       | CVC (m³)     | 420.000                                                       |
|                       | RCC (m³)     | 2.580.000                                                     |
| Cooperação Brasileira | Projeto      | Intertechne                                                   |
|                       | Construtor   | Odebrecht                                                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco/<br>Pacelli Walton/<br>Holanda, Francisco |
|                       | Laboratorio  | Holanda                                                       |
| Dados Principais      | Nome         | Miel I                                                        |
|                       | País         | Colombia                                                      |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica                                                  |
|                       | Data Início  | 1998                                                          |
|                       | Data Término | 2002                                                          |
|                       | Altura (m)   | 188                                                           |
|                       | Crista (m)   | 388                                                           |
|                       | CVC (m³)     | 80.000                                                        |
|                       | RCC (m³)     | 1.740.000                                                     |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                                                               |
|                       | Construtor   | Odebrecht                                                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco                                           |
|                       | Laboratorio  | Furnas                                                        |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019**



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**CONTRIBUIÇÃO DE CONSTRUTORES E CONSULTORES EM OUTROS PAISES**



|                       |              |                   |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Picachos          |
|                       | País         | Mexico            |
|                       | Objetivo     | Abastecimento     |
|                       | Data Início  | 2007              |
|                       | Data Término | 2009              |
|                       | Altura (m)   | 80                |
|                       | Crista (m)   | 320               |
|                       | CVC (m³)     | 129.00            |
|                       | RCC (m³)     | 377.000           |
| Cooperação Brasileira | Projeto      | Intertechne       |
|                       | Construtor   | Andrade Gutierrez |
|                       | Consultor    | Pacelli, Walton   |
|                       | Laboratorio  |                   |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | General J. Mujica   |
|                       | País         | Mexico              |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2009                |
|                       | Data Término | 2010                |
|                       | Altura (m)   | 90                  |
|                       | Crista (m)   | 375                 |
|                       | CVC (m³)     | 84.000              |
|                       | RCC (m³)     | 411.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      | Intertechne         |
|                       | Construtor   | Odebrecht           |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |

Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Tannur              |
|                       | País         | Jordan              |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 1999                |
|                       | Data Término | 2000                |
|                       | Altura (m)   | 60                  |
|                       | Crista (m)   | 245                 |
|                       | CVC (m³)     |                     |
|                       | RCC (m³)     | 250.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Wala                |
|                       | País         | Jordan              |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 1999                |
|                       | Data Término | 2002                |
|                       | Altura (m)   | 52                  |
|                       | Crista (m)   | 300                 |
|                       | CVC (m³)     |                     |
|                       | RCC (m³)     | 260.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Muijb               |
|                       | País         | Jordan              |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2001                |
|                       | Data Término | 2002                |
|                       | Altura (m)   | 61                  |
|                       | Crista (m)   | 380                 |
|                       | CVC (m³)     | 50.000              |
|                       | RCC (m³)     | 720.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Cindere             |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | 2003                |
|                       | Data Término | 2005                |
|                       | Altura (m)   | 108                 |
|                       | Crista (m)   | 280                 |
|                       | CVC (m³)     | 180.000             |
|                       | RCC (m³)     | 1.500.000           |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |

USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

drigues



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

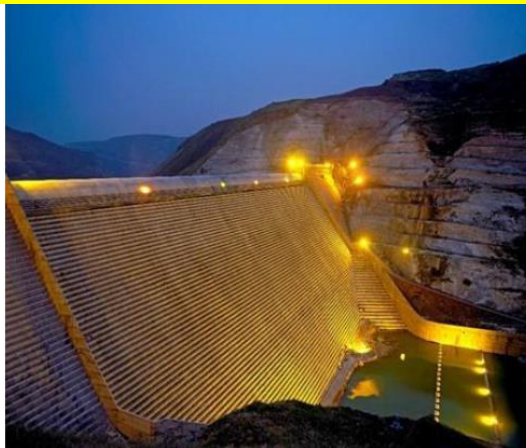
**CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES**



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Beydag              |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2005                |
|                       | Data Término | 2008                |
|                       | Altura (m)   | 96                  |
|                       | Crista (m)   | 800                 |
|                       | CVC (m³)     | 2.350.000           |
|                       | RCC (m³)     | 300.000             |
|                       | Projeto      |                     |
| Cooperação Brasileira | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Mengue              |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | 2010                |
|                       | Data Término | 2012                |
|                       | Altura (m)   | 60                  |
|                       | CVC (m³)     | 200.000             |
|                       | RCC (m³)     | 350.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Al Wehdah           |
|                       | País         | Jordan-Syria        |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2004                |
|                       | Data Término | 2006                |
|                       | Altura (m)   | 100                 |
|                       | Crista (m)   | 940                 |
|                       | CVC (m³)     | 45.000              |
|                       | RCC (m³)     | 1.360.000           |
|                       | Projeto      |                     |
| Cooperação Brasileira | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Köprü               |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | 2009                |
|                       | Data Término | 2011                |
|                       | Altura (m)   | 118                 |
|                       | CVC (m³)     | 320.000             |
|                       | RCC (m³)     | 1.000.000           |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019



Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Güllübag            |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | 2009                |
|                       | Data Término | 2012                |
|                       | Altura (m)   | 61                  |
|                       | Crista (m)   | 95                  |
|                       | CVC (m³)     | 80.000              |
|                       | RCC (m³)     | 100.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Damad               |
|                       | País         | Saudi Arabia        |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2007                |
|                       | Data Término | 2010                |
|                       | Altura (m)   | 52                  |
|                       | Crista (m)   | 592                 |
|                       | CVC (m³)     | 15.000              |
|                       | RCC (m³)     | 305.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Beyhan I            |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | 2011                |
|                       | Data Término | Em Construção       |
|                       | Altura (m)   | 97                  |
|                       | Crista (m)   | 365                 |
|                       | CVC (m³)     | 200.000             |
|                       | RCC (m³)     | 600.000             |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Kaleköy             |
|                       | País         | Turkey              |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | Em Construção       |
|                       | Data Término |                     |
|                       | Altura (m)   | 138                 |
|                       | Crista (m)   | 516                 |
|                       | CVC (m³)     | 700.000             |
|                       | RCC (m³)     | 2.480.00            |
| Cooperação Brasileira | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratório  |                     |

USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues  
Instituto de Engenharia

São Paulo  
18 -Setembro -2019



**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES**



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Zirdan              |
|                       | País         | Iran                |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2005                |
|                       | Data Término | 2011                |
|                       | Altura (m)   | 85                  |
|                       | Crista (m)   | 350                 |
|                       | CVC (m³)     | 180.000             |
| Cooperação Brasileira | RCC (m³)     | 265.000             |
|                       | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Kahir               |
|                       | País         | Iran                |
|                       | Objetivo     | Irrigação           |
|                       | Data Início  | 2011                |
|                       | Data Término | Em Construção       |
|                       | Altura (m)   | 56                  |
|                       | Crista (m)   |                     |
|                       | CVC (m³)     | 45.000              |
| Cooperação Brasileira | RCC (m³)     | 460.000             |
|                       | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Cerro del Aguila    |
|                       | País         | Peru                |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | Em Construção       |
|                       | Data Término |                     |
|                       | Altura (m)   | 85                  |
|                       | Crista (m)   | 264                 |
|                       | CVC (m³)     |                     |
| Cooperação Brasileira | RCC (m³)     |                     |
|                       | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   |                     |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

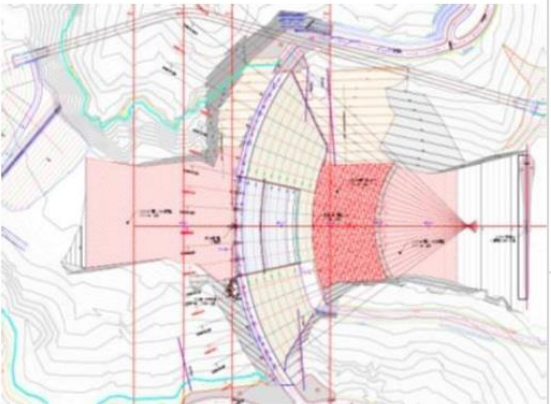
18 -Setembro -2019



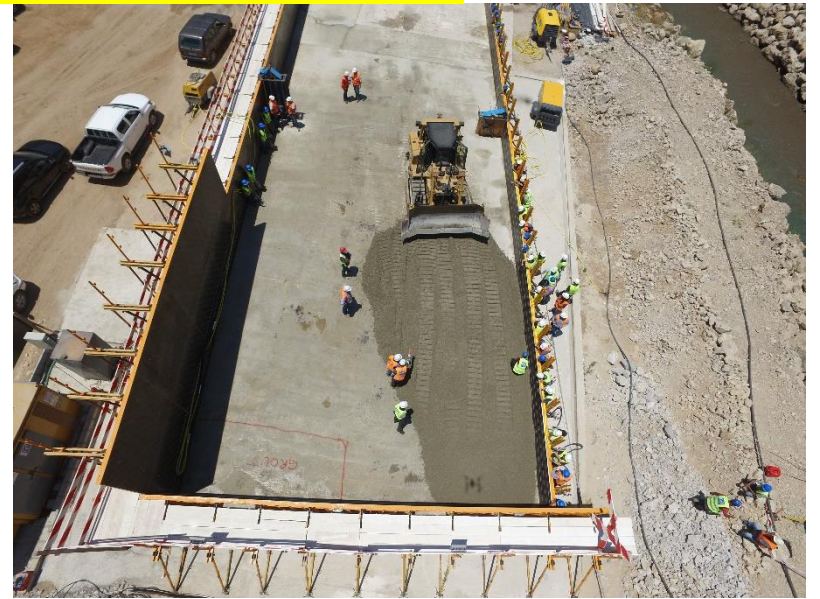
**Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS**



**CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES**



|                       |              |                     |
|-----------------------|--------------|---------------------|
| Dados Principais      | Nome         | Janah               |
|                       | País         | Lebanon             |
|                       | Objetivo     | Hidrelétrica        |
|                       | Data Início  | Em Construção       |
|                       | Data Término |                     |
|                       | Altura (m)   | 160                 |
|                       | Crista (m)   | 348                 |
| Cooperação Brasileira | CVC (m³)     |                     |
|                       | RCC (m³)     |                     |
|                       | Projeto      |                     |
|                       | Construtor   | Andrade Gutierrez   |
|                       | Consultor    | Andriolo, Francisco |
|                       | Laboratorio  |                     |



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

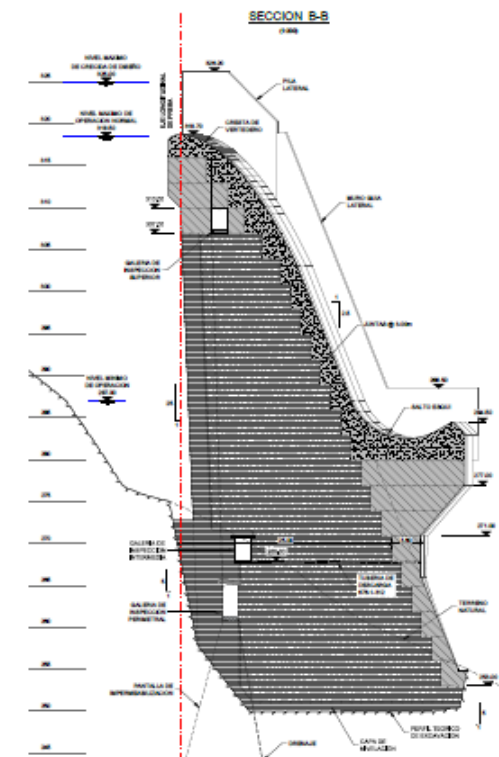
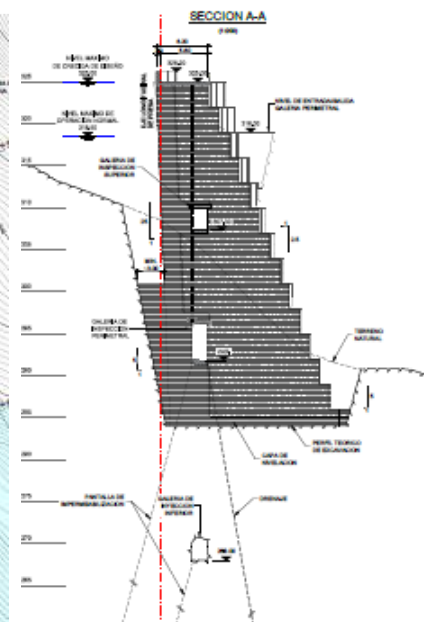
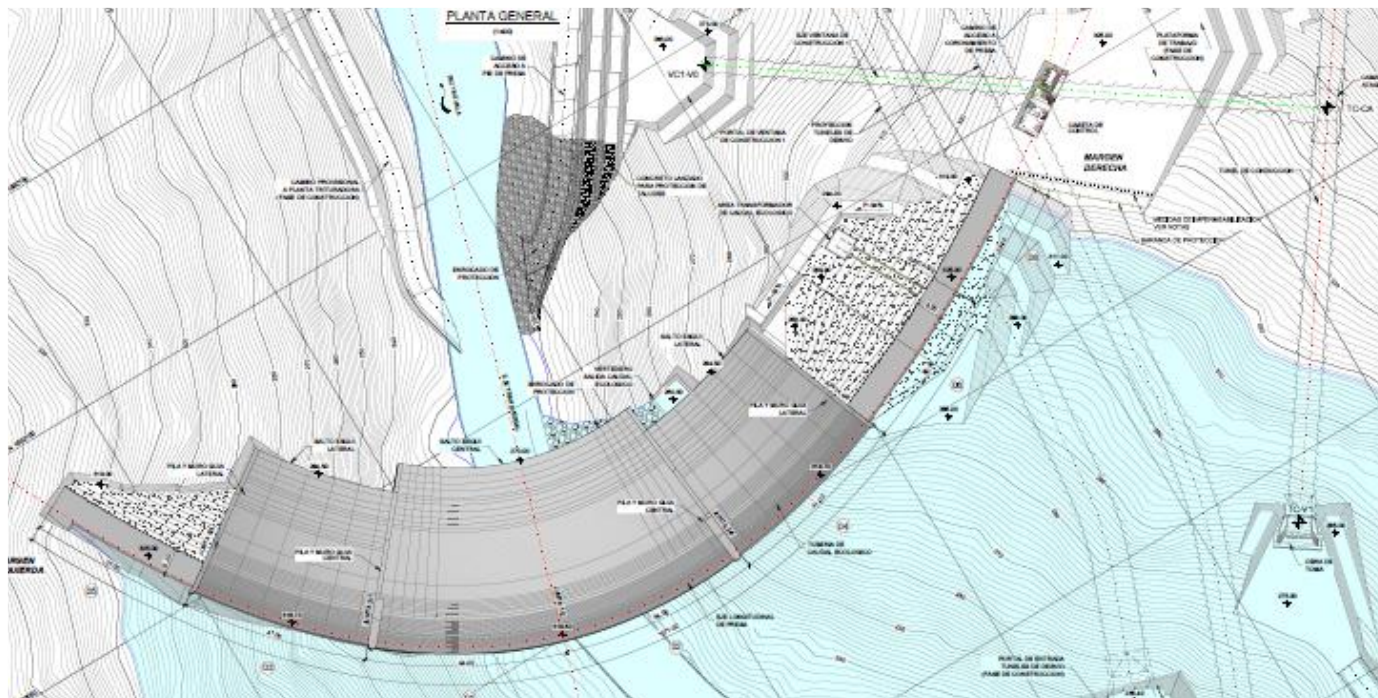
**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019



# **Workshop:** CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## **CONTRIBUIÇÃO DESTE PROFISSIONAL EM OUTROS PAISES**



**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

| Ordem | Referência                                                                                                                                                                                                           |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01    | La Diga Di Alpe Gera- La Italstrade in Val Malenco-                                                                                                                                                                  |
| 02    | RAPHAEL, J.M.- "The Optimum Gravity Dam- Proceedings of the Rapid Construction Concrete Dams"- ASCE- Asilomar- California-USA- March-1970                                                                            |
| 03    | RAPHAEL, J.M.- "Construction Method for the Soil- Cement Dam"- Anáís do Economical Economical Construction of Concrete Dams- Asilomar- California- USA- May-1972;                                                    |
| 04    | Hirose, T.; Shimizu, S.; Takemura, K.- "Studies on Construction of Dams by the RCD Method"- Anáís do Japan Society of Civil Engineers- Tokyo-Japan- 1980                                                             |
| 05    | US Army- Corps of Engineers- "Concrete report, Willow Creek Dam: World's first all roller compacted concrete dam"- July/1983                                                                                         |
| 06    | River Development Division- River Bureau- Ministry of Construction "Multipurpose Dams in Japan- State of the Integrated River Development Projects"- - Tokyo-Japan-May-1984                                          |
| 07    | Infrastructure Management Department of Natural Resources, Mines and Energy- Copperfield River Gorge Dam Emergency Action Plan- State of Queensland (Department of Natural Resources, Mines and Energy)-2018         |
| 08    | • J. Polimon, L. Berga, J.C. de Cea, J. Yague and R. Ibanez de Aldecoa-"Development and innovation in Spanish RCC dam technology"-1985                                                                               |
| 09    | Johann Geringer-"The Application of RCC In South Africa", Department of Water Affairs and Forestry, South Africa - 50 <sup>th</sup> Brazilian Concrete Congress: RCC Symposium, Salvador, Brazil, 5-8 September 2008 |
| 10    | Jin Tien Quin- Luiz Hernani de Carvalho- Severino de Pereira Rezende- "Construção da Barragem Saco de Nova Olinda-PB"- XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens –Foz do Iguaçu -1989                            |
| 11    | South African National Committee on Large Dams- "Large Dams and Waters Systems in South Africa"- 1994                                                                                                                |
| 12    | China Water Power Press- "Large Dams in China- A Fifty-Year Review"- 2000                                                                                                                                            |
| 13    | International Water Power and Dams – "Construction RCC arch dams-Temperature Control and Design of Joints- 2006                                                                                                      |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019



# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

| Ordem | Referência                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14    | Sabo Department- "Sabo Dam Made of Soil Cement (INSEN Method) in Shishinoe Valley"— Yamaguchi Prefectural Department- 2005                                                                                                                                                                                                          |
| 15    | Francisco Rodrigues Andriolo; Marcus Túlio Sshmidt Pereira; Fernando Dias Resende; Paulo Afonso França Fontoura; Manuel Tavares- "Capanda - Angola Hydroelectric Development - Quality Control of Materiais and RCC and Conventional Concretes"- I International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Santander-Spain- 1995 |
| 16    | Golik, M. A.; Andriolo, F. R. - "Urugua-i (C.C.R.) - Controle de Qualidade do Concreto Lançado no Tramo Principal da Barragem", Anais do XVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, Brasil- 1989                                                                                                                 |
| 17    | Francisco Rodrigues Andriolo- "RCC Properties"-I International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams- Santander-Spain- 1995                                                                                                                                                                                                   |
| 18    | Andriolo, F.R.- "The Use of Roller Compacted Concrete"- Oficina de Textos- Rua Augusta 1371- Lj. 107- -1305- 100- São Paulo- Brazil- 1998                                                                                                                                                                                           |
| 19    | Francisco Rodrigues Andriolo; Douglas Emerson Moser; Luiz Fernando Prates Oliveira; Jorge Murad P. Mussi- "Salto Caxias RCC Dam - Materials and RCC Quality Control"-III- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dam- Chengdu- China -1999                                                                            |
| 20    | Francisco Rodrigues Andriolo- "RCC - Materials Availability - Properties and Practices in Different Regions"- Roller Compacted Concrete Dam Construction in Middle East- Irbid- Jordan- 2002                                                                                                                                        |
| 21    | Francisco Rodrigues Andriolo- "Materials And RCC Quality Requirements"- IV Symposium on RCC Dam- Madrid-Spain- 2003                                                                                                                                                                                                                 |
| 22    | Malcolm Dunstan and Associates- <a href="http://www.rccdams.co.uk/dams">www.rccdams.co.uk/dams</a>                                                                                                                                                                                                                                  |
| 23    | Francisco Rodrigues Andriolo; Joaquim C. da Cunha; Raul Mário Pedroni; Selmo C. Kuperman- "Concreto Rolado - Uma Opção para a Futura U.H. Barra Grande"- XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens- Belo Horizonte-Brasil-1985                                                                                                    |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019

# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

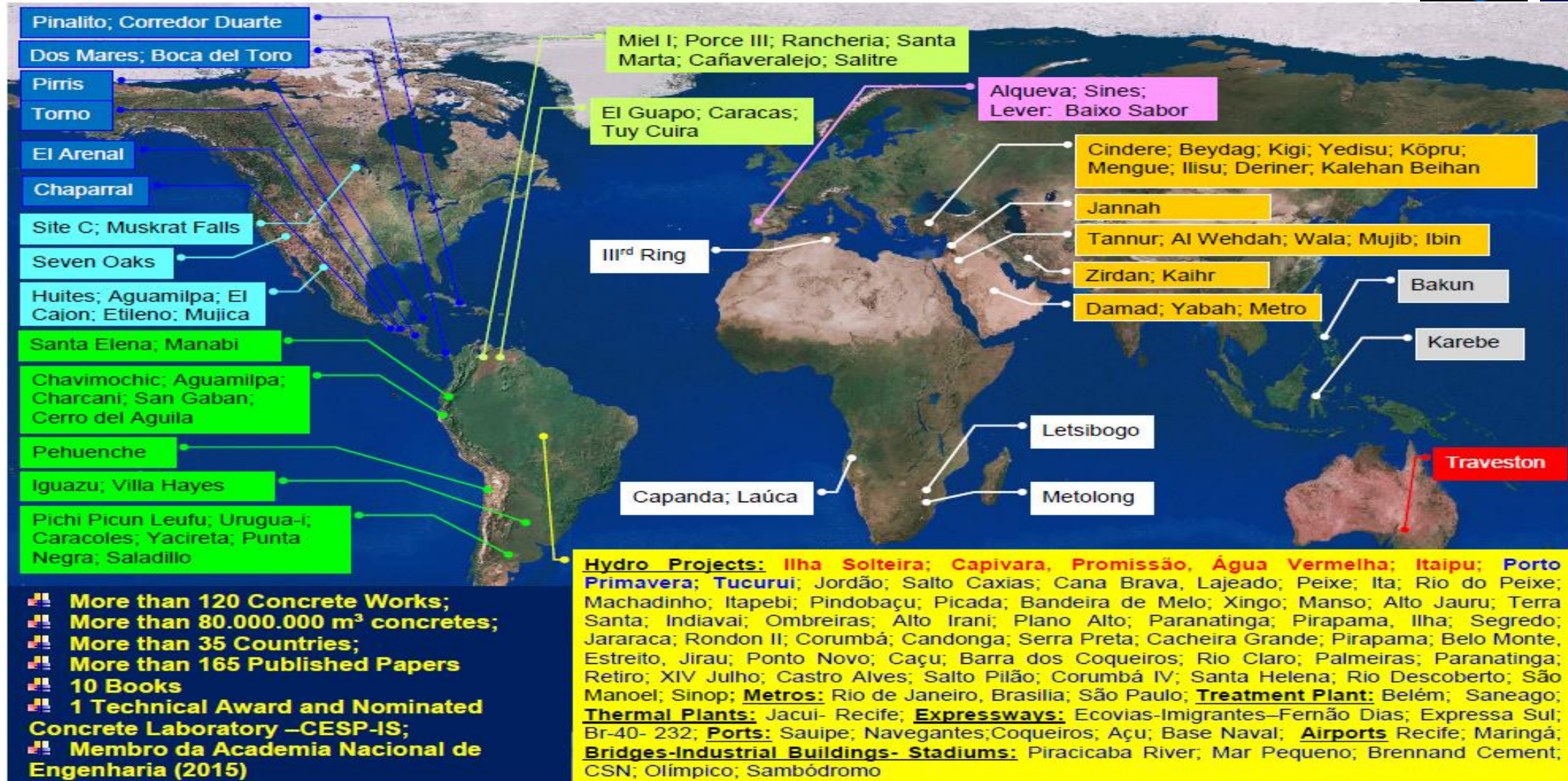
| Ordem | Referência                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24    | Francisco Rodrigues Andriolo; Walton Pacelli de Andrade- "RCC Dams - Impervious Systems; Discussions, Suggestions and Usage"- III- International Symposium on Roller Compacted Concrete Dam- Chengdu- China -1999                                                      |
| 25    | Francisco Rodrigues Andriolo- RCC- Concreto Rolado- "Rollcrete": Mais de 30 anos no Brasil – Erros, Acertos, Contrariedades, Conquistas e a Necessidade de Manter Qualidade"- 50º. Congresso Brasileiros do Concreto – RCC Symposium- Salvador-Bahia-Brasil-Bahia-2013 |
| 26    | Francisco Rodrigues Andriolo- Relato do Tema- "Progressos Recentes no Projeto e Construção de Barragens de Concreto Compactado a rolo-(CCR)"- Comitê Brasileiro de Grandes Barragens- XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Foz do – PR –2015                   |
| 27    | Francisco Rodrigues Andriolo- "Aspectos sobre o Uso do CCR em Barragens Brasileiras"- VII Internacional Syposium on Roller Compacted Concrete- (RCC) Dams- Chengdu-China-2015                                                                                          |
| 28    | Francisco Rodrigues Andriolo- "Concrete: Use in a Sustainable Way"- Editora-Cubo-Sao Carlos- 2015                                                                                                                                                                      |
| 29    | Francisco Rodrigues Andriolo- "Discussões sobre a Qualidade das Obras de Concreto dos Empreendimentos Hidráulicos" - Comitê Brasileiro de Grandes Barragens- XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Porto de Galinhas-Pernambuco-Brasil-2013                    |

**USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-  
EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO**

**ANDRIOLO, Francisco Rodrigues**  
Instituto de Engenharia  
São Paulo  
18 -Setembro -2019



# Workshop: CRITÉRIOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS EM CONCRETO COMPACTADO COM ROLO-CCR: ESTÁGIO ATUAL E AVANÇOS TECNOLÓGICOS



## USO DO CCR-CONCRETO COMPACTADO COM ROLO- EM BARRAGENS: CONHECIMENTO E EVOLUÇÃO

Instituto de Engenharia

São Paulo

18 -Setembro -2019

odrigues