



**CAMARGO  
CORRÊA**

# **INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CONSTRUTIVAS ADOTADAS PELA CAMARGO CORREA**

**PROJETOS HIDROÉLETRICOS**

**JOSE AUGUSTO BRAGA – 10/2012**

- ***O potencial energético hidráulico em operação é 83.000 MW. Dados da ANEEL***
- ***CAMARGO CORREA participou em > 52,0%***

## UHE JUPIA E ILHA SOLTEIRA

- **FORAM MARCOS DO DESENVOLVIMENTO DE TECNICAS LABORATORIAIS ( CESP ), CONCEITOS DE PROJETOS , PLANEJAMENTO, MÉTODOS CONSTRUTIVOS, SUPERVISÃO DE OBRAS , DESENVOLVIMENTO DE NORMAS E PROCEDIMENTOS.**
- **REAÇÃO ALCALIS AGREGADO**
- **PRODUÇÃO DE CLINQUER COM BAIXO TEOR DE ALCALIS**
- **INSTALAÇÃO NO OBRA ( JUPIA ) MOINHOS DE CIMENTO E POZOLANA**
- **CALCINAÇÃO DE TERRAS DIATOMÁCEAS – PÓ DE MICO EM CONCRETOS**
- **CIMENTOS E CONCRETOS EXPANSIVOS EM INJEÇÕES E PRÉ – ENCHEMENTO DE BLINDAGENS.**
- **TRATAMENTOS DE JUNTAS – ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DOS METODOS DO TRATAMENTO DE JUNTAS DE CONCRETAGEM**
- **ZONEAMENTO DAS CLASSES DE CONCRETO**

- **PLANEJAMENTO E ESTOQUES DE MATERIAIS**
- **ASPECTOS TERMICOS E REFRIGERAÇÃO DO CONCRETO ( Gelo, Agregado Refrigerado e Agua Gelada )**
- **TANQUES CLASSIFICADORES DE AREIA**
- **DEVIDO A PRODUÇÃO E COLOCAÇÃO DE CONCRETOS SUPERIORES A 70 000 M3 ( JUPIA ) E 120 000 ( ILHA SOLTEIRA ) A CC ADEQUOU EQUIPAMENTOS :**
  - **- GUINDASTES PORTUARIOS PARA LANÇAMENTO DE CONCRETO**
  - **- CAÇAMBAS PARA 3 M3 DE CONCRETO**
  - **VIBRADORES DE GRANDE BITOLA ( 150 MM DE DIAMETRO )**

- **PRODUÇÃO E COLOCAÇÃO DE ARMADURAS AS TAXAS MENSAIS SUPERIORES A 4 000 t LEVOU A CC IMPLANTAR PATIO DE ARMAÇÃO COM MAQUINAS PARA CORTE , DOBRA E EMENDAS DE ARMADURA E PRÉ – MONTAGEM DE ARMADURAS**
- **CAMADAS DE CONCRETAGEM DE GRANDES ALTURAS E FORMAS DESLIZANTES , COM CONSEQUENTE ADOÇÃO DO CONTROLE DE TEMPERATURA DO CONCRETO E DESENVOLVIMENTO DE FORMAS E PAINÉIS DE GRANDE ALTURA.**
- **TRATAMENTO DE JUNTAS DE CONSTRUÇÃO - AVALIAÇÃO**
- **TRANSPORTE DE CONCRETO POR CORREIAS**
- **TRANSPORTE VERTICAL DO CONCRETO POR CHUTES**
- **USO DE ELEMENTOS PRÉ – MOLDADOS**

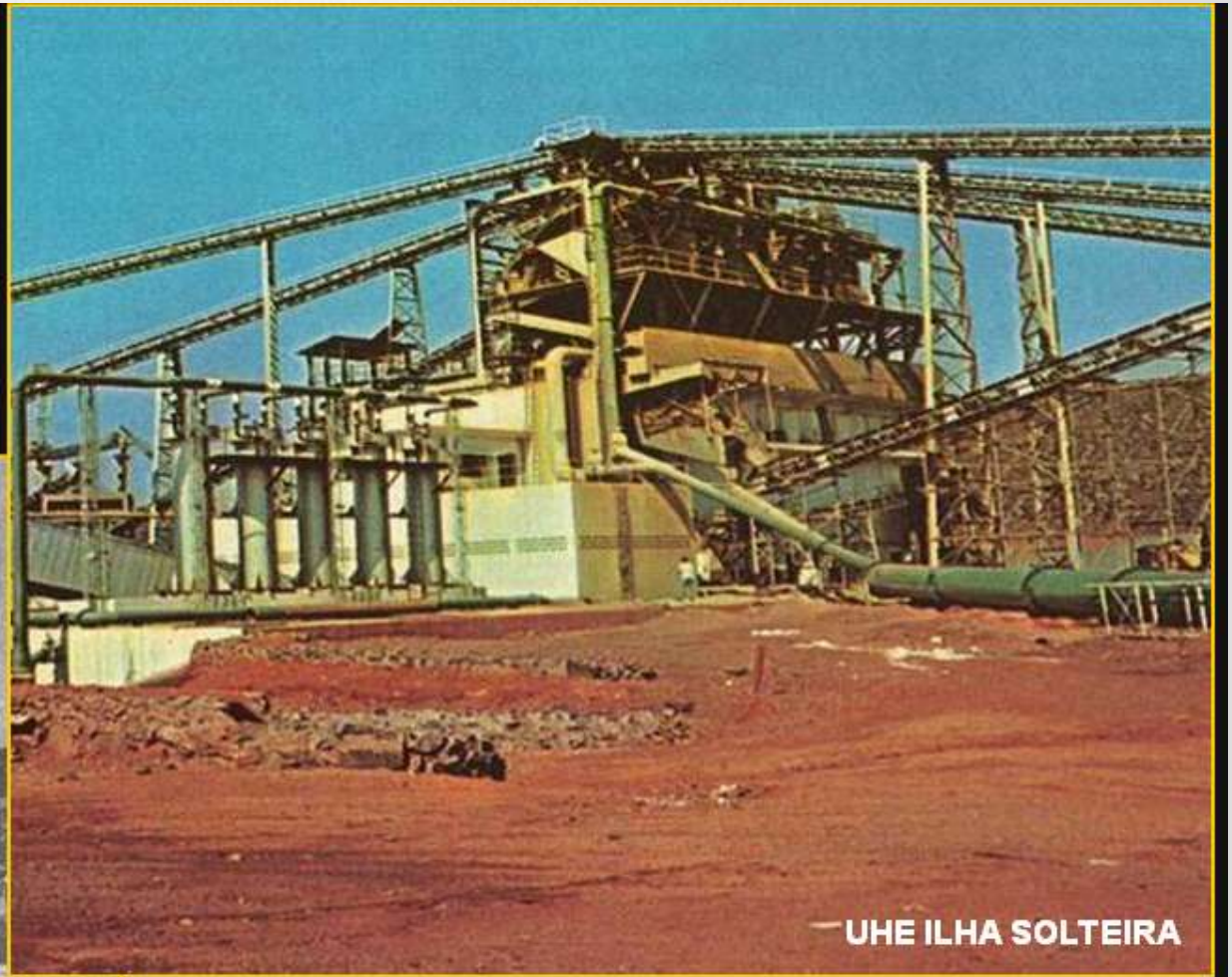


MOAGEM DE CLINQUER / FABRICAÇÃO DE POZOLANA

# FRABRICA DE GELO - UHES JUPIA E ILHA SOLTEIRA



UHE JUPIÁ



UHE ILHA SOLTEIRA

## ANDRIOLO – SOBRE A ÉPOCA DA CONSTRUÇÃO DE JUPIA E ILHA SOLTEIRA - PALESTRA NA UNESP - 2007

- ***A maneira DE PENSAR GRANDE, na proporcionalidade, na magnitude,***
- ***no risco, nas causas e conseqüências que os Problemas se apresentassem ou pudessem se apresentar!***
  
- ***ADMINISTRAR NAS ADVERSIDADES! DECIDIR!***



- ENG.FRANCISCO DE SOUZA DIAS – DIRETOR TÉCNICO DA CESP**
- EQUIPE DA CESP**
- ENG. EPAMINONDAS DO AMARAL - DIRETOR TÉCNICO DA CAMARGO CORREA**
- APOIO DO PROF. ROY CARSON**

- - **UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS CONSTRUTIVAS DESSEMINADAS PELAS UHE JUPIA E ILHA SOLTEIRA**
- **GRANDE DESAFIO – LOGISTICA**
- ***UHE TUCURUI – PRIMEIRA OBRA EXECUTADA NO BRASIL EM CCR E COM UTILIZAÇÃO DO PARAMENTO EM CCV – 1982***
- ***UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RAMPADO EM CCV***

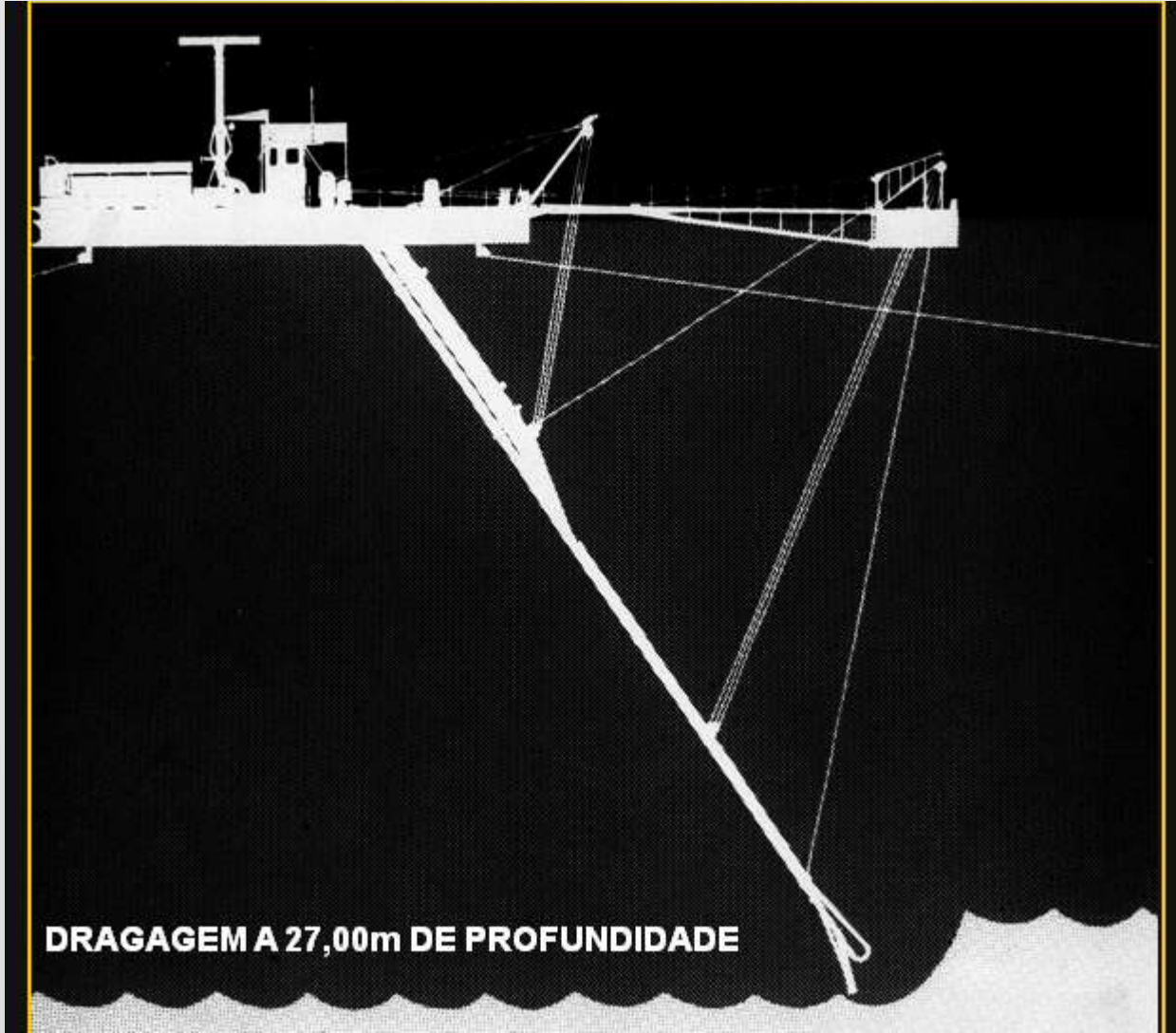








DRAGAGEM



**DRAGAGEM A 27,00m DE PROFUNDIDADE**



PORTO





DRAGA



TRANSBORDO DE CONTAINERES DE NAVIO PARA BARCAÇAS



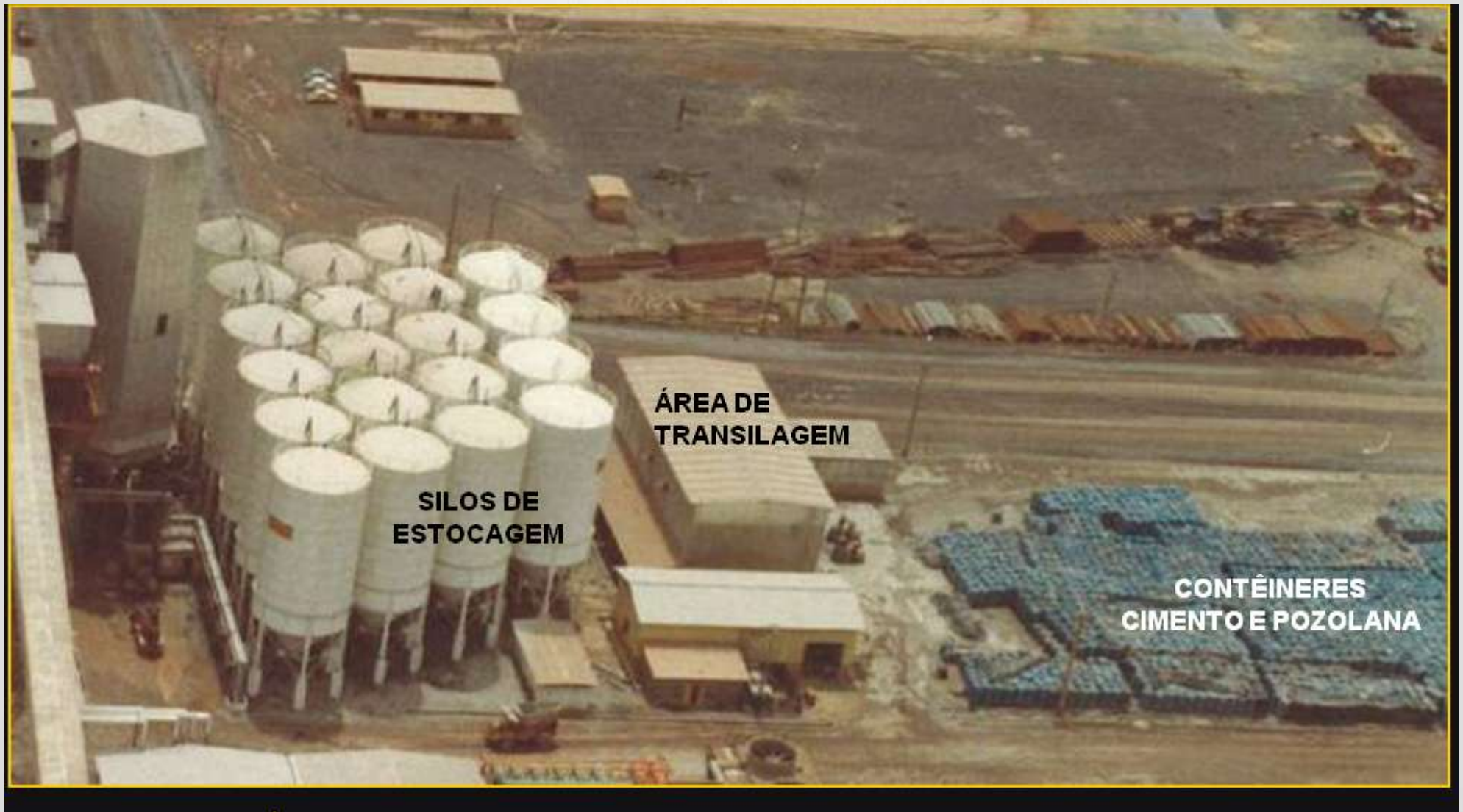
CONTAINERES ABORDO DO NAVIO



BARCAÇAS CARREGADAS COM VINICON



PORTO  
DESCARGA DE CONTÊNERES DE CIMENTO E POZOLANA



**SILOS DE  
ESTOCAGEM**

**ÁREA DE  
TRANSILAGEM**

**CONTÊINERES  
CIMENTO E POZOLANA**

# UHE SERRA DA MESA

- **CASA DE FORÇA SUBTERRANEA**
- **CCR COM ALTO TEOR DE PASTA – UTILIZANDO ESCORIA DE ALTO FORNO MOIDA COMO POZOLANA**



### Evolução

As ensecadeiras galgáveis da Usina de Serra da Mesa, foram executadas em CCR com alto teor de pasta, utilizando a escória de alto forno moída como pozolana.



## UHE MACHADINHO

- PIONEIRISMO EM CONTRATO DE FORNECIMENTO GLOBAL DE BENS E SERVIÇOS – SOB REGIME DE TURN - KEY

**Contratante:** Machadinho Energética S.A. - MAESA

**Localização:** Situada no rio Pelotas, a aproximadamente a 1.200 m a jusante da foz do Rio Inhandava ou Forquilha na divisa entre os municípios de Piratuba-SC e Maximiliano de Almeida-RS, Brasil.

**Período de Execução:** Março/98 a Julho/02

**Objeto do Contrato:** Construção da usina no Rio Pelotas, incluindo projetos, apoio técnico, obras civis, infraestrutura, montagem, comissionamento, testes e fornecimento de materiais e equipamentos elétricos e mecânicos.

Potência instalada: 1.140 MW.





- **UHE CAMPOS NOVOS E BARRA GRANDE**
- **BARRAGEM ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO**
- **UHE CAMPOS NOVOS – 202 M DE ALTURA**
- **UHE BARRA GRANDE – 170 M DE ALTURA e**
- **Também utilizou CCR no Vertedouro**



# UHE CAMPOS NOVOS



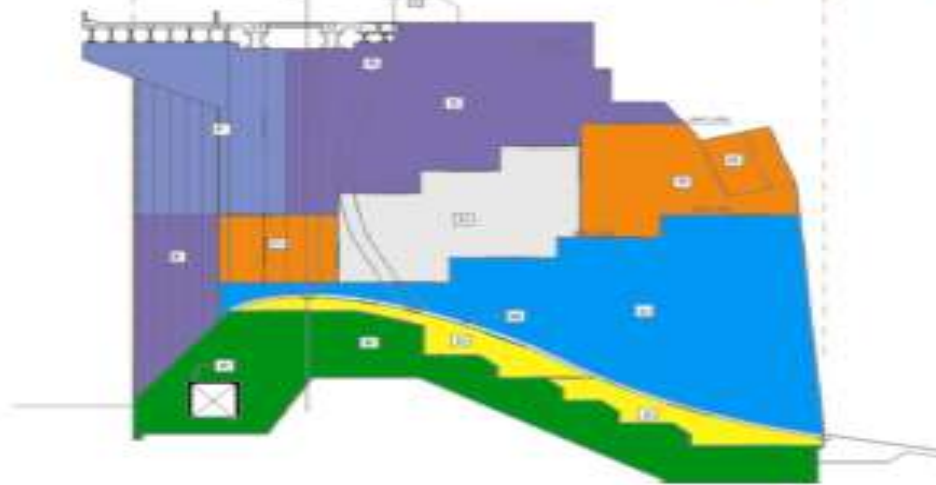


**VISTA AÉREA DA REGIÃO DO VERTEDOURO**

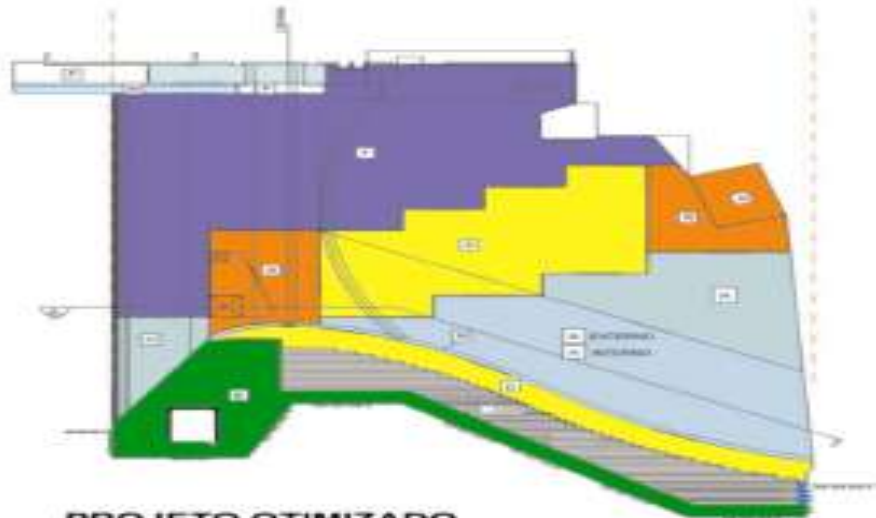




CORTE LONGITUDINAL TÍPICO COM CONCRETO CONVENCIONAL



CORTE LONGITUDINAL TÍPICO COM CONCRETO ROLADO



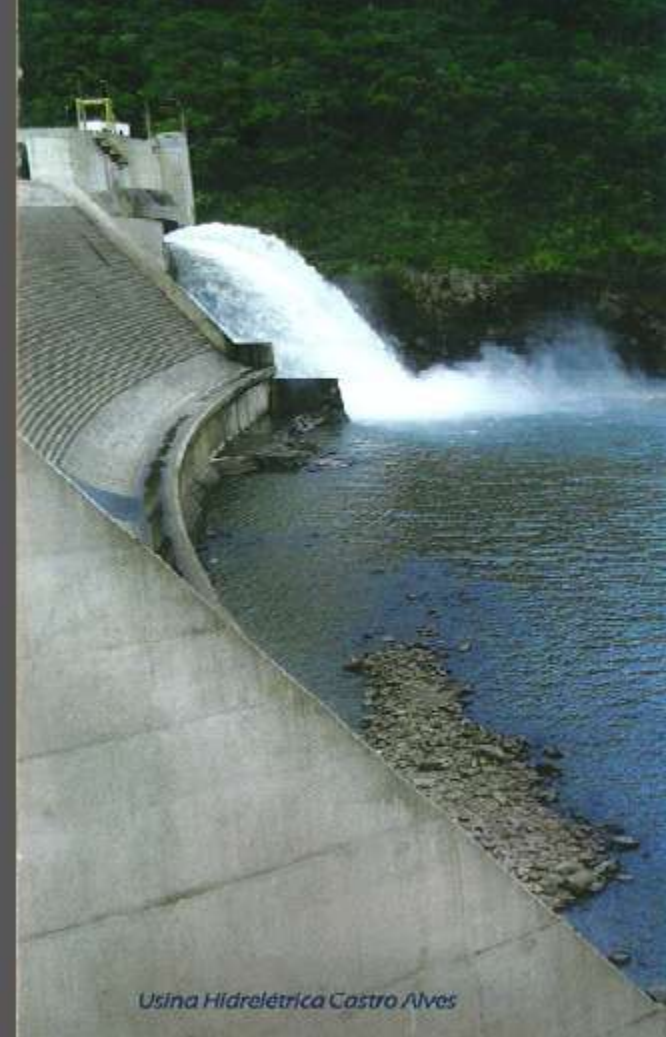
PROJETO OTIMIZADO





## COMPLEXO CERAN

- **CCR**
- **CANAL DE ADUÇÃO – TUNEL , EM REGIÃO DE ROCK BURST**
- **ESCAVADO 10 549,51 Ms DE TUNEL**
- **CASA DE FORÇA – SUBTERRANEA**



Usina Hidrelétrica Castro Alves



FOTO DIVULGAÇÃO - ASSESSORIA CERAN



FOTO DIVULGAÇÃO - ASSESSORIA CERAN



# UHE Serra do Facão



Descrição	Quant.
Escavação comum	632.759 m <sup>3</sup>
Escavação e carga de rock underground	43.132 m <sup>3</sup>
Escavação e carregamento de rocha	1.459.128 m <sup>3</sup>
Escavação e carga de solo com pedra	268.856 m <sup>3</sup>
enrocamento	667.232 m <sup>3</sup>
aterro	143.034 m <sup>3</sup>
concreto convencional	102.929 m <sup>3</sup>
Rolo-concreto compactado	610.255 m <sup>3</sup>

Em cerca de 90% do volume de CCR foi utilizado consumo de 65 e 70 kg/m<sup>3</sup> de cimento para atendimento de 9,0 MPa aos 180 dias, e na sua face de montante foi utilizado uma dosagem de concreto convencional com consumo de 190kg/m<sup>3</sup>. O cimento utilizado foi o CPIII 32, marca CAUÊ e o agregado foi o anfíbolito.

- **AREIA ARTIFICIAL – PÓ DE PEDRA - COM FRAÇÃO FINA DE  $\pm 14\%$  DE MATERIAL PASSANDO NA PENEIRA 200 ( 0,075MM ),SEM TER SUBMETIDO A QUALQUER PROCESSO DE BENEFICIAMENTO , TAL COM LAVAGEM.**

## Misturas Utilizadas

Aglomerante – 70 kg/m<sup>3</sup> ( 62% de escoria de alto forno )

Água - 130 kg/m<sup>3</sup>

Areia Artificial – 1234,0 kg/m<sup>3</sup>

Brita 1- 25mm- 536,0 kg/m<sup>3</sup>

Brita 2 - 666,0 kg/m<sup>3</sup>

Aditivos - plastificante e retardor de água

Canon Time – 20 a 30 s

Grau de Compactação  $\geq 98\%$

## 5. Resultados obtidos na extração de testemunhos no corpo da Barragem

Ensaio	Dados	Furo							Total geral
		F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	
Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Média	2634	2613	2630	2638	2644	2621	2578	2629
	Desvio Padrão	42	42	49	30	72	86	53	60
	Nº de ensaios	23	16	11	18	27	16	7	120
Resist. à compressão (MPa)	Média	11,7	12,0	11,8	11,8	14,3	12,6	16,1	12,7
	Desvio Padrão	3,5	2,2	2,1	2,3	2,9	2,8	6,3	3,2
	Nº de ensaios	15	10	4	8	13	8	4	62
Tração na compress. diametral (MPa)	Média	1,76	2,00	1,59	1,70	1,35	1,36	1,71	1,59
	Desvio Padrão	0,39	0,26	0,33	0,18	0,49	0,55	0,83	0,47
	Nº de ensaios	6	5	4	6	11	6	3	41
Módulo de elasticidade (GPa)	Média	21,6	24,8	21,7	22,7	29,6	33,8	28,3	29,3
	Desvio Padrão	4,3	9,2	3,8	4,8	6,2	8,3	5,9	9,6
	Nº de ensaios	6	5	4	8	13	8	4	48
Permeabilidade (m/s)	Média	0,0E+00	—	4,6E-12	4,5E-11	1,9E-11	4,0E-11	—	1,3E-11
	Desvio Padrão	0,0E+00	—	4,6E-12	6,8E-11	1,4E-11	1,2E-12	—	3,1E-11
	Nº de ensaios	14	0	3	4	3	2	0	26

Ver foto sobre os procedimentos para extração de testemunhos e foto sobre o furo F13 e corte de controle.



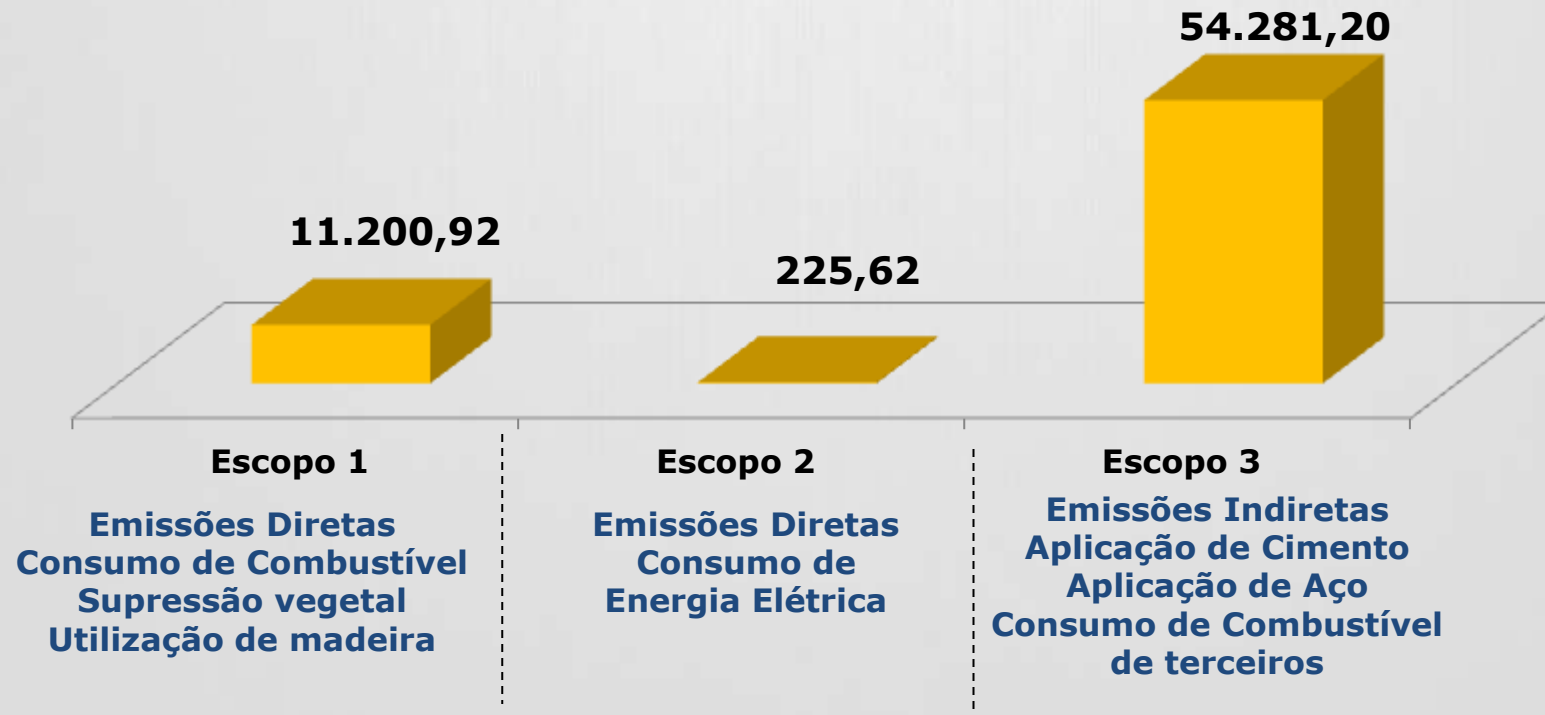
Fig. 7. Amostras extraídas da estrutura.





## A UHE Serra do Facão foi uma das primeiras obras de Hidrelétricas a serem inventariadas no mundo.

### Emissões de Gases de Efeito Estufa para Construção da UHE Serra do Facão (TCO2e)



Foram produzidas mudas no Centro Integrado de Educação Ambiental da obra. Foram compensadas 26.000 toneladas de CO<sub>2</sub>e, praticamente o equivalente à queima de 10 milhões de litros de óleo diesel.

O Programa de reabilitação de áreas degradadas foram desenvolvidas no canteiro da obra.



## Foi estabelecida a Meta de Redução de 21%

Emissões previstas na Construção da Hidrelétrica: 109.000 tCO<sub>2</sub>

Emissões na Construção da Hidrelétrica: 65.000 tCO<sub>2</sub>

Redução e Compensação de Emissões: 70.000 tCO<sub>2</sub>

**Meta atingida – Redução de 65% das emissões para a Construção da UHE Serra do Facão**

# UHE CHAPECÓ

- 
- 
- PIONEIRA NO BRASIL EM BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM NUCLEO DE ASFALTO

## UHE – FOZ DO CHAPECÓ

**BARRAGEM DE ENROCAMENTO  
COM NÚCLEO ASFÁLTICO**



UHE FOZ DO CHAPECO



**BARRAGEM DE  
ENROCAMENTO COM  
NUCLEO DE ASFALTO**







## BARRAGEM PRINCIPAL

Abastecimento da Máquina Acabadora

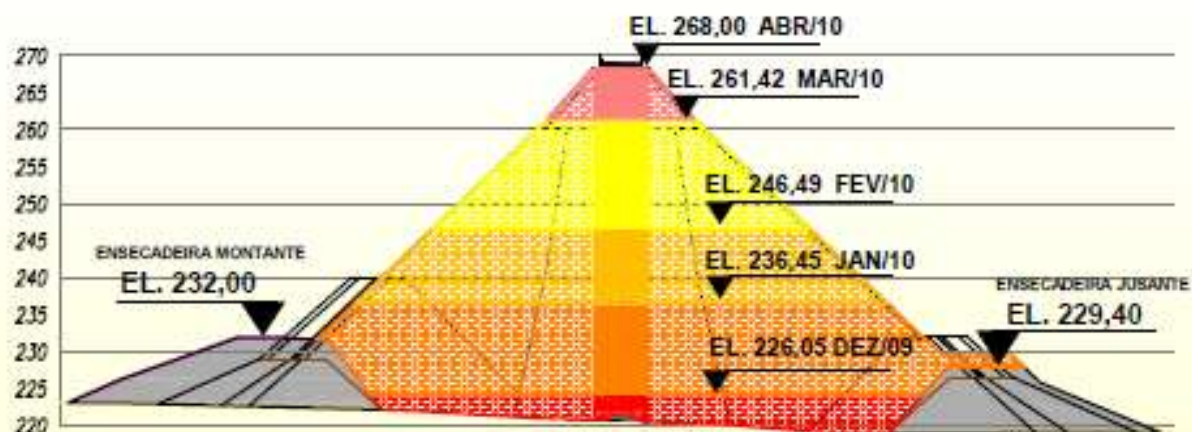
Núcleo Asfáltico

Transição Fina



## BARRAGEM PRINCIPAL

### ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO



#### SEÇÃO TRANSVERSAL

NÚCLEO ASFÁLTICO	ENROCAMENTO COMPACTADO
DEZEMBRO/09: 28 CAMADAS (altura da camada: 25cm)	DEZEMBRO/09: 252.838 m <sup>3</sup>
JANEIRO/10: 42 CAMADAS	JANEIRO/10: 413.028 m <sup>3</sup>
FEVEREIRO/10: 40 CAMADAS	FEVEREIRO/10: 420.897 m <sup>3</sup>
MARÇO/10: 60 CAMADAS	MARÇO/10: 321.685 m <sup>3</sup>
ABRIL/10: 28 CAMADAS	ABRIL/10: 36.948 m <sup>3</sup>
TOTAL: 196 CAMADAS – MÉDIA 2,2 camadas/dia	TOTAL: 1.445.396 m <sup>3</sup> - MÉDIA 12.569 m <sup>3</sup> /dia

CAMARGO  
CORRÊA

ENGENHARIA & CONSTRUÇÃO

## BARRAGEM PRINCIPAL

ACOMPANHAMENTO - 16/12/2009





# UHE BATALHA

- **Primeira Barragem que teve como fundação das estruturas CONSTRUÍDA EM REGIÃO DE FILITO GRAFITOSO .**
- **Com 100% dos taludes expostos tratados.**
- **RANDOM COM NUCLEO DE ARGILA**





## UHE JIRAU

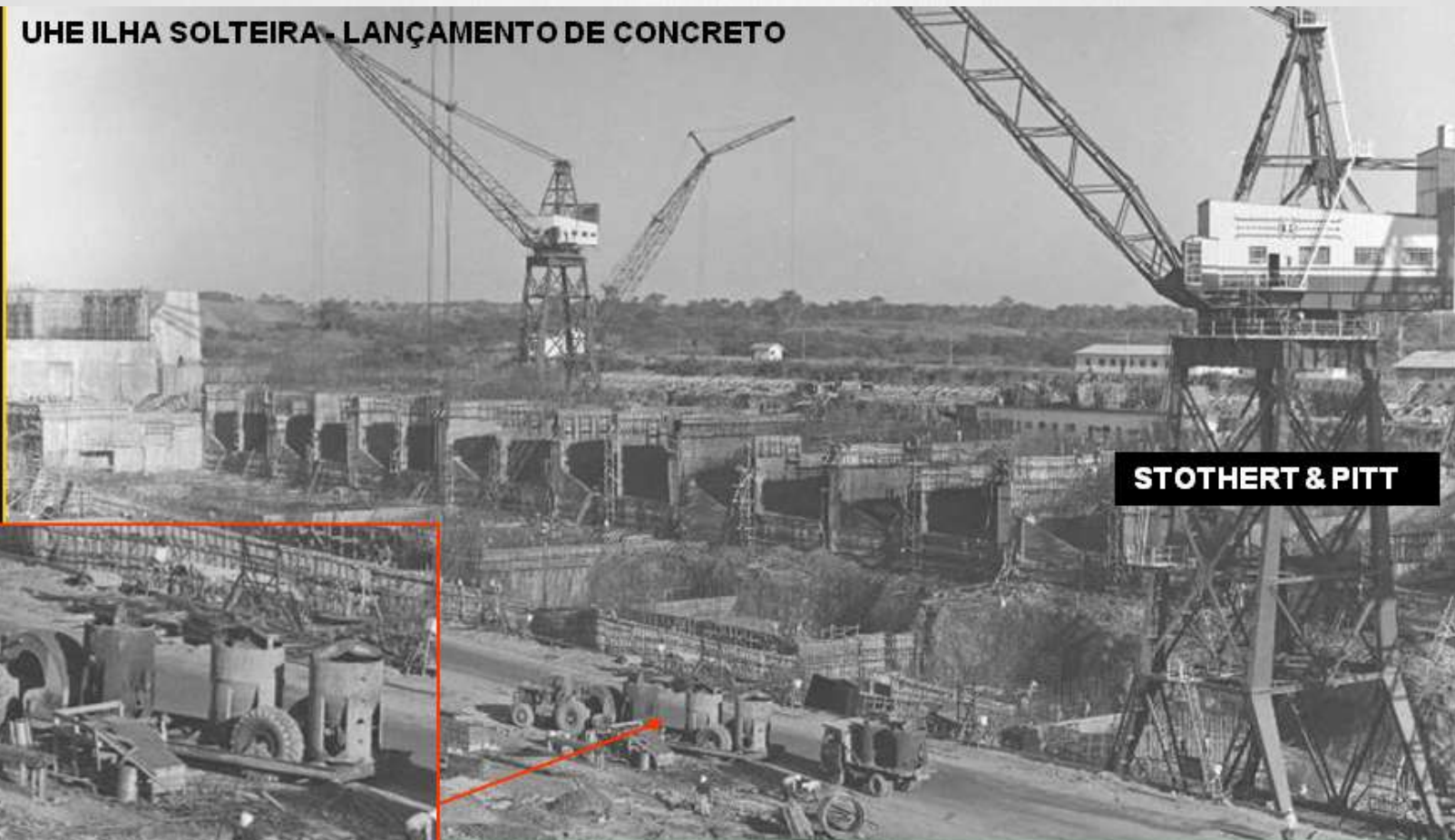
- 
- **PRAZO**
- **LOGISTICA**
- **PRE- MONTAGEM DE ARMAÇÃO**
- **NUCLEO DE ASFALTO**
- **REFRIGERAÇÃO DO CONCRETO**
  
- **PROXIMOS CONGRESSOS SERÃO APRESENTADOS TRABALHOS , COM DETALHES TECNOLOGICOS E METODOLOGIA CONSTRUTIVA**



- **DESDE A DÉCADA DE 1970 , A CAMARGO CORREA VEM PARTICIPANDO E UTILIZANDO PARA TRANSPORTE DE ROCHA E CONCRETO:**
- **- CAMINHÕES**
- **- CORREIAS TRANSPORTADORAS E TRANSPORTE DE CONCRETO POR CHUTES**
- **- MONOVIAS**
- **CABOS AÉREOS**



UHE ILHA SOLTEIRA - LANÇAMENTO DE CONCRETO



STOTHERT & PITT



TRANSPORTE DE CAÇAMBAS

**CAMINHÃO DUMPCRET**

**CORREIA TRANSPORTADORA**

**CRETERCRANES**

**MOEGA ALIMENTADORA**

**BOMBA LANÇA**



**BOMBA ESTACIONÁRIA**



**AUTO BOMBA**



## CORREIAS TRANSPORTADORAS E TUBULAÇÃO

- ***DESDE 1970 , A CONSTRUTORA CAMARGO CORREA ADOTA ESSAS METODOLOGIAS NA SUA PRATICA DE CONSTRUÇÃO PARA TRANSPORTE DE ROCHA E CONCRETO***



CONSTRUCTION PLANNING ITaipu HYDROELECTRIC PROJECT



Monorail in operation

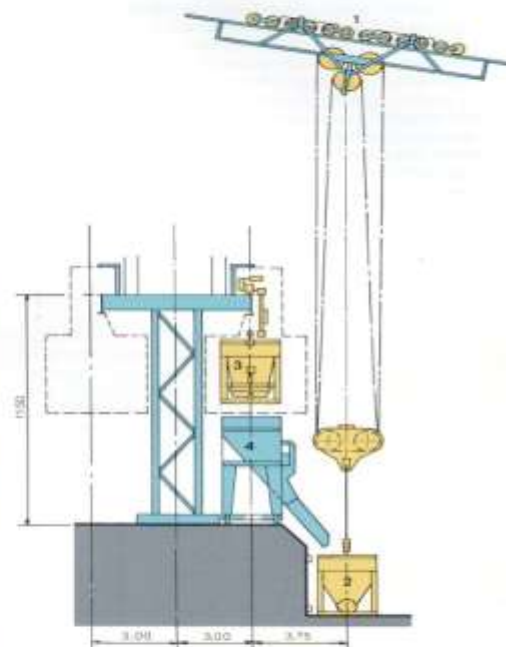


Fig. 5.22 Concrete transfer

- 1 Aerial cableway
- 2 Bucket of catenary
- 3 Monorail bucket
- 4 Intermediate bucket and chute

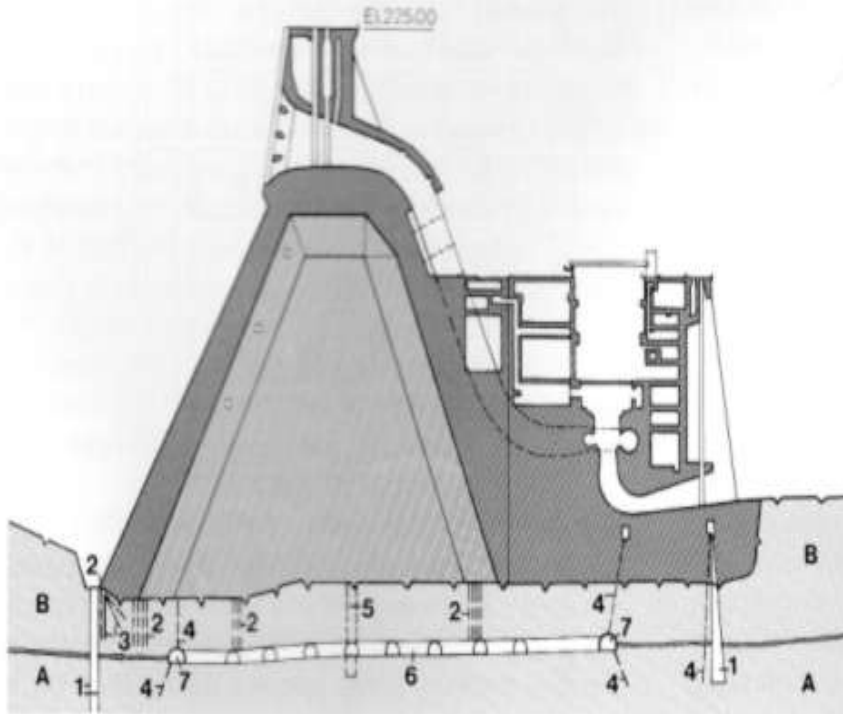
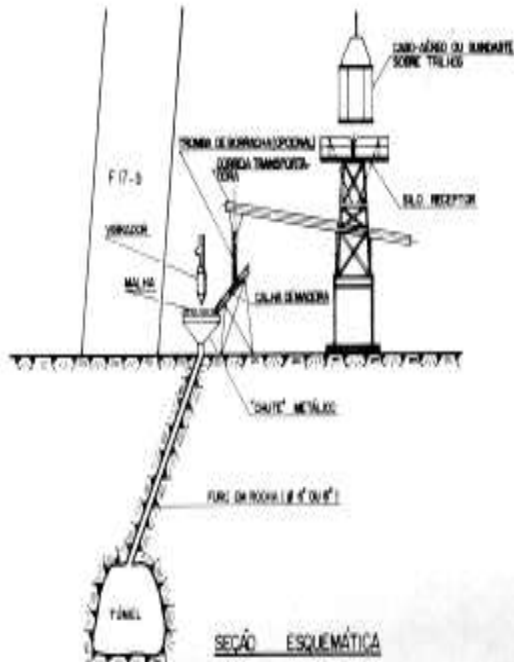


Fig. 4.7 Main dam and powerhouse foundation treatment cross section

- 1 Grout curtain
- 2 Contact grouting
- 3 Consolidation grouting
- 4 Drain holes
- 5 Investigation and access shaft
- 6 Shear keys
- 7 Drainage tunnel
- A, B Flow designation
- Dense basalt
- Breccia





Figura 31 (17649-C) - Vista da área de atuação do conjunto dos cabos aéreos.



LANÇAMENTO DE CONCRETO POR ESTEIRA



**Ilha Solteira- 1972-73**

CAMARGO  
CORRÊA

57

CAMARGO  
CORRÊA



Figura 33 (8295-0) - Utilização de correias transportadoras - para concreto massas com  $\phi$  máx 76 mm - em locais fora do alcance dos guindastes e cabos aéreos.



Figura 34 - Uso de esteiras para concretagens com formas deslizantes.



**A distância para esta operação é da ordem de 1.800m e era necessário pelo menos quatro caminhões transportadores de concreto (Tib ou Betoneira).**







## Vista da Correia Transportadora na Tomada D'Água



● **CCR**



A experiência brasileira no estudo, desenvolvimento e aplicação do CCR em barragens pode ser assim relatada, de forma sucinta:

- 1976, Hidroelétrica de Itaipu, primeira experiência brasileira, execução de pisos de oficina mecânica e almoxarifado.
- 1978, Itaipu, ensaios de laboratório, construção de maciços experimentais, e aplicação de CCR no preenchimento de alguns acessos às fundações da barragem atingindo um volume de  $26.000\text{m}^3$  (fotos 41 e 42).
- 1978, Hidroelétrica de São Simão, lançados cerca de  $40.000\text{m}^3$  em locais diversos.
- 1982, Hidroelétrica de Tucuruí, muro da eclusa, cerca de  $12.000\text{m}^3$ , primeiro lançamento de CCR em uma estrutura definitiva, no Brasil.

- **CCR POBRE:** com baixo teor de cimento, menor que  $100 \text{ kg/m}^3$ , é razoavelmente permeável e pouco homogêneo ao longo da espessura da camada, podendo apresentar caminhos preferenciais de percolação
- **RCD ( Roller Compacted Dam Concrete ) :** desenvolvido no Japão, o método utiliza concreto mais argamassado e úmido a fim de assemelhar-se ao concreto convencional. Quantos kilos
- **CCR com alto teor de pasta:** usa grande quantidade de material pozolânico com teores superiores a  $150 \text{ kg/m}^3$ , e mais material cimentício (  $80$  a  $100 \text{ kg / m}^3$  ), visando à permeabilidade semelhante à do concreto convencional

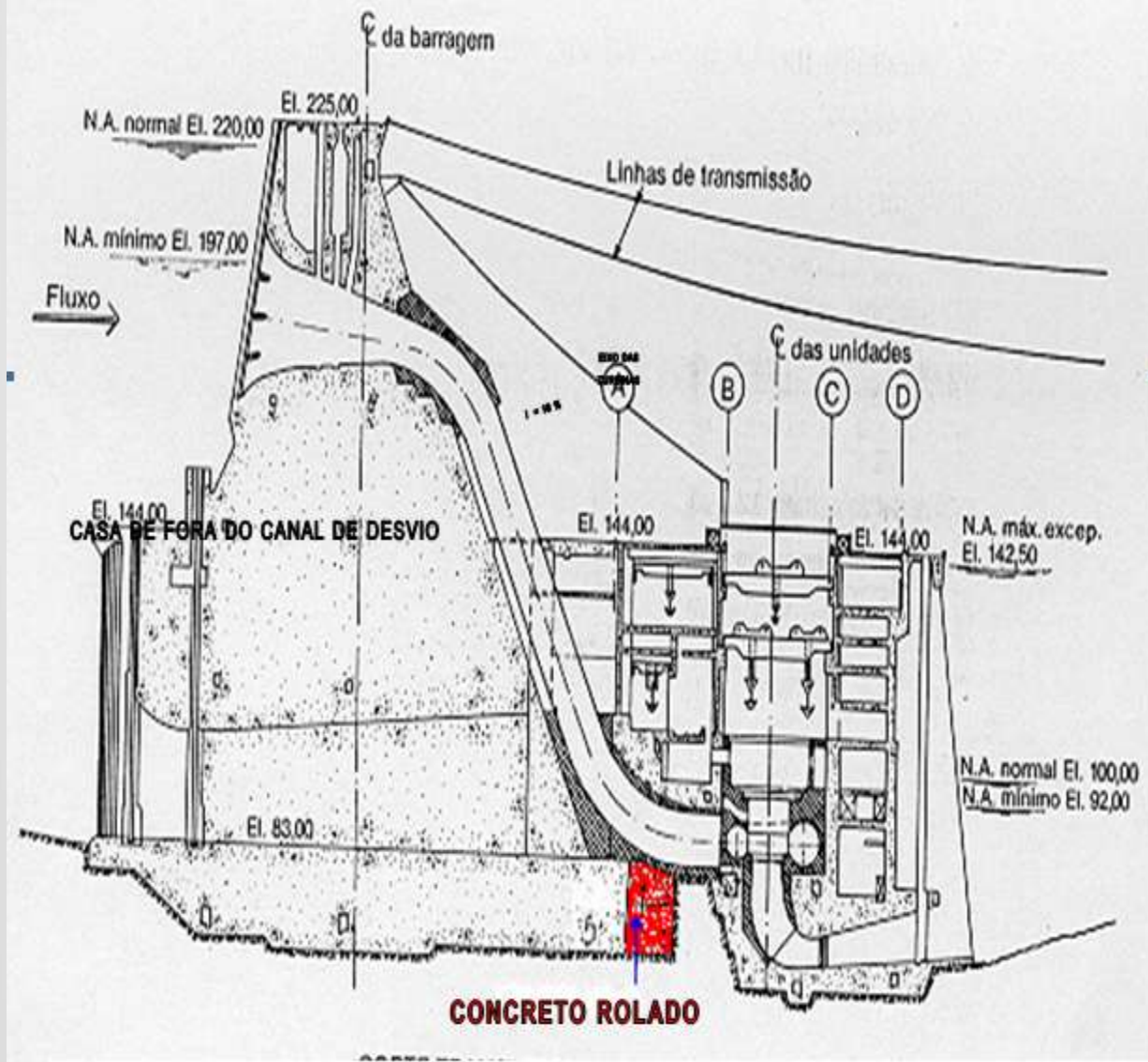
**Concreto com alto teor de finos (ATF):** desenvolvido no Brasil – Itaipu Binacional ), a procura de alternativas a limitação técnicas do CCR Pobre ( permeabilidade ) e de disponibilidade de cinza volante ou outros tipos de pozolanas, pesquisou e optou pela utilização de FINOS oriundos da Areia Artificial , com certa quantidade de material de dimensão inferior a  $0,075\text{mm}$  ( peneira 200 )

- TECNOLOGIA DESENVOLVIDA NA ITAIPU BINACIONAL
- - *UTILIZADA INICIALMENTE EM CCV NA ITAIPU BINACIONAL E EM CCR NA PRESA DE URUGUAI – ARGENTINA E EM DIVERSAS OBRAS DE CCR E CCV NO BRASIL E EXTERIOR.*
- - POSSUI ATIVIDADE POZOLÂNICA, QUE PODE SER COMPROVADA COM O ENSAIO DA FIXAÇÃO DA CAL –  
- *ENSAIO DESENVOLVIDO NA ITAIPU A PARTIR DA CONSTATAÇÃO FEITA PELO DR. ALBERTO OSSIPOV , DO SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE HYDROPROJECT DE MOSCOU E PUBLICAÇÃO – PESQUISA SOBRE METODOS DE ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE AGREGADOS PARA USO EM CCR – BRAGA J.A, FERNANDES FRANCELINO – III SEMINARIO NACIONAL DE CCR – 11/1998*

- **AS PRINCIPAIS OBRAS EM CCR EXECUTADAS PELA CAMARGO CORREA , CONSIDERANDO OPÇÕES TECNOLÓGICAS:**
  - 1- UHE ITAIPU BINACIONAL**- PIONEIRA EM PESQUISAS E EXECUÇÃO EM CCR – APÓS 10 ANOS DA EXECUÇÃO FOI APROVEITADA COMO ESTRUTURA DEFINITIVA EM VISTA DOS RESULTADOS - III SEMINÁRIO NACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO FOZ DO IGUAÇU - NOVEMBRO/1.998 - PROPRIEDADES DO CCR UTILIZADO EM ITAIPU APÓS 3.000 DIAS DE SUA APLICAÇÃO
    - AUTORES: FRANCILINO FERNANDES NETTO - TECNOLÓGISTA DE CONCRETO
    - JOSÉ AUGUSTO BRAGA - ITAIPU BINACIONAL
  - 3- UHE TUCURUI – PRIMEIRA OBRA EXECUTADA NO BRASIL EM CCR E UTILIZAÇÃO DO PARAMENTO EM CCV - 1982**
  - 2- UHE SERRA DA MESA – CCR COM ALTO TEOR DE PASTA – OBRA PIONEIRA NESSA TECNOLOGIA NO BRASIL - 1988**
  - 5- UHE SERRA DO FACÃO – CCR COM ALTO TEOR DE FINOS ( PÓ DE PEDRA )E CIMENTO COM  $\pm 60$  % DE ESCORIA DE ALTO FORNO E CCV NO PARAMENTO .**
  - 6- UHE BARRA GRANDE – PÓ DE PEDRA**



- **8 - UHE PORTO PRIMAVERA – ALTO TEOR DE FINOS – PÓ DE PEDRA**
- 9 – UHE MONTE CLARO – ALTO TEOR DE FINOS**
- 10 – UHE CASTRO ALVES – ALTO TOER DE FINOS**
- 11– UHE 14 DE JULHO – ALTO TEOR DE FINOS**





**Foto 41** – Detalhe do lançamento, em 1978, de Concreto Compactado com Rolo em caráter experimental, em Itaipu, onde são vistos os equipamentos básicos:

# TUCURUI 1º E 2º ETAPAS









- 1 - **HORIZONTAL** - CAMADAS 30 CM E APLICAÇÃO DE ARGAMASSA ENTRE CAMADAS
- 2- **MÉTODO RAMPADO**
- 3- **ASSOCIAÇÃO DOS 2 METODOS**

- O METODO RAMPADO FOI LANÇADO INICIALMENTE NA CHINA , EM 1999 , EM UM CONGRESSO , SOB DENOMINAÇÃO HORIZONTALLY ADVANCING STOPED LAYERS CONSTRUCTION OF RCC ( HASLC ) , APÓS APLICAÇÃO COM SUCESSO NA **BARRAGEM DE JIANGYA , NA CHINA , ENTRE 1997 E 1999**
- - O METODO RAMPADO – METODO CHINES É UMA SOLUÇÃO CRIATIVA , QUE PERMITE REDUÇÃO SUBSTANCIAL NO TRATAMENTO DE JUNTAS DE CONSTRUÇÃO E O VOLUME DE ARGAMASSA DE ADERENCIA ENTRE CAMADAS .
- - ***NO BRASIL , ESTE MÉTODO FOI UTILIZADO COM SUCESSO EM OBRAS DE CONCRETO MASSA , NAS CONSTRUÇÕES DAS UHES ITAIPU BINACIONAL E TUCURUI , AO REDOR DOS ANOS 70.***
- A EXECUÇÃO EM RAMPAS ENTRE 5 A 20 % , RESULTA EM SUB CAMADAS CURTAS E DE PEQUENO VOLUME , O QUE PERMITE UM RAPIDO COBRIMENTO, DE NO MAXIMO 4 HS. TEMPO QUE NÃO OCORRERA UMA JUNTA FRIA , RAZÃO QUE SE UTILIZOU EM ITAIPU E TUCURUI, PARA CONCRETO CONVECCIONAIS.



**Itaipu-1977-78**



**Tucuruí-1979-80**



- Redução do custo da aplicação da argamassa de ligação;
- Redução da superfície de exposição da argamassa de ligação;
- Aumento da velocidade de construção com benefícios diretos sobre o programa de construção da obra;
- Otimização da mão-de-obra envolvida;
- Maior produtividade dos equipamentos e mão-de-obra;
- Redução de custos;
- Antecipação na movimentação das fôrmas;
- Maior produtividade e utilização das centrais de concreto em função da concretagem ininterrupta;
- Redução dos serviços de limpeza e tratamento de juntas;

## CCR - METODO RAMPADO

Sub-camadas contínuas com  $h = 0,33$ 

Figura 2 - Método Rampado



Fotografia 1- Lançamento de CCR em Rampa

## MOVIMENTAÇÃO DAS FÔRMAS

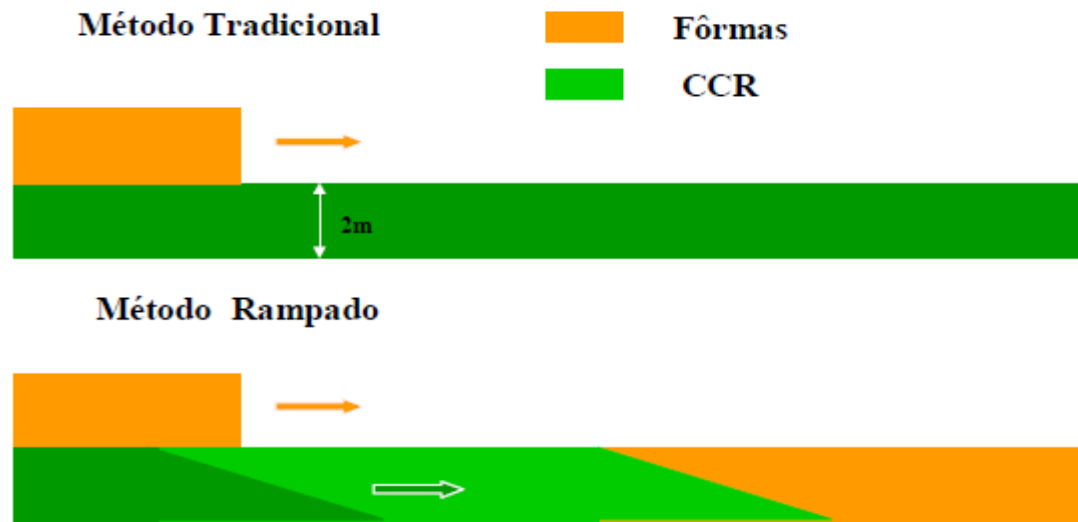


Figura 3 - Movimentação das Fôrmas

No método tradicional a fôrma do paramento de montante pode ter altura variável, mas geralmente é de 2,00 m, sendo seu alteamento feito somente quando se executa o número de camadas para atingi-la. A fôrma de jusante tem variado a altura entre 0,30 m a 0,90 m (mais utilizadas). No método Rampado, o alteamento das fôrmas é antecipado e inicia-se antes da conclusão da camada de 2 m.



- 1- **CONCRETO CONVENCIONAL** - ESPESSURA DE 1,00 A 0,60 M , com consumo no máximo 200,0 kg / m<sup>3</sup>
- 2- **CCR ENRIQUECIDO** :
  - A - Injeção de argamassa
  - B - CCR com maior teor cimentício e teor de pasta
- 3- **FIXAÇÃO DE MANTA NO PARAMENTO**



**Figuras 42 e 43 – Compactação do contato CCV/CCR e lançamento de CCV no paramento de montante, respectivamente**

Para o cálculo teórico da espessura, pode ser utilizada a expressão desenvolvida por Bazant:

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

Onde:

e: espessura do paramento (m);

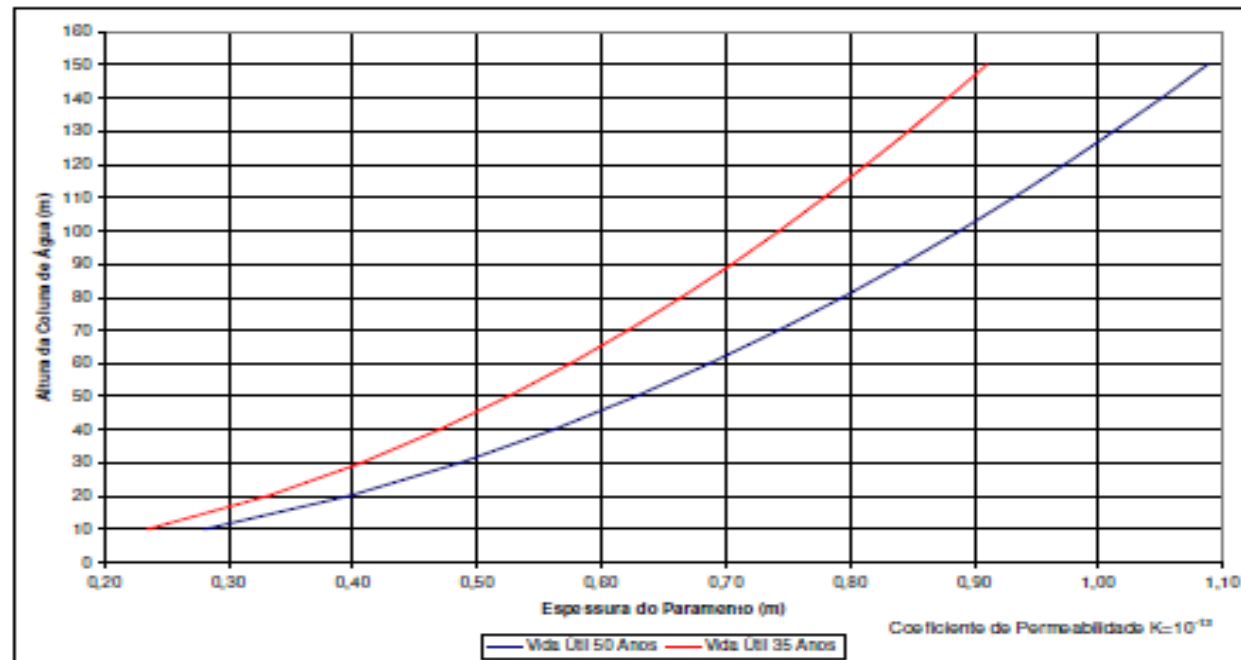
p: altura da coluna de água (m);

k: coeficiente de permeabilidade (m/s);

t: tempo de vida útil considerado (s);

a: absorção (%).

A **Figura 30** exemplifica a metodologia de cálculo dos valores de espessura para vida útil de 35 anos e de 50 anos, com coeficientes de permeabilidade de  $10^{-13}$  m/s, absorção de 4%, para diferentes alturas de coluna de água, utilizando a expressão de Bazant.



**Figura 30 – Espessura do paramento hidráulico**



*Figura 31 – Processos de adensamento do GERCC em Tannur e Jiangya Dam.  
Fonte:International Water Power & Dam Construction.*



Electricity of Vietnam





# CONSTRUCTION METHODS



GEVR



VIBRATING of GEVR



RCC PLACEMENT



CONTRACTION JOINT



SEALING of CONTRACTION JOINT



CONSTRUCTION of GALLERY





# SISTEMA DE CURA ADOTADA PELA CC EM CCR



## 3.10 Pista experimental

Antes do início dos trabalhos definitivos, deve-se executar uma pista experimental, cujos objetivos principais são:

- ajustar as dosagens definidas para uso, quanto à trabalhabilidade, umidade e densidade;
- conhecer o desempenho dos equipamentos, principalmente do rolo vibratório e do tipo de compactador a ser utilizado nas regiões não acessíveis ao rolo vibratório;
- definir o número de passadas do rolo vibratório em função da trabalhabilidade e densidade requeridas;
- investigar intervalos de lançamentos sucessivos, diurno e noturno, em termos de tempos de exposição admissíveis;
- investigar situações de juntas de concretagem quanto a aderência e tipos de tratamento;
- testar o método executivo de juntas induzidas;
- investigar alternativas construtivas, tais como: lançamento e adensamento do concreto rolado junto das formas, lançamento e adensamento do concreto rolado e concreto convencional junto à rocha, nas ombreiras; e
- extrair testemunhos para: avaliar a qualidade do CCR e do CCV, por meio da caracterização de suas propriedades mecânicas, elásticas e de permeabilidade, e avaliar a aderência entre camadas e alternativas de construção investigadas.

# UHE Serra do Facão – 210 MW



**PISTA EXPERIMENTAL DE CCR**

## TENDÊNCIAS DO FUTURO

- A CAMARGO CORREA PARA SE MANTER NA VANGUARDA E JÁ ANTECIPANDO O FUTURO CONTINUA ASSOCIANDO A TECNOLOGIA ,ESTUDOS DE ENGENHARIA,PLANEJAMENTO , METODOLOGIA CONSTRUTIVA À SUSTENTABILIDADE NA POLÍTICA NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS :
- **TECNOLOGIA**
- **CUMPLICIDADE COM A QUALIDADE**
- **COMPROMISSO COM A SUSTENTABILIDADE**

## UHE Serra do Facão – CCR – Concreto Compactado Rolado – Sustentabilidade e Tecnologia

### M.S.R.Pereira

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### C.Herweg

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### J.A.Braga

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### M.M.Santos

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### L.C. Martins

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### K.A.A.Farran

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### R.S.Fernandes

Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.  
Av. Brig. Faria Lima, 1663 - Zip Code 01452-001  
São Paulo, SP, Brazil

### Resumo

A Construtora Camargo Corrêa (CC), entendendo que a sustentabilidade é uma das premissas para garantir o desenvolvimento sustentável da empresa, vem agindo imediatamente com práticas ambientalmente corretas realizadas em suas obras, evitando o chamado "Greenwash" (Verde Verde) e priorizando a sustentabilidade e a inovação como estratégias capazes de garantir um futuro cada vez melhor para toda humanidade.

Dentro desta prioridade adotada pela Camargo Corrêa, na UHE Serra do Facão, em sua construção utilizou o uso de Concreto Compactado a Rolo - CCR (~ 620.000 m<sup>3</sup>) e Concreto Convencional - CCV (~ 60.000 m<sup>3</sup>) ,pois o consumo de CCR que foi 95% de 65 a 70 kg/ m<sup>3</sup> o que contribuiu para a redução de emissão de gases de estufa.

Para produção do CCR foi utilizado o pó de pedra (resíduo de britagens abaixo de peneira 200) e cimento com teor de escória superior a 58%, que sabidamente contribuem para concretos mais sustentáveis.

O trabalho apresenta os materiais utilizados na produção do CCR, método executivo, dosagens, dados obtidos na moldagem de corpos de prova durante o controle e de corpos de prova de amostras extraídas da Estrutura.

Ainda, o trabalho apresenta comentários e sugestões sobre a execução do CCR e de processos sustentáveis, objetivando contribuir com a comunidade técnica.



OBRIGADO