

**Comitê Brasileiro de  
Grandes Barragens**



**XVIII  
SEMINÁRIO  
NACIONAL  
DE GRANDES  
BARRAGENS**

Urugua- i- (CCR) Controle de Qualidade do  
Concreto Lançado no Tramo Principal da  
Barragem

**ANAIS  
Volume I**

**Foz do Iguaçu, abril 1989**

52

XVIII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

FOZ DO IGUAÇU

ABRIL/1989

URUGUA-Í (C.C.R.) - CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO LANÇADO NO  
TRAMO PRINCIPAL DA BARRAGEM

TEMA I

Engº Miguel A. Golik (\*)

Engº Francisco R. Andriolo (\*\*)

(\*) EMSA-Hidroelétrica de Urugua-í  
(\*\*) Consultor

## Í N D I C E

### **1 GENERALIDADES**

- 1-1 Apresentação geral da região de implantação
- 1-2 Apresentação geral da Obra
  - 1-2-1 Alternativa para a concorrência
  - 1-2-2 Alternativa escolhida
- 1-3 Evolução do Projeto

### **2 CONTROLE SOBRE MATERIAIS BÁSICOS**

- 2-1 Aços
- 2-2 Água
- 2-3 Aglomerantes
- 2-4 Agregados
- 2-5 Elastômeros

### **3 MISTURAS BÁSICAS**

- 3-1 Concreto Convencional
  - 3-1-1 Placas Pré-Moldadas
  - 3-1-2 Concreto de Berço
  - 3-1-3 Concreto de Face (paramento de montante)
- 3-2 Concreto Rolado

### **4 PRODUÇÃO E CONTROLE DO CONCRETO**

- 4-1 Concreto Convencional
  - 4-1-1 Controle de materiais e equipamentos na Central de Britagem
  - 4-1-2 Controle da mistura fresca
  - 4-1-3 Controle do concreto endurecido
- 4-2 Concreto Rolado
  - 4-2-1 Controle de materiais e equipamentos na Central de Britagem
  - 4-2-2 Controle de materiais e equipamentos na Central de Concreto Rolado
    - 4-2-2-1 Controle de materiais na entrada da Central de Concreto
    - 4-2-2-2 Controle de equipamentos da Central de Concreto
    - 4-2-2-3 Controle da mistura fresca na saída da Central

- 4-2-2-4 Controle de concreto endurecido
- 4-2-3 Controle estatístico do Concreto Convencional
- 4-2-4 Controle estatístico do Concreto Rolado
- 4-2-4-1 Conteúdo de cimento
- 4-2-4-2 Umidade da mistura
- 4-2-4-3 Percentual de agregado graúdo
- 4-2-4-4 Peso unitário da argamassa livre de ar
- 4-2-4-5 Percentual de ar
- 4-2-4-6 Densidade da mistura
- 4-2-4-7 Compressão axial simples

## **5 LANÇAMENTO DO CONCRETO**

- 5-1 Acompanhamento dos preparativos para a concretagem
  - 5-1-1 Preparo da fundação
  - 5-1-2 Preparo de juntas de concretagem
    - 5-1-2-1 Juntas em Concreto Convencional
    - 5-1-2-2 Juntas em Concreto Rolado
  - 5-1-3 Preparo das formas
  - 5-1-4 Preparo das galerias
  - 5-1-5 Preparo dos elementos de vedação e drenos
  - 5-1-6 Vulcanização da manta de P.V.C.
- 5-2 Controle sobre a concretagem
  - 5-2-1 Generalidades
  - 5-2-2 Equipamento para transporte dos concretos
    - 5-2-2-1 Caminhões betoneira
    - 5-2-2-2 Correias transportadoras
    - 5-2-2-3 Caminhões basculantes
  - 5-2-3 Equipamentos e detalhes do espalhamento do concreto
    - 5-2-3-1 Concretos Convencionais
    - 5-2-3-2 Concretos Rolados
  - 5-2-4 Equipamentos e detalhes do adensamento
    - 5-2-4-1 Concretos Convencionais
    - 5-2-4-2 Concretos Rolados
  - 5-2-5 Ensaio "IN-LOCO"
    - 5-2-5-1 Densidade da camada
    - 5-2-5-2 Umidade da mistura
- 5-3 Controle estatístico das densidades e umidades

## **6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM CONCRETO ROLADO DE URUGUAI COM OS DE ALGUMAS OBRAS EM CONCRETO MASSA CONVENCIONAL**

6-1 Generalidades  
6-2 Comentários

# URUGUA-Í (CCR) CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO ROLADO LANÇADO NO TRAMO PRINCIPAL DA BARRAGEM

## 1 GENERALIDADES

### 1-1 Apresentação geral da região de implantação

O aproveitamento Hidrelétrico do Arroio Urugua-í localiza-se no extremo norte da Província de Misiones, na República Argentina. A bacia do Arroio Urugua-í possui uma área de 2533 Km<sup>2</sup> e uma extensão de 246 km com uma vazão média de 53,62 m<sup>3</sup>/s.

O sub-solo é formado por rochas basálticas provenientes de sucessivos e diversos derrames de reduzidas potências sem a intercalação de brechas e argilas de espessuras importantes.

A área do lago é de 9.000 Ha aproximadamente, com um reservatório de 1.200 Hm<sup>3</sup>.

Na figura N<sup>o</sup> 1 pode-se apreciar a localização geográfica da Obra.

### 1-2 Apresentação geral da Obra

#### 1-2-1 Alternativa para a concorrência

A documentação para a concorrência previa a execução de uma barragem de enrocamento, com face de concreto no paramento de montante, e vertedouro controlado por comportas, fora do tramo principal da barragem.

Porém, a documentação da concorrência previa a possibilidade de execução de uma outra alternativa que fosse de maior interesse para o proprietário - Eletricidad de Misiones S.A. (EMSA).

#### 1-2-2 Alternativa escolhida

A mesma foi apresentada pelo Consórcio Urugua-í e modificava a alternativa da concorrência fundamentalmente no tramo principal da barragem e nas estruturas hidráulicas. A obra foi construída para a empresa regional, Eletricidad de Misiones S.A. (EMSA), com recursos do Banco Central da República Argentina (B.C.R.A.) e do Bancó Interamericano de Desarrollo (B.I.D.).

O custo do projeto da "Alternativa Escolhida" resultou em cerca de 30% inferior ao custo da "Alternativa de concorrência" e,

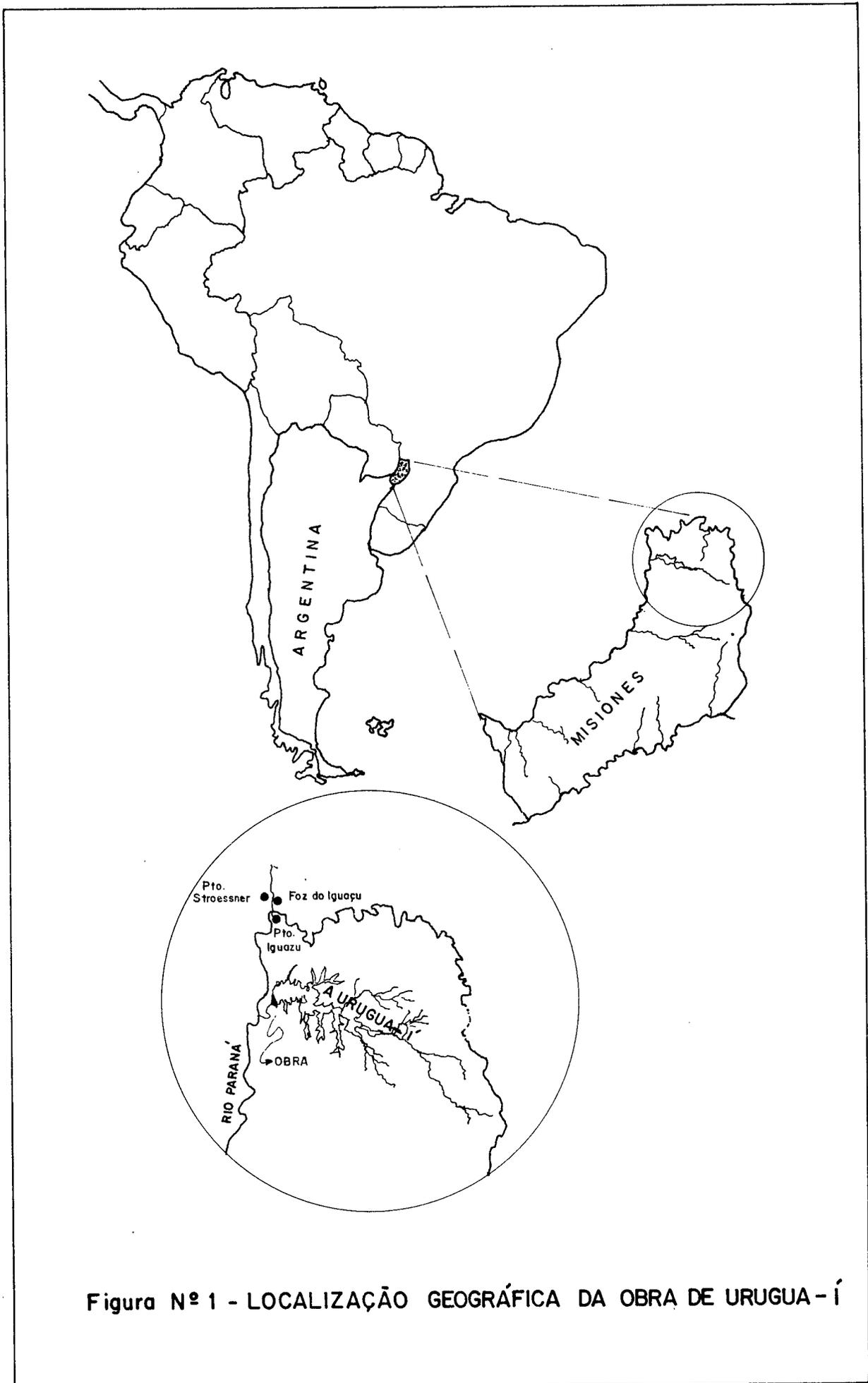


Figura Nº 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA OBRA DE URUGUA-Í

cronologicamente, reduzia o prazo de execução da Obra em 11 meses. Os dados técnicos da barragem principal e das obras diretamente ligadas a ela são apresentadas a seguir:

#### BARRAGEM EM CONCRETO ROLADO

Comprimento	:	687,00 m
Altura máxima	:	76,00 m
Largura na base	:	56,00 m
Largura no topo	:	6,80 m
Volume de Concreto Rolado	:	585.000,00 m <sup>3</sup>
Volume de Concreto Convencional	:	25.000,00 m <sup>3</sup>
Paramento montante	:	Vertical
		- Membrana P.V.C (espessura 2,00mm)
Impermeabilização		- Concreto Convencional (espessura variável em função da carga hidráulica)
Juntas horizontais no Concreto Rolado	:	Concreto de Berço
Espessuras das camadas	:	0,30-0,35-0,40 m.
Dimensões da galeria	:	L=2,0m x H=3,20m
Extensão da galeria	:	555,00 m
Distância entre juntas de contração no concreto convencional	:	15,00 m
Instrumentação	:	Convencional em barragem

(Figura Nº 2 - Arranjo geral da obra)

#### VERTEDOURO

Tipo	:	Perfil Creager sem controle
Comprimento	:	170,27 m
Cota da crista	:	197,00 m
Cota de salto sky	:	158,60 m
Vazão máxima (5.000 anos)	:	6.158,00 m

(Figura Nº 3 - Seção transversal da barragem no vertedouro)

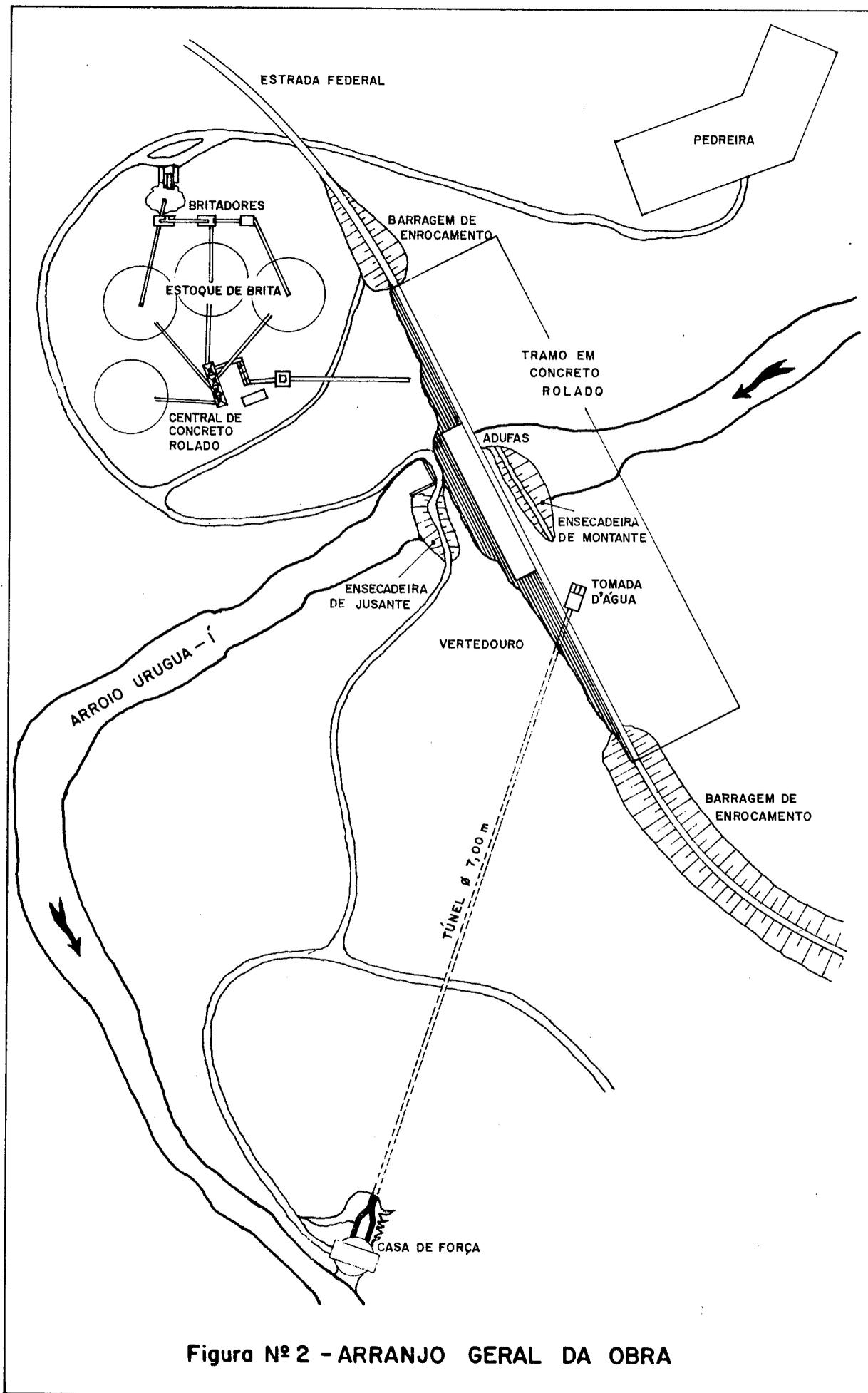


Figura Nº 2 - ARRANJO GERAL DA OBRA

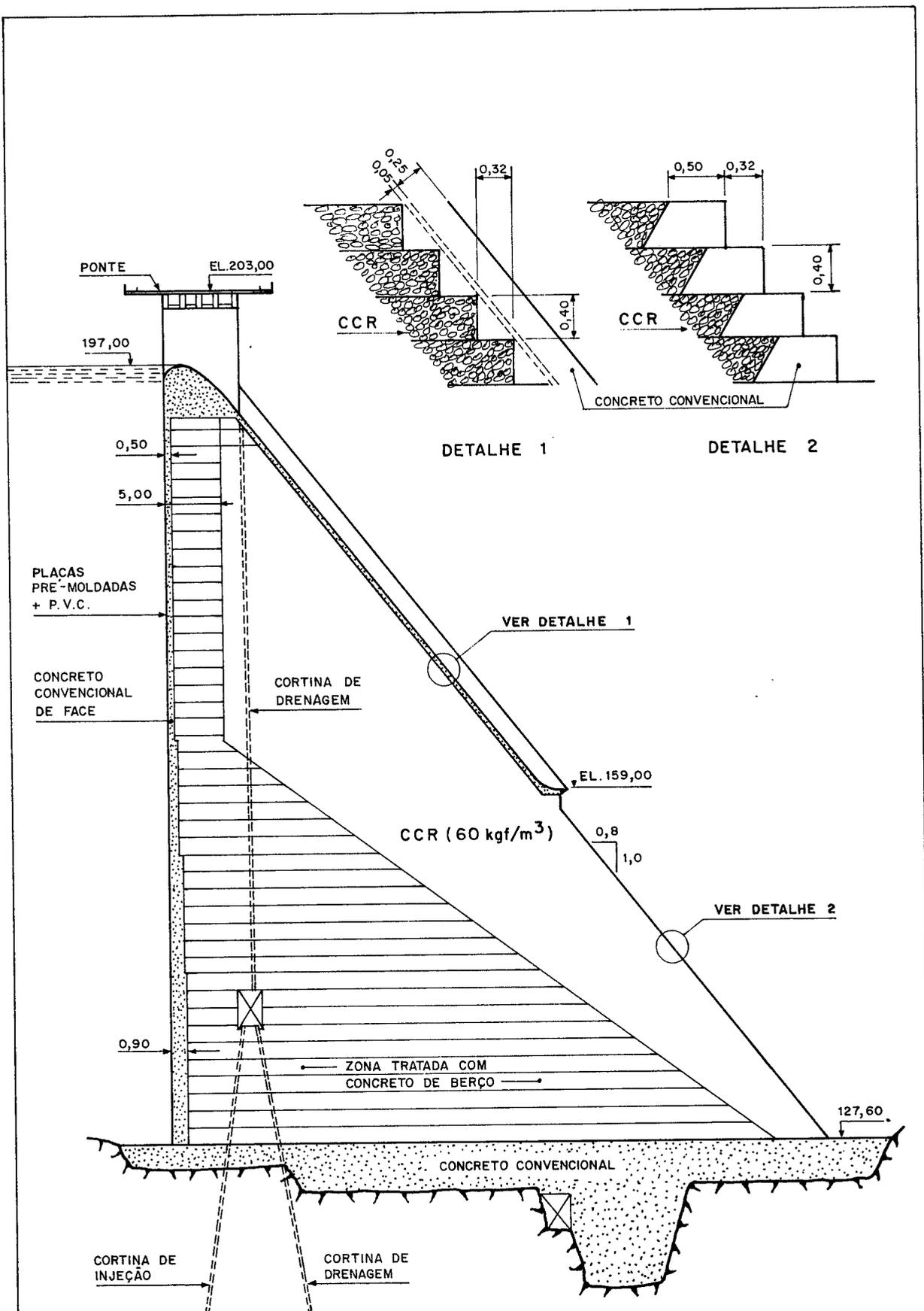


Figura Nº 3 - SEÇÃO TRANSVERSAL DA BARRAGEM NO VERTEDOURO

### 1-3 Evolução do Projeto

Ao se começar o desenvolvimento do Projeto Executivo foram introduzidas alterações na concepção básica. Essas alterações propunham a utilização do projeto em decorrência dos desenvolvimentos e experiências internacionais na tecnologia do C.C.R. produzidas entre o tempo da concorrência e o do início dos trabalhos na execução da barragem.

As alterações mais destacadas foram as seguintes:

- Substituição parcial do concreto convencional no paramento de montante por painéis pré-moldados de concreto revestido na sua face interna com uma membrana impermeável de P.V.C;
- Redução da espessura do concreto convencional em função da carga hidráulica;
- Agregou-se uma zona de largura variável (à jusante do concreto do paramento de montante) com juntas horizontais tratadas com argamassa de berço (bedding-mix);
- Adotou-se uma mistura única com  $60 \text{ Kg/m}^3$  de cimento para toda a barragem;
- Substituição do concreto convencional no contato C.C.R. rocha por uma mistura de berço (bedding-mix) e 3 camadas de C.C.R., com  $90 \text{ Kg/m}^3$  de cimento, com mistura de berço em toda sua extensão;
- Proteção do paramento de jusante, na zona do vertedouro (cotas inferiores ao do salto sky) por concreto convencional no lugar de concreto projetado;
- Ampliação (em extensão) da galeria de drenagem; e,
- Introdução de quatro juntas transversais de contração no corpo da barragem .

## 2 CONTROLE SOBRE MATERIAIS BÁSICOS

Os materiais básicos de aplicação no tramo principal da barragem foram controlados em fábrica e (ou) no canteiro de obras como é mostrado a seguir.

### 2-1 Aços

O aço empregado na execução das placas pré-moldadas do paramento de montante e no vertedouro foi controlado em fábrica, com alguns ensaios de verificação feitos no canteiro.

### 2-2 Água

A água utilizada na Obra foi captada do Arroio de Urugua-í, sendo desnecessário qualquer tipo de tratamento especial.

### 2-3 Aglomerantes

O cimento chegava ao canteiro com um certificado do fabricante atestando-o, quando então eram retiradas amostras para controle de recepção.

No Quadro N<sup>o</sup> 1 é apresentada uma caracterização do cimento que foi aplicado na Obra.

### 2-4 Agregados

Os agregados utilizados na barragem foram obtidos pela britagem da rocha basáltica sã encontrada na área natural do Rio Paraná.

Foram inicialmente feitos os ensaios de caracterização dos mesmos, como é mostrado no Quadro N<sup>o</sup> 2.

Vale salientar que, com o objetivo de melhorar as propriedades das misturas de concreto rolado, a produção de agregados esteve direcionada no sentido de obter um maior percentual de finos durante a britagem, o que levou a um controle sistemático e intensivo da granulometria.

### 2-5 Elastômeros

Tanto o veda-junta, empregado nas juntas de contração/dilatação, quanto a manta de P.V.C., utilizada junto as placas de concreto do paramento de montante, eram atestadas pelos próprios fabricantes.

Como ilustração, no Quadro N<sup>o</sup> 3, são apresentadas as características e alguns ensaios mecânicos executados com a manta de P.V.C..

### ANÁLISE QUÍMICA

RES. INSOLÚVEL.....	0,69	%
SiO <sub>2</sub> .....	23,2	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,48	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	5,56	%
CaO.....	62,3	%
MgO.....	0,60	%
Na <sub>2</sub> O.....	0,08	%
K <sub>2</sub> O.....	0,51	%
SO <sub>3</sub> .....	2,26	%
PERDA AO FOGO.....	1,60	%

### ÁLCALIS TOTAIS

(Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O).....	0,42	%
CaO Livre.....	0,05	%

### COMPOSIÇÃO POTENCIAL

SC <sub>3</sub> .....	43,85	%
SC <sub>2</sub> .....	33,52	%
AC <sub>3</sub> .....	14,67	%
(FAC <sub>4</sub> + FC <sub>2</sub> ).....	14,67	%

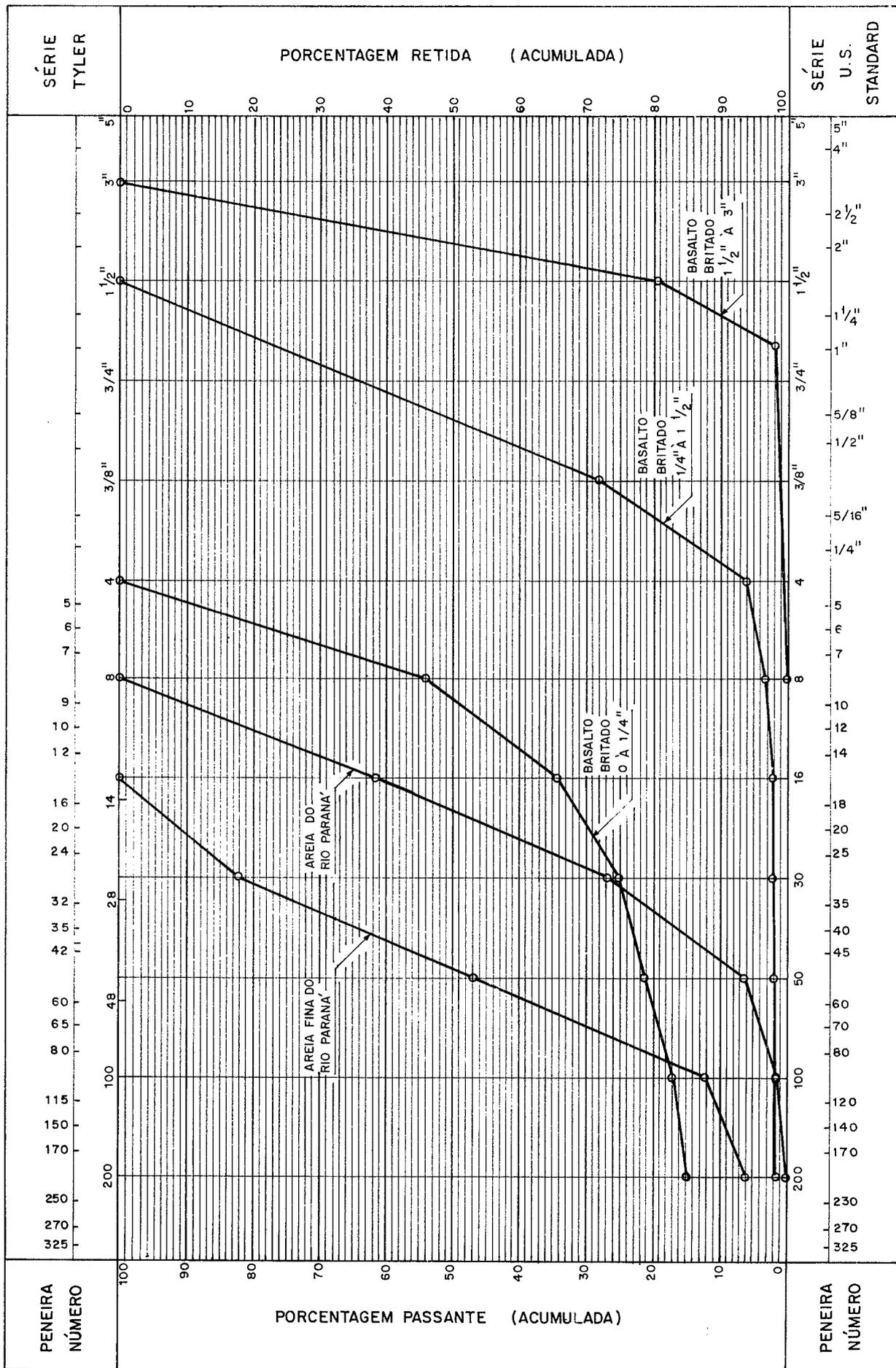
### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

RETIDO NA PENEIRA Nº 200.....	1,5	%
SUPERFÍCIE ESPECÍFICA.....	3170	cm <sup>2</sup> /g
INÍCIO DE PEGA.....	04 : 30	h
FINAL DE PEGA.....	07 : 00	h
EXPANSÃO EM AUTOCLAVE.....	0,039	%
DENSIDADE.....	D = 3,15	g/cm <sup>3</sup>

IDADE (dias)	MÓDULO DE RUPTURA A FLEXÃO (MPa)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO * (MPa)	CALOR DE HIDRATAÇÃO Joule (cal/g)
7	5,2 ± 0,1	26,9 ± 0,8	268 (64)
28	7,2 ± 0,7	40,0 ± 1,1	322 (77)
90	8,5 ± 0,3	55,6 ± 2,3	
180	8,3 ± 0,2	60,8 ± 3,3	

OBSERVAÇÕES : \*CORPOS DE PROVA CÚBICOS

## Quadro Nº 1 - CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO



PRODUTO	DIA	MÊS	ANO	HORA	ROLO		
SIKAPLAN S-20	05	01	88				
CORPO DE PROVA	EXTRAÍDA C/ RESP. FLUXO	LARGURA (cm)	ESPESSURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	LEITURA (kg)	RESISTÊNCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	ALONGAMENTO (%)
IRAM 3	//	0,6	0,203	0,122	20,4	167,2	320
IRAM 3	//	0,6	0,202	0,121	20,6	170,2	320
IRAM 3	⊥	0,6	0,200	0,120	17,4	145,0	320
IRAM 3	⊥	0,6	0,200	0,120	16,4	136,7	320
ENSAIOS		RESULTADOS				MÉDIA	
LARGURA.....( cm )							
COMPRIMENTO.....( cm )							
PESO.....( kg )							
ESPESSURA.....( mm )						2,01	
DUREZA.....(Shore A)						85	
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO.....(kg/cm <sup>2</sup> )						155	
ALONGAMENTO À RUPTURA.( % )						320	
OBSERVAÇÕES :- DENSIDADE = 1,35 g/cm <sup>3</sup> .							
<b>Quadro Nº 3 - ENSAIOS MECÂNICOS SOBRE P. V. C.</b>							

### 3 MISTURAS EMPREGADAS

3-1 Concreto Convencional

3-1-1 Placas pré-moldadas

Com aplicação no paramento de montante, como forma perdida e elemento de sustentação para a manta impermeável de P.V.C.. Foram executadas nas dimensões de 5,00 x 2,20 x 0,10 metros, com malha dupla de ferro e mistura que apresentasse as seguintes características:

- Resistência característica  $f_{ck}=210 \text{ kg/cm}^2$   
aos 28 dias
- Diâmetro máximo do agregado  $\varnothing \text{ máx}=19 \text{ mm}$
- Trabalhabilidade - slump-test  $7 \pm 2 \text{ cm}$
- Porcentagem de ar incorporado  $6 \pm 1 \%$

3-1-2 Concreto de Berço

Utilizado como Concreto Dental (contato rocha e fundação) entre as camadas horizontais do Concreto Rolado, com o objetivo de fornecer um aumento na aderência entre as mesmas. O traço empregado foi o seguinte:

MATERIAIS	QUANTIDADES - (Kg/m <sup>3</sup> )
Cimento	250
Água	190
Areia Natural Fina	145
Areia Natural Grossa	821
Brita (Nº 4 - 3/4")	881
Aditivo incorporador de ar	0,100

Tabela 1 - Concreto de Berço

3-1-3 Concreto de Face (paramento de montante)

Empregado no paramento de montante, no contato lateral da rocha com o Concreto Rolado e nos degraus de cotas inferiores às do salto sky do vertedouro. Possui o seguinte traço:

MATERIAIS	QUANTIDADES (Kg/m <sup>3</sup> )
Cimento	220
Água	135
Areia Natural Fina	100
Areia Natural Grossa	560
Brita (Nº 4 - 3/4")	587
Brita (3/4" - 1 1/2")	416
Brita (1 1/2" - 3")	428
Aditivo incorporador de ar	0,198

Tabela Nº 2 - Concreto de Face

3-2 Concreto Rolado

As misturas PMG-90, aplicada nas primeiras três camadas, e PMG-60, aplicada nas demais camadas, apresentavam os traços mostrados na Tabela Nº 3

MATERIAIS	QUANTIDADES (Kg/m <sup>3</sup> )	
	PMG - 60	PMG - 90
Cimento	60 20	90
Água	100 100	105
Areia Natural	204 25	200
Brita (0 - 1/4")	1043 360	1026
Brita (1/4"-1 1/4")	891 307	875
Brita (1 1/4" - 3")	407 140	400

Tabela Nº 3 - Concreto Rolado

2705

1000

## 4 PRODUÇÃO E CONTROLE DO CONCRETO

### 4-1 Concreto Convencional

#### 4-1-1 Controle de Materiais e Equipamentos na Central de Britagem

A verificação do desempenho dos britadores foi efetuada através de ensaios de granulometria, realizados sistematicamente 2 vezes por turno de trabalho de 12 horas, e por ensaios de forma, realizados semanalmente, com os agregados produzidos.

#### 4-1-2 Controle da Mistura Fresca

Com o objetivo de controlar a qualidade do concreto produzido foram realizados os seguintes ensaios: slump-test temperatura, percentual de ar incorporado e massa específica.

#### 4-1-3 Controle do Concreto Endurecido

Os ensaios realizados no concreto do paramento de montante limitaram-se apenas aos de compressão axial simples, pelo fato do mesmo material já ter sido empregado nas adufas, oportunidade em que foi plenamente avaliado em termos de resistência com acompanhamento estatístico, durabilidade e permeabilidade.

### 4-2 Concreto Rolado

#### 4-2-1 Controle de Materiais e Equipamentos na Central de Britagem

A verificação do desempenho dos britadores foi efetuada através de ensaios de granulometria, realizados sistematicamente 2 vezes por turno de trabalho de 12 horas, e por ensaios de forma, realizados semanalmente, com os agregados produzidos.

#### 4-2-2 Controle de Materiais e Equipamentos na Central de Concreto Rolado.

##### 4-2-2-1 Controle de Materiais na Entrada da Central de Concreto

Os controles efetuados foram:

- Granulometria dos agregados (amostras coletadas nas correias transportadoras de alimentação 2 vezes por turno de 12 horas);

- Formas dos agregados (1 vez por semana);
- Determinação da umidade (2 vezes por turno de 12 horas); e,
- Avaliação e verificação das quantidades produzidas e consumidas, e controle de granulometria nos estoques.

#### 4-2-2-2 Controle da Central de Concreto

Os controles efetuados foram:

- Aferição das balanças;
- Aferição do equipamento de incorporação de água;
- Aferição do sistema incorporador de cimento;
- Controle, separadamente, dos agregados na saída dos silos; e,
- Controle de velocidade das correias.

#### 4-2-2-3 Controle da Mistura Fresca na saída da Central

As misturas produzidas na Central foram controladas para verificar sua dosagem e qualidade, com o objetivo de se obter um material mais uniforme. Os ensaios realizados foram:

- Determinação do conteúdo de cimento (Kg) pelo método químico do C.E.R.L., modificado para sua utilização ao Concreto Rolado. Nas fotos de N<sup>o</sup>s 1 a 4 pode-se observar o equipamento utilizado e a sequência do ensaio;
- Conteúdo de agregados graúdos (%);
- Peso unitário da argamassa livre de ar (Kg/m<sup>3</sup>);
- Conteúdo de ar (%);
- Granulometria dos agregados graúdos após a mistura ser lavada; e;
- Densidade úmida dos corpos de provas moldados ( $\emptyset$  15 x 30 e  $\emptyset$  25 x 50 cm);

Com os valores obtidos nos ensaios de:

- Determinação do conteúdo de cimento;
- Umidade da mistura;



Foto Nº 1



Foto Nº 2

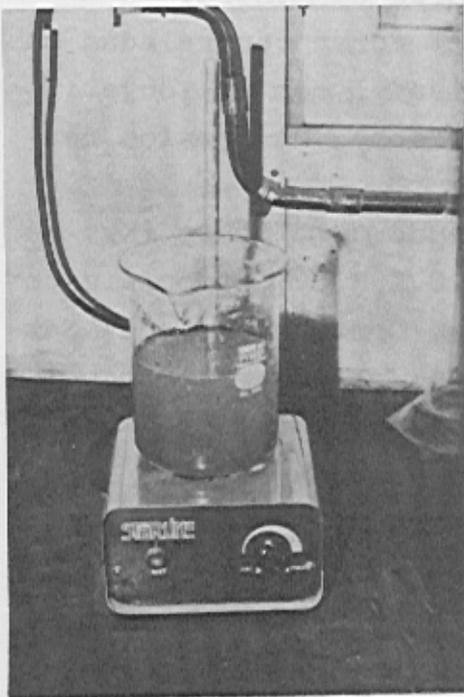


Foto Nº 3

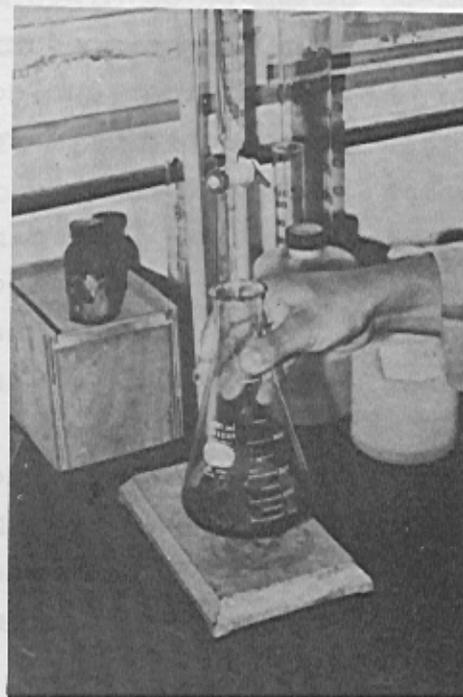


Foto Nº 4

- 1 - Vista geral do equipamento utilizado pra determinação do conteúdo de cimento.
- 2 - Vista durante a etapa de lavagem do agregado graúdo.
- 3 - Agitador elétrico.
- 4 - Instante em que se produz a mudança e cor da amostra pela adição de produtos reativos.

- Conteúdo de agregado graúdo; e,
- Peso unitário da argamassa livre de ar, relativos a 3 (três) determinações consecutivas para cada tipo de ensaio, determinavam-se a variação percentual entre o menor e o maior valor obtidos; sendo, que estes índices tinham que exceder a mínimos estabelecidos para atender as exigências de uniformidade. Esses mínimos eram para cada tipo de ensaios os seguintes:

- Conteúdo de Cimento	75 %
- Umidade da Mistura	80 %
- Conteúdo de agregado graúdo	80 %
- Peso unitário da argamassa livre de ar	95 %

#### 4-2-2-4 Controle do Concreto Endurecido

Para o concreto endurecido, limitou-se apenas à realização de ensaios de compressão axial simples e módulo de deformação, nas idades de 7, 28 e 90 dias, em corpos de prova de  $\varnothing 15 \times 30$  e  $\varnothing 25 \times 50$  (diâmetro x altura, em centímetros).

#### 4-2-3 Controle Estatístico do Concreto Convencional

Como foi citado no item 4-1-3, são apresentados na tabela Nº 4 os resultados do controle estatístico dos ensaios de compressão axial simples realizados com o concreto convencional do paramento de montante.

TABELA Nº 4 - CONTROLE ESTATÍSTICO - CONCRETO CONVENCIONAL							
COMPRESSÃO AXIAL SIMPLES							
MISTURA	TEOR DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	IDADE (DIAS)	Nº DE ENSAIOS	DADOS ESTATÍSTICOS			RENDIMENTO Kg/cm <sup>2</sup> Kg/m <sup>3</sup>
				MÉDIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	D. PADRÃO (Kg/cm <sup>2</sup> )	COEF. DE VAR. (%)	
220/8-6-A	220	7	44	165	19,40	11,76	0,75
		28	115	236	18,08	7,76	1,07
		90	62	281	22,89	8,14	1,28

4-2-4 Controle Estatístico do Concreto Rolado  
Os controles estatísticos apresentados nos itens 4-2-4-1 à 4-2-4-4 servem para avaliar a homogeneidade e uniformidade da mistura durante a construção, depois de sua colocação na praça, porém antes de sua compactação.

Os controles citados nos itens 4-2-4-5 e 4-2-4-6 fornecem informações adicionais da mistura fresca.

O controle estatístico apresentado no Item 4-2-4-7 fornece informação sobre o concreto endurecido nas idades de 7 - 28 - 90 dias.

A seguir são descritos os controles realizados e citados anteriormente:

#### 4-2-4-1 Conteúdo de Cimento

A metodologia utilizada para a determinação do conteúdo de cimento é a detalhada na "TECHINICAL REPORT M-212 - 1977" da U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, e denominada como CERL/K.V..

#### 4-2-4-2 Umidade da Mistura

A determinação da umidade da mistura foi realizada em concordância com a metodologia ASTM - C - 566.

#### 4-2-4-3 Percentual de Agregado Graúdo

A determinação do percentual de agregado graúdo foi realizada em concordância com a metodologia ASTM-C-94.

#### 4-2-4-4 Peso Unitário da Argamassa Livre de Ar

A determinação do peso unitário da argamassa livre de ar foi realizada em concordância com a metodologia ASTM-C-94.

#### 4-2-4-5 Percentual de Ar

A determinação do percentual de ar foi realizada segundo método ASTM-C-231 (método de pressão).

#### 4-2-4-6 Densidade da Mistura

A determinação da densidade da mistura foi realizada como um controle adicional.

Os resultados dos itens 4-2-4-1 a 4-2-4-6 são apresentados na tabela Nº 5.

TABELA Nº 5 - CONTROLE ESTATÍSTICO-CONCRETO ROLADO RESUMO DOS ENSAIOS					
ITEM ENSAIO	MISTURA	Nº DE ENSAIOS	DADOS ESTATÍSTICOS		
			MÉDIA	DESVIO PA- DRÃO	COEF. DE VA- RIAÇÃO(%)
4-2-4-1	* PMG 60	288	61,40	3,18	5,18
CONTEÚDO DE CIM.	** PMG 90	22	91,07	6,18	6,78
4-2-4-2	PMG 60	316	5,08	0,471	9,26
UMIDADE DA MISTURA	PMG 90	32	5,25	0,601	11,44
4-2-4-3	PMG 60	306	52,41	2,76	5,26
PERCEN. DE AGREG. GRAÚDO	PMG 90	30	53,09	7,97	15,01
4-2-4-4	PMG 60	307	2446,44	52,44	2,14
PESO UNIT. ARGAMASSA LIVRE AR	PMG 90	30	2443,10	59,24	2,38
4-2-4-5	PMG 60	325	1,64	0,142	8,65
PERCENT. DE AR	PMG 90	31	1,635	0,167	10,21
4-2-4-6	PMG 60	316	2649,63	46,11	1,74
DENSIDA- DE DA MISTURA	PMG 90	31	2648,80	44,25	1,67

\* PMG 60 - 60 Kg/m<sup>3</sup> de cimento

\*\* PMG 90 - 90 Kg/m<sup>3</sup> de cimento

4-2-4-7 Compressão Axial Simples

A determinação da compressão axial simples foi considerada como um dos ensaios de grande importância. Os resultados são apresentados na Tabela Nº 6.

TABELA Nº 6 - CONTROLE ESTATÍSTICO - CONCRETO ROLADO							
COMPRESSÃO AXIAL SIMPLES							
MISTURA	CONS. DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	IDADE (DIAS)	Nº DE ENSAIOS	DADOS ESTATÍSTICOS			RENDIMENTO <u>Kgf/cm<sup>2</sup></u> Kg/m <sup>3</sup>
				MÉDIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	D. PADRÃO (Kgf/cm <sup>2</sup> )	COEF. DE VAR. (%)	
PMG 60	60	7	210	56,49	9,06	16,05	0,94
		28	162	73,95	8,89	12,02	1,24
		90	16	97,87	9,44	9,96	1,63
PMG 90	90	7	19	74,55	8,79	11,80	0,83
		28	11	96,13	11,66	9,93	1,07
		90	6	121,16	14,98	12,36	1,35

## 5 LANÇAMENTO DO CONCRETO

### 5-1 Acompanhamento dos preparativos para a concretagem

As operações prévias ao lançamento do Concreto Rolado e ou Convencional são descritas a seguir.

#### 5-1-1 Preparo da Fundação

Com antecedência à limpeza final da superfície da fundação com jato de água e ar a pressão, realizaram-se as tarefas de injeções de consolidação.

Rochas soltas, argamassa seca, matérias orgânicas, substâncias oleosas, bem como outros materiais estranhos, foram removidos.

As fissuras abertas, impregnadas de argila e ou outros materiais finos, foram limpas com jato de ar e água até atingir a rocha sã.

A complementação da limpeza foi feita através do uso de picaretas, alavancas, vassouras de cerdas duras, seguidos de uma total lavagem.

Os corrimentos de água, procedentes da parte externa da fundação, foram orientados e desviados para locais de fácil bombeamento.

As regiões onde existiam protuberâncias ou depressões foram preenchidas com uma camada fina de argamassa.



Foto Nº 5

Preparo da fundação.  
Nota-se as depressões preenchidas com argamassa.

## 5-1-2 Preparo de Juntas de Concretagem

### 5-1-2-1 Juntas em Concreto Convencional

No Concreto Convencional do paramento de montante o processo aplicado foi denominado de "corte verde", que consiste na limpeza e lavagem do concreto recém-lançado, com jatos de água e ar durante o processo de endurecimento (após o fim de pega) a fim de retirar a nata superficial.



Foto N<sup>o</sup> 6  
"Corte Verde" no concreto  
de face.



Foto N<sup>o</sup> 7  
Limpeza com ar no Concre-  
to Convencional.

### 5-1-2-2 Juntas em Concreto Rolado

As superfícies das juntas horizontais eram mantidas limpas, sem nenhum tipo de contaminações (óleo, material orgânico etc) e úmidas até a concretagem da camada seguinte. As juntas eram consideradas "frias" quando o tempo de concretagem entre uma camada e a seguinte era superior à aproximadamente 36 horas. As juntas frias foram divididas em três tipos, (I, II e III).

- Tipo I : eram retiradas da superfície argamassa seca, agregados graúdos, substâncias oleosas e a posterior se limpava com jato de ar pressão. Este tipo de junta não requeria a colocação de mistura de berço (bedding-mix).
- Tipo II : Eram semelhantes as do tipo I com a diferença que requeriam a colocação da mistura de berço (bedding-mix).
- Tipo III : Consideravam-se do tipo III aquelas em que e ra necessário a utilização de jato de água sob pressão para limpeza final.

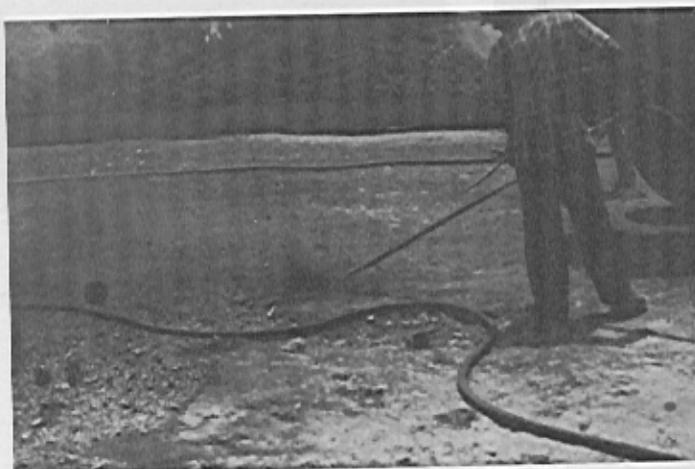


Foto Nº 8  
Limpeza com ar da superfície do Concreto Rolado.

### 5-1-3 Preparo das Formas

As formas de paramento de montante eram placas pré-moldadas com membrana de P.V.C. colada em sua face interna (em contato com o Concreto Convencional).

Após as placas terem sido colocadas, alinhadas, realizava-se uma inspeção verificando fixação, alinhamento, vedação nas uniões do P.V.C., limpeza, junções e contatos. Os painéis de pé, para início de concretagem do paramento de montante eram reforçados com uma estrutura metálica para um correto posicionamento.

Algumas das exigências eram:

- O desvio entre painéis pré-moldados não devia superar os 10 mm.
- O desvio no alinhamento dos painéis não devia exceder os limites seguintes:

- 75 mm	em	15 m
- 50 mm	em	10 m
- 25 mm	em	5 m

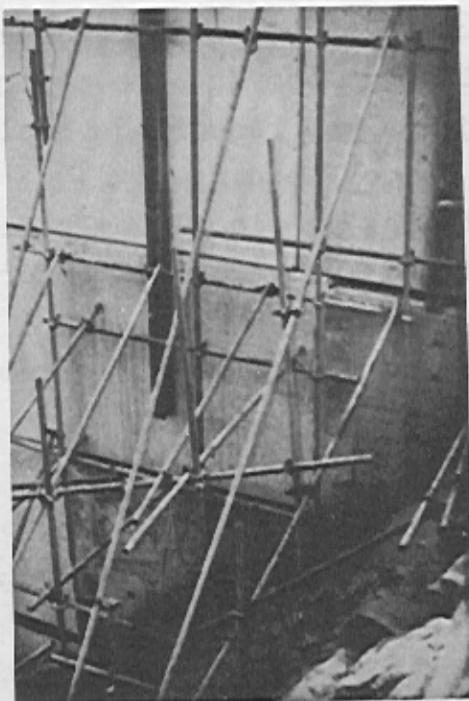


Foto Nº 9

Os painéis inferiores do paramento de montante, antes do início das concretagens eram reforçados com à ajuda de uma estrutura auxiliar.

As formas do paramento de jusante eram metálicas de 0,40 m de altura e comprimento aproximado de 3 m que eram fixados na camada inferior mediante o encravamento de suportes metálicos.

O desvio requerido no alinhamento de paramento acabado era de:

1 m	em	30 m
0,5 m	em	10 m
0,2 m	em	5 m

As exigências anteriormente descritas foram facilmente alcançadas. Detalhes podem ser observados nas fo-tos seguintes.

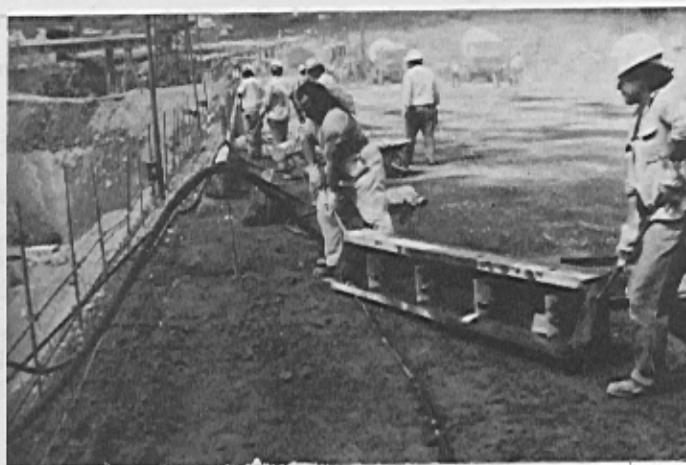


Foto Nº 10

Forma do paramento de jusante, manuseio manual.



Foto Nº 11

Forma do Paramento de Jusante-fi  
xação na camada inferior do C.C.R.

Foto Nº 12  
Detalhe da fixação da  
forma do paramento de ju  
sante.



#### 5-1-4 Preparo das Galerias

As galerias no início foram conformadas lateralmente pelo empilhamento de sacos plásticos carregados com agregados britados; sendo que na parte central da mesma o preenchimento previsto era com areia natural do rio, que posteriormente seria retirada por meio de circulação de água. Após as primeiras camadas o processo foi substituído pela colocação lateral de madeira e material britado, alcançando-se bons resultados com este sistema.

O teto era conformado com brita e protegido com lona plástica sobre a qual era lançado o Concreto Rolado e posteriormente compactado.

Cabe destacar que os maiores problemas encontrados na concretagem eram vinculados com a segregação produzida no Concreto Rolado.

As fotos de Nº 13 a Nº 16 ilustram o processo de construção das galerias.



Foto Nº 13 - Galeria sendo executada com formas metálicas.



Foto Nº 14 - Galeria sendo executada com madeiras.

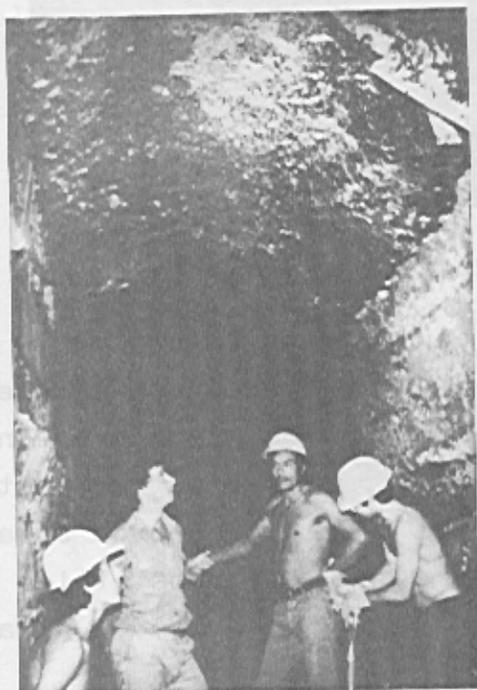


Foto Nº 15 - Detalhe da abóboda. Galeria terminada.



Foto Nº 16 - Detalhe da parede da galeria na Barragem Principal.

#### 5-1-5 Preparo dos Elementos de Vedação e Drenos

As juntas de contração/dilatação no Concreto Conventional eram espaçadas de 15 m, tendo colocados vedas-juntas de P.V.C..

Era verificada a posição do mata-juntas na estrutura, emenda dos mesmos e a limpeza não se permitindo oleosidades e detritos indesejáveis.

Cuidado adicional foi tomado para que os drenos ficassem sem desobstruídos.

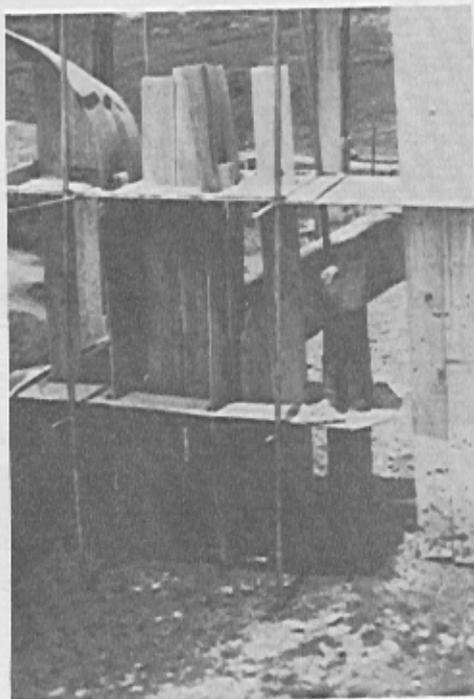


Foto 17

Veda-Juntas e Dreno no concreto de face da Barragem principal.

#### 5-1-6 Vulcanização da Manta de P.V.C.

Cuidado especial foi tomado para que as emendas no P.V.C. resultassem impermeáveis. A vulcanização era feita mediante o aquecimento da membrana de P.V.C. por um jato de ar quente na zona da emenda e simultaneamente colada pela pressão aplicada mediante um rolo específico para essa função.

#### 5-2 Controle sobre a Concretagem

##### 5-2-1 Generalidades

Um bom lançamento do Concreto requer que o Concreto seja lançado em sequência, sem possibilidade de ocorrência de segregação e conduzido de tal maneira que não se efetivem as juntas frias. Foi estudada uma mistura que fornecia um concreto uniforme e com trabalhabilidade adequada.

Cabe destacar que os maiores problemas encontrados na concretagem eram vinculados com a segregação produzida no Concreto Rolado.

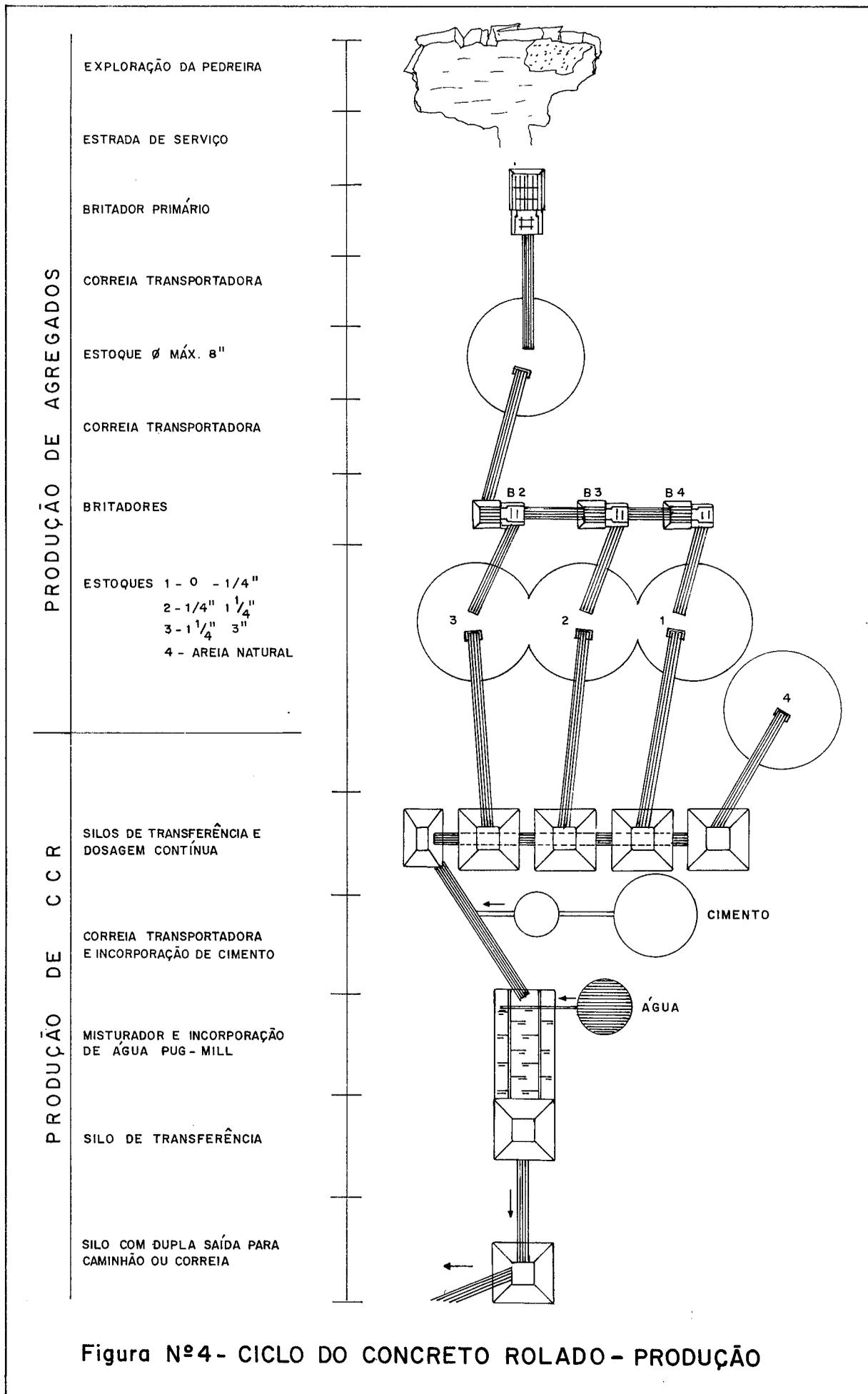


Figura Nº4 - CICLO DO CONCRETO ROLADO - PRODUÇÃO

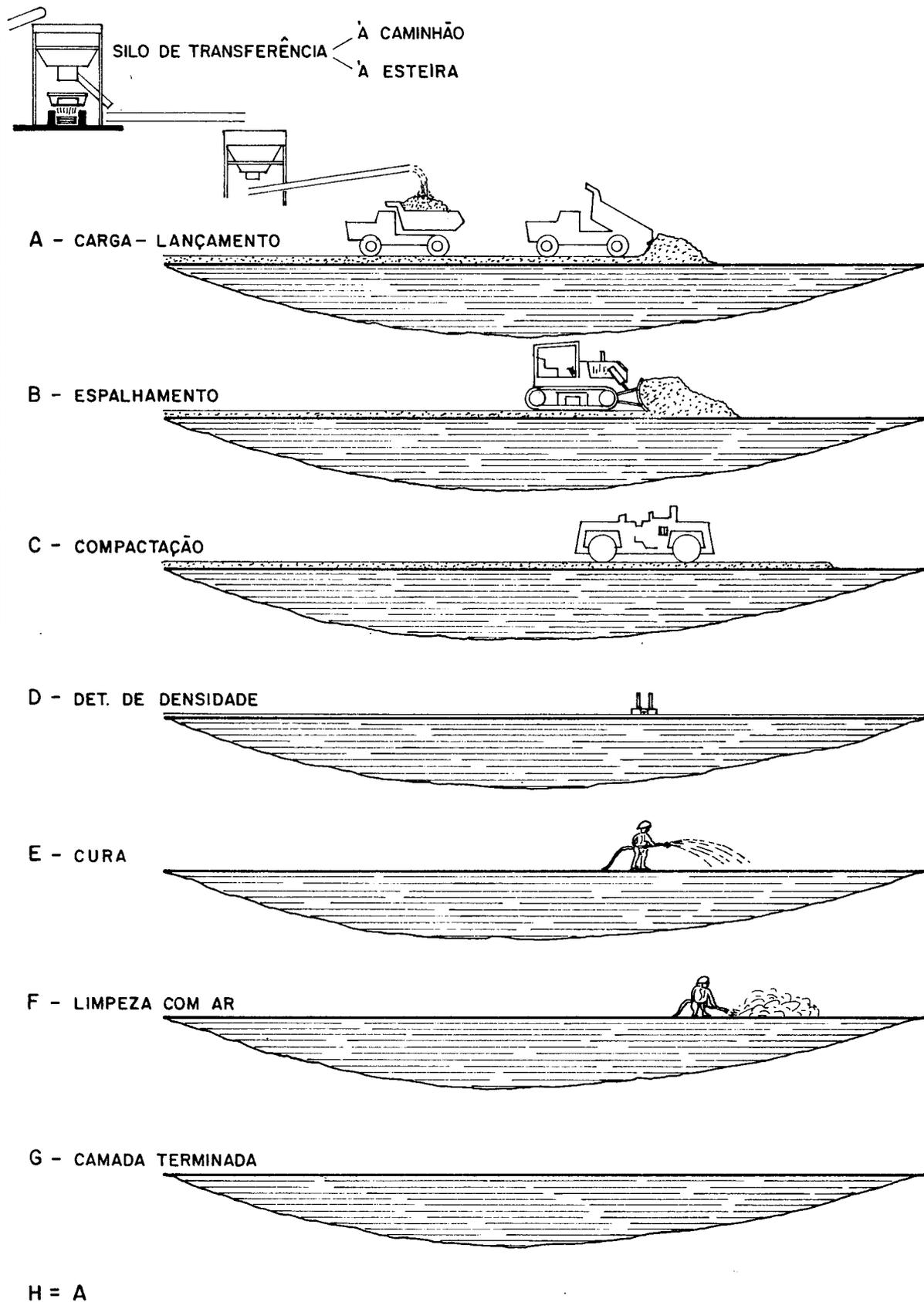


Figura Nº 5 - CICLO DO CONCRETO ROLADO - LANÇAMENTO

Na figura N° 4 observa-se um esquema sobre a produção de agregados e Concreto Rolado.

Na figura N° 5 observa-se a seqüência executiva do Concreto Rolado.

5-2-2 Equipamentos para o transporte dos Concretos

5-2-2-1 Caminhões - Betoneira

Para o lançamento do Concreto Convencional na barragem principal foram empregados caminhões betoneiras que circulavam da central de concreto até a praça por vias de circulação exclusiva para evitar contaminação da praça.



Foto N° 18

Caminhão Betoneira para o transporte do Concreto de Berço e do Concreto Convencional de Paramento.

5-2-2-2 Correias Transportadoras

As correias transportadoras em Urugua-í foram utilizadas como meio de transporte de Concreto Rolado e não de colocação. As dificuldades iniciais ficaram vinculadas a segregação, que tinha origem na saída da pug-mill e posteriormente incrementava-se nos silos de transferência. Após um período de funcionamento e ajustes os resultados obtidos foram excelentes.



Foto Nº 19

Correia Transportadora do Concreto Rolado.

5-2-2-3 Caminhões Basculantes

Para o transporte do Concreto Rolado foi empregado (para aproximadamente 45% do volume da barragem) também caminhões basculantes tipo "fora-de-estrada" de 20t., com ótimos resultados.

A segregação que foi observada produzia-se nas manobras de carga e descarga do Concreto. Algumas medidas corretivas foram tomadas obtendo-se resultados considerados satisfatórios.



Foto Nº 20

Pode-se observar a correia transportadora basculante durante a carga do Concreto Rolado nos caminhões basculante (fora-de-estrada) na Barragem Principal.

5-2-3 Equipamentos e Detalhes do Espalhamento dos Concretos

5-2-3-1 Concretos Convencionais

Os Concretos Convencionais foram espalhados e tratados seguindo as técnicas de uso corrente referidas aos mesmos.

5-2-3-2 Concretos Rolados

Os equipamentos utilizados para o espalhamento foram:

- Trator de lâmina D7H
- Trator de lâmina 931-B
- Pá carregadeira 930



Foto Nº 21  
Trator de lâmina  
D7H.

Foto Nº 22  
Trator de lâmina  
931-B.



Foto Nº 23  
Pá Carregadeira 930 utilizada  
na execução da Barragem Principal.



Depois de realizada a descarga do material, o mesmo foi espalhado no máximo nos 10 minutos seguintes, o Concreto formava uma camada de espessura tal que após a compactação estivesse dentro dos limites das especificações. Permitiu-se que os equipamentos de esteiras operassem só sobre o Concreto não compactado.

O espalhamento foi feito de tal forma que não produzisse segregação. Foi observado que a segregação aumentava quando a produção de Concreto limitava-se a uma pug mill e quando a mistura possuía umidade inferior à ótima; ou seja, baixa produção.

A descarga do Concreto sempre foi realizada sobre a camada sem compactar e a partir desse local tinha início o espalhamento.

Cuidado especial foi tomado com respeito ao nivelamento da superfície. O mesmo era executado com a ajuda de um nível de emissão de raios LASER e um sensor instalado na lâmina do trator. O operador do trator de lâmina possuía à sua frente um sistema luminoso de indicação do nível correto de espalhamento.



Foto Nº 24  
Nível de raios LASER.



Foto Nº 25  
Detalhe do sensor na lâmina do trator de esteira durante o espalhamento.

O tamanho do equipamento escolhido não foi o ideal, pois o excessivo peso produzia ruptura dos agregados na superfície da camada, além do custo inicial e de operação ser maior do que o desejado.

A sequência de fotos do nº 26 ao nº 46 ilustram de maneira mais geral todo o ciclo do concreto rolado, complementando os esquemas das figuras nºs 4 e 5, apresentados anteriormente.

Foto Nº 26

Exploração da pedreira.

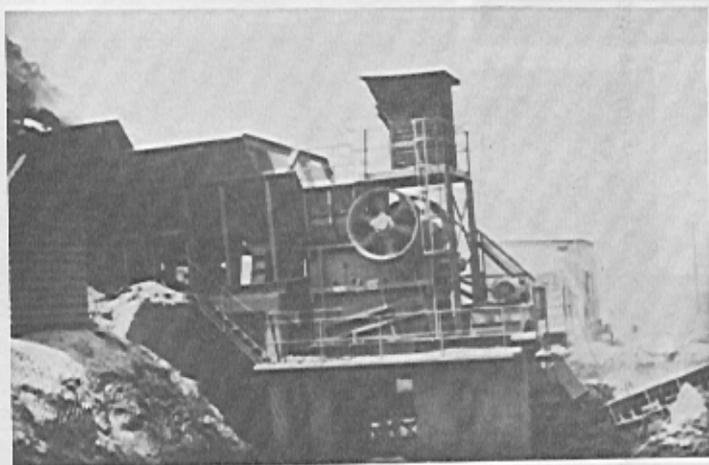


Foto Nº 27

Britador Primário.

Foto Nº 28

Correia transportadora e sistema de britagem.

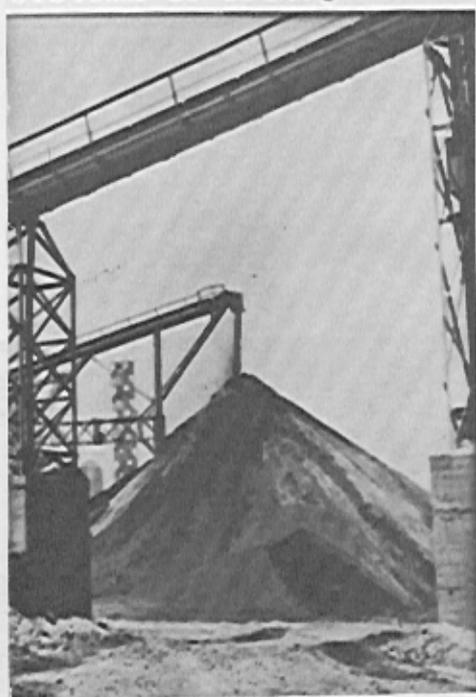


Foto Nº 29

Correias Transportadoras.

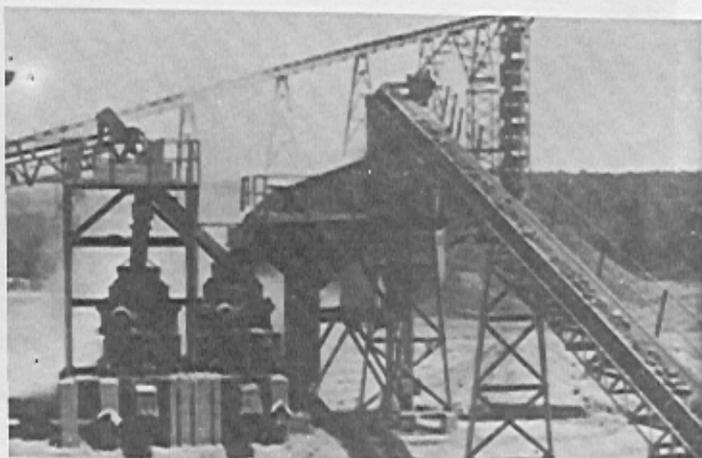


Foto N° 30  
Sistema de Britagem.

Foto N° 31  
Outra vista do Sistema de  
Britagem.

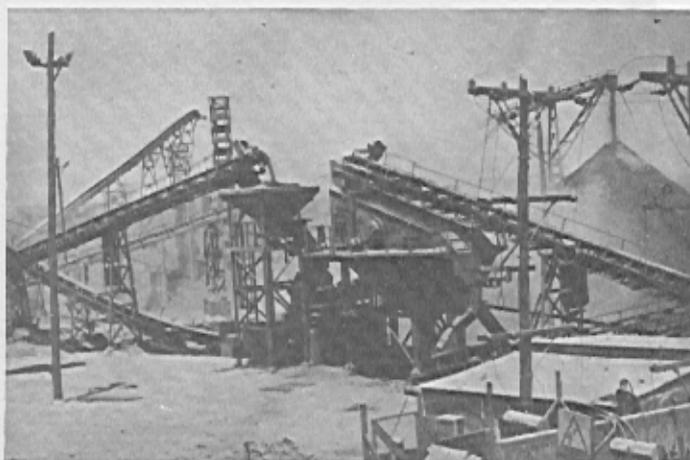
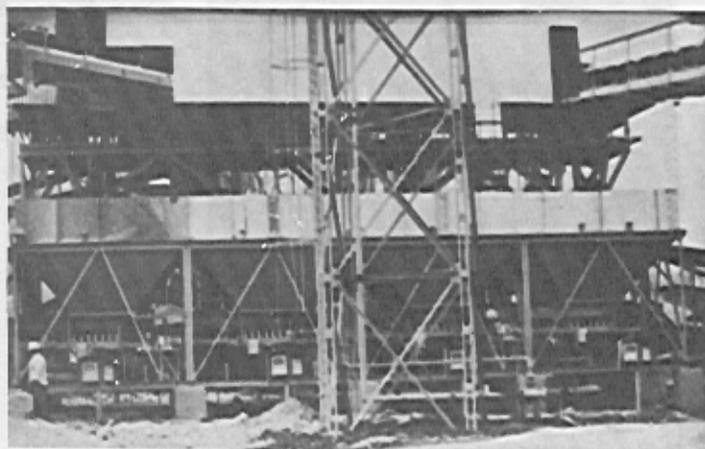


Foto N° 32  
Vista geral dos túneis e cor-  
reias de transporte do mate-  
rial dos estoques para a cen-  
tral de C.C.R..

Foto N° 33  
Vista geral dos silos  
de transferência e  
dosagem contínua.



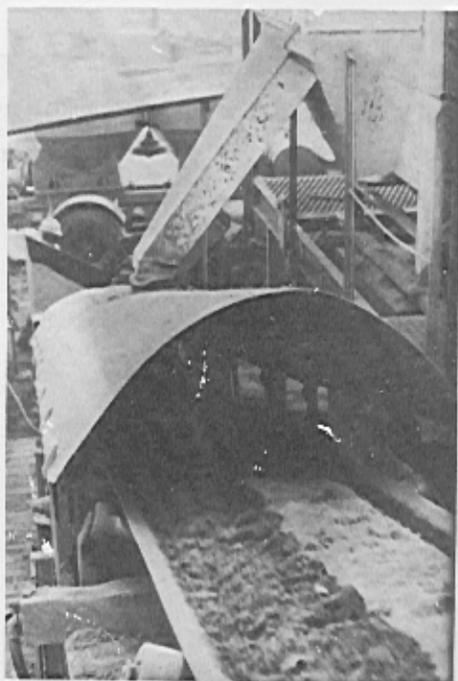


Foto Nº 34

Correia transportando os agregados e detalhe da incorporação do cimento na mistura.

Foto Nº 35

Misturador e incorporação de água.



Foto Nº 36

Silo com dupla saída. Detalhe durante a carga dos caminhões basculantes.



Foto Nº 37

Silo de transferência com  
dupla saída para caminhão  
basculante ou correia trans  
portadora.

Foto Nº 31  
Outra vista  
Brlagém.



Foto Nº 38

Lançamento do Concreto  
Rolado.



Foto Nº 39

Espalhamento do Concreto  
Rolado.

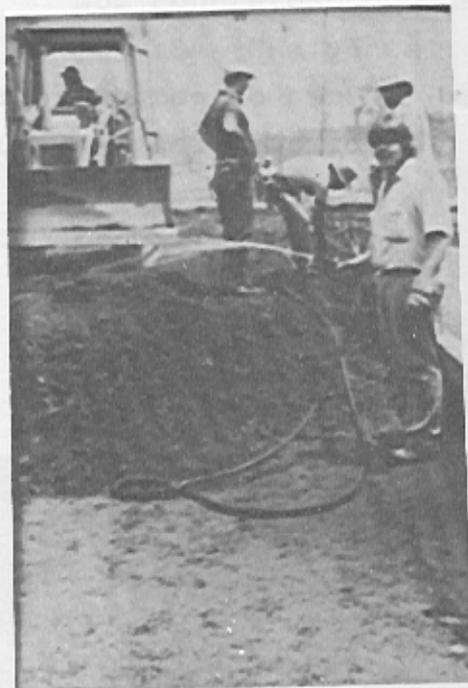


Foto Nº 40

Espalhamento do Concreto Rolado e nebulização.

Foto Nº 41

Compactação com rolo vibratório CA 35.

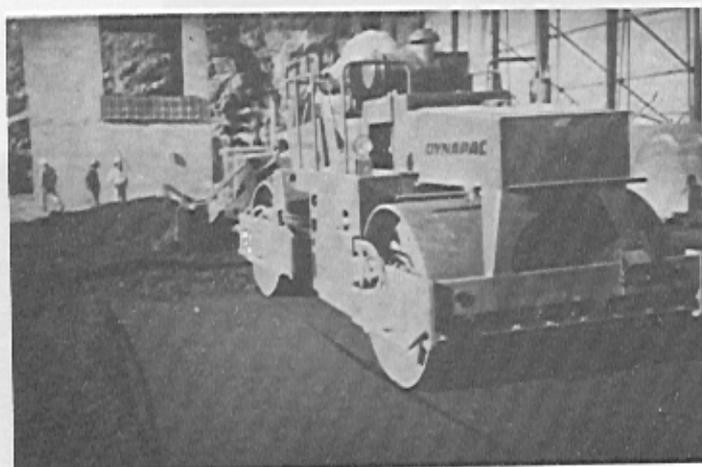
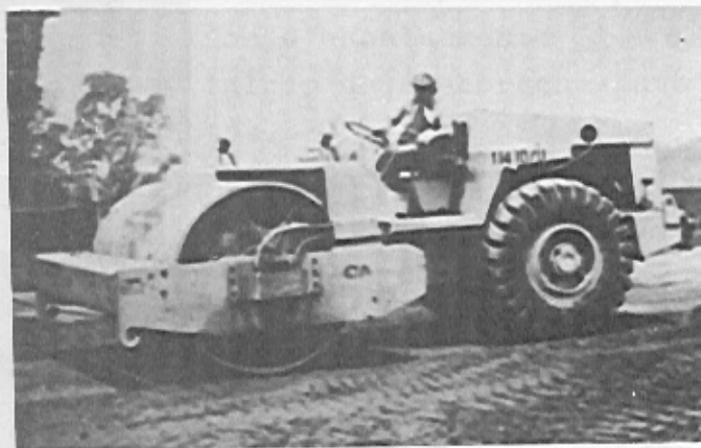


Foto Nº 42

Compactação com rolo vibratório CC 43

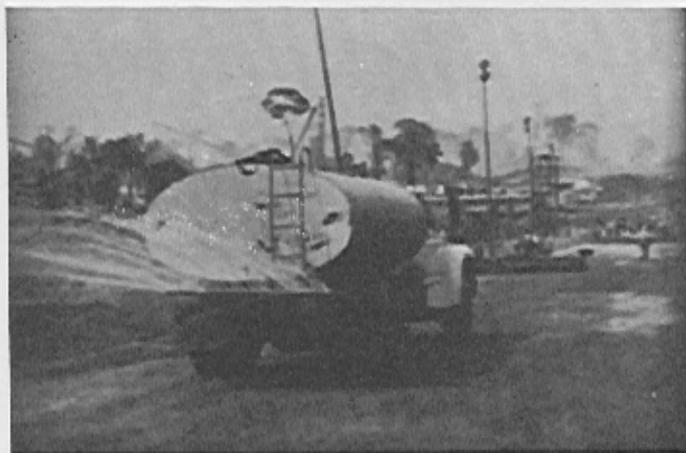


Foto Nº 43  
Cura da camada terminada  
por aspersão de água.

Foto Nº 44  
Limpeza com escovas e  
aspiração.



Foto Nº 45  
Limpeza superfície C.C.R.  
com ar.

Foto Nº 46  
Outra vista da limpeza  
superfície C.C.R. com  
ar.



5-2-4 Equipamentos e Detalhes do Adensamento dos Concretos.

5-2-4-1 Concretos Convencionais

Nos concretos convencionais de face do paramento de montante, no contacto com a rocha das ombreiras e nos degraus do paramento de jusante (nível inferior do salto sky) o adensamento foi realizado através de vibradores de imersão.

5-2-4-2 Concretos Rolados

Os equipamentos empregados para a compactação do concreto eram:

- Compactador Dynapac C.C.-43 ;
- Compactador Dynapac C.A.-35 ;
- Compactador Manual WACKER - BS - 65.

Uma das operações que foi realizada com maior cuidado era a de compactação, pois um dos parâmetros de maior importância era a densidade da mistura na praça.

O concreto era compactado imediatamente após ter concluído o espalhamento do material. O tempo máximo permitido era de 10 minutos após o espalhamento e o tempo total transcorrido do início da elaboração até a compactação era de 45 minutos.

O material que por diversas razões não cumpria esse requisito tinha que ser retirado da praça.



Foto Nº 47

Concreto do paramento de montante após o lançamento. Notar que o mesmo era lançado antes do concreto rolado da mesma camada.



Foto Nº 48  
Concreto do paramento  
de montante sendo vi-  
brado. Observar que o  
concreto rolado da mes-  
ma camada já havia si-  
do lançado.

Foto Nº 49  
Concreto do paramento de  
montante, no instante de  
seu acabamento. Observar  
a "compactação manual"  
com Wacker-BS-65, na in-  
terface dos concretos ro-  
lado e convencional do  
paramento.



5-2-5 Durante a construção da barragem o equipamento escolhido resultou ser super dimensionado. Notava-se, que o mesmo grande parte do tempo permanecia ocioso. Isso mostra que equipamentos menores podem executar as mesmas tarefas com um menor custo operacional e menor investimento inicial. O número de passadas do equipamento de compactação foi determinado durante a execução dos aterros experimentais, comparando N° de passadas x densidade da camada. O número ótimo de passadas foi de 8 e na região de transição entre concreto convencional e o rolado, numa faixa de 0,50m. aproximadamente a compactação foi executada com o compactador manual WACKER, que teve um bom desempenho.



Foto N° 50  
Compactação da borda do paramento de jusante.

A densidade média mínima requerida na camada é de 2570 kg/m<sup>3</sup>; que representa aproximadamente 95% da densidade teórica (DT=2705 kg/m<sup>3</sup>). Na praça não era permitido que nenhuma das determinações individuais fosse menor a 2490 kg/m<sup>3</sup> ou 92% da máxima densidade úmida obtida no laboratório. As densidades eram determinadas na praça a cada 100m<sup>3</sup> (aproximadamente) de concreto compactado até a camada N<sup>o</sup> 50. A partir da camada N<sup>o</sup> 50 as densidades foram determinadas a cada 180m<sup>3</sup> de concreto colocado.

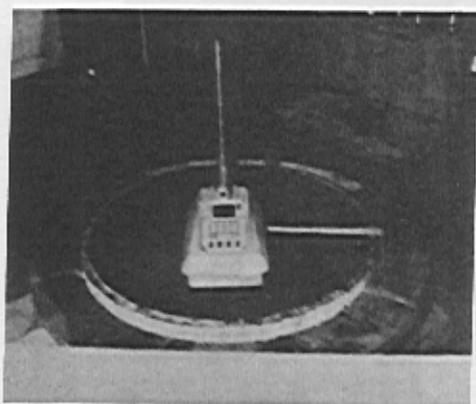


Foto N<sup>o</sup> 51  
Densímetro nuclear de uma haste - aferição no laboratório.

Foto N<sup>o</sup> 52  
Densímetro nuclear de dupla haste.



## 5-2-5 ENSAIOS "IN-LOCO"

### 5-2-5-1 DENSIDADE DA CAMADA

No concreto rolado a determinação da densidade após a compactação representa um parâmetro de grande utilidade pois é a síntese de uma série de controles realizados anteriormente sobre os elementos constituintes do mesmo e do funcionamento dos equipamentos empregados ao longo do processo. O controle da densidade das camadas foi realizado sistematicamente em diferentes zonas e de forma aleatória. Os equipamentos utilizados para a determinação da mesma foram 2 densímetros nucleares de marca TROXLER ( de uma haste de 0,30 m) e o C.P.N. (de duas hastes de 0,80 m). Cabe destacar que o densímetro TROXLER permite a determinação da média da densidade da camada e a umidade da mistura. O modelo C.P.N. permita a determinação da densidade a diferentes profundidades da camada e umidade da mesma. As espessuras das camadas e as profundidades onde foram determinadas as mesmas, apresentam-se na Tabela Nº 7.

Nº DAS CAMADAS	ESPESSURA (m)	PROF. DET. DENSIDADES (POL)
0 - 7	0,30	MÉDIA
7 - 13	0,30	4"-6"-8"-10"
13- 37	0,35	4" - 8"-12"
37- 191	0,40	4" - 8"-12"

Tabela Nº 7 - Determinação de densidades nas camadas.

### 5-2-5-2 UMIDADE DA MISTURA

A umidade da mistura lançada e compactada na praça era determinada pelo densímetro nuclear.

Cabe destacar que a sensibilidade do concreto rolado às variações da umidade é muito alta. Variações em  $\pm 1,5\%$  o tornam praticamente sem condições de utilização.

### 5-3 CONTROLE ESTATÍSTICO DAS DENSIDADES E UMIDADES.

O controle estatístico apresentado na Tabela Nº 8 refere-se as densidades e umidades médias obtidas nas camadas do concreto rolado.

TABELA Nº 8 - CONTROLE ESTATÍSTICO - CONCRETO ROLADO  
DENSIDADE - UMIDADE

ENSAIOS	MISTURA	Nº DE ENSAIOS	DADOS ESTATÍSTICOS		
			MÉDIA	D. PADRÃO	COEF. VA- RIAÇÃO
DENSIDADE	PMG 60	2.678	2.632	33	1,2
UMIDADE	PMG 60	1.930	5,0	0,4	8,0

26/03

## 6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM CONCRETO ROLADO DE URUGUA-Í, COM OS OBTIDOS EM ALGUMAS OBRAS DE CONCRETO DE MASSA.

### 6-1 Generalidades

Ao se utilizar o Concreto Rolado uma das questões que surge imediatamente é a da qualidade ou do controle de qualidade.

Para se comparar e tentar esclarecer sobre esse tema é feita uma comparação entre os parâmetros de resistência (rendimentos) e dos coeficientes de variação do controle de resistência do Concreto Rolado com misturas PMG-60 (60 kg/m<sup>3</sup> de cimento) e PMG-90 (90 kg/m<sup>3</sup>) com os dados de controle de concretos massa convencionais de grandes obras de barragem na América do Sul (Ilha Solteira - Tucuruí e Itaipu), e também com o concreto de 220 kg/m<sup>3</sup> usado na face do paramento de montante.

O resumo dos valores envolvendo mais de 26.000 resultados e volumes de concreto massa cujo somatório supera 8.000.000 m<sup>3</sup>, é mostrado na tabela Nº 9 e figura 6. O concreto massa convencional corresponde à misturas com teor de aglomerante (cimento mais material pozolânico) de:

Ilha Solteira	de 84 kg/m <sup>3</sup> a 134 kg/m <sup>3</sup>
Tucuruí	de 93 kg/m <sup>3</sup> a 126 kg/m <sup>3</sup>
Itaipu	de 87 kg/m <sup>3</sup> a 134 kg/m <sup>3</sup>

Consumos esses superiores aos dos Concretos Rolados.

### 6-2 Comentários

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se à época da construção de Urugua-í, após atingir-se 85% do volume de Concreto Rolado, previsto.

Através desses resultados

- Evidencia-se que a técnica do Concreto Rolado adotada para a obra, mostrou-se econômica (inferior em 30% com relação à barragem de enrocamento com face de concreto);
- Evidencia-se que a técnica possibilitou a redução de 11 meses no prazo;
- Evidencia-se que o controle de qualidade adotado permitiu atingir um grau de uniformidade superior ao atingido em grandes obras de concreto massa.

Dessa forma o trinômio - Qualidade - Segurança - Economia é atendido através do uso de um processo simples e atual de Urugua-í.

Nota-se pela figura 6 que os rendimentos dos Concretos Rolados superam os do concreto convencional usado na face de montante, e dentro da faixa de valores normalmente obtidos para os concretos massa.

E, ainda, os coeficientes de variação, dos Concretos Rolados se assemelharam ao do concreto da face de montante, e se mostraram bem inferiores àqueles obtidos com os concretos massa convencionais de grandes obras, que utilizaram controles rígidos e atualizados.

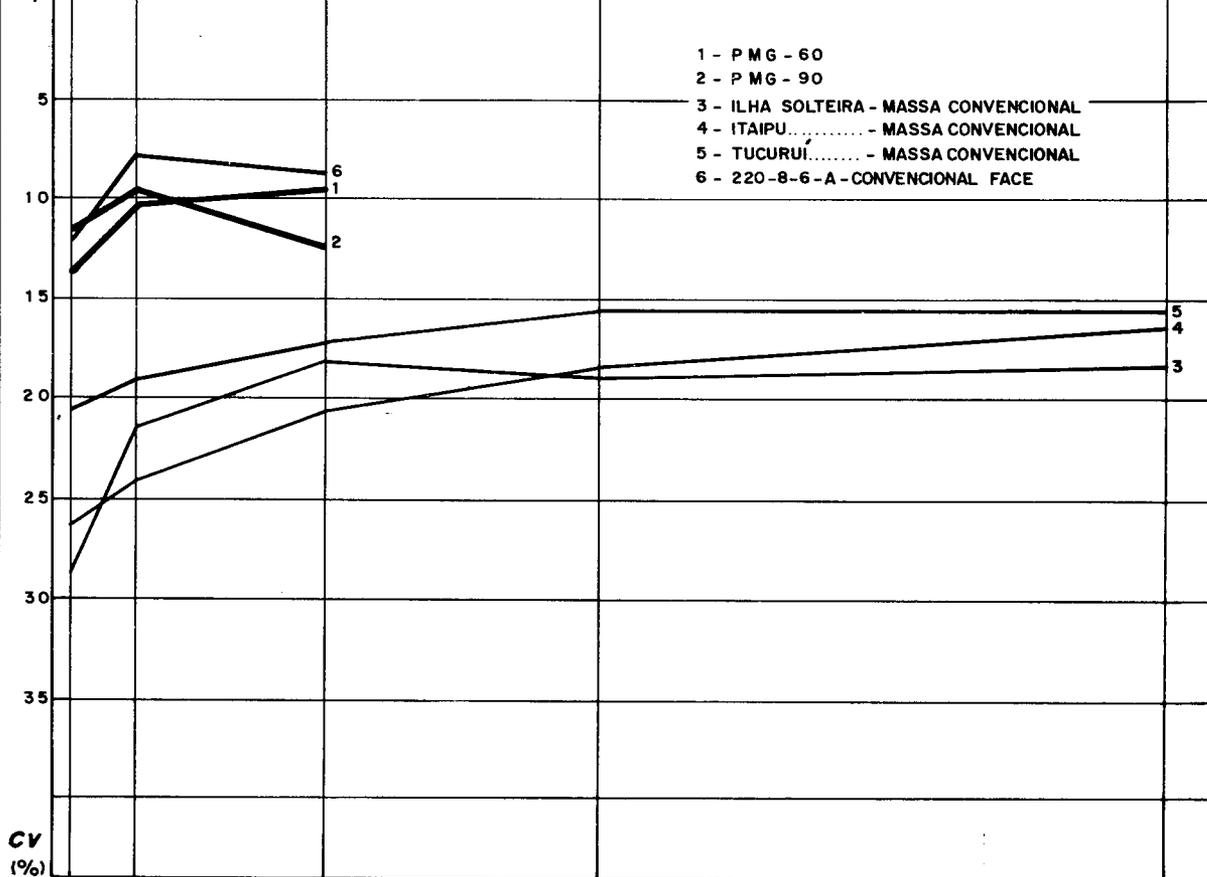
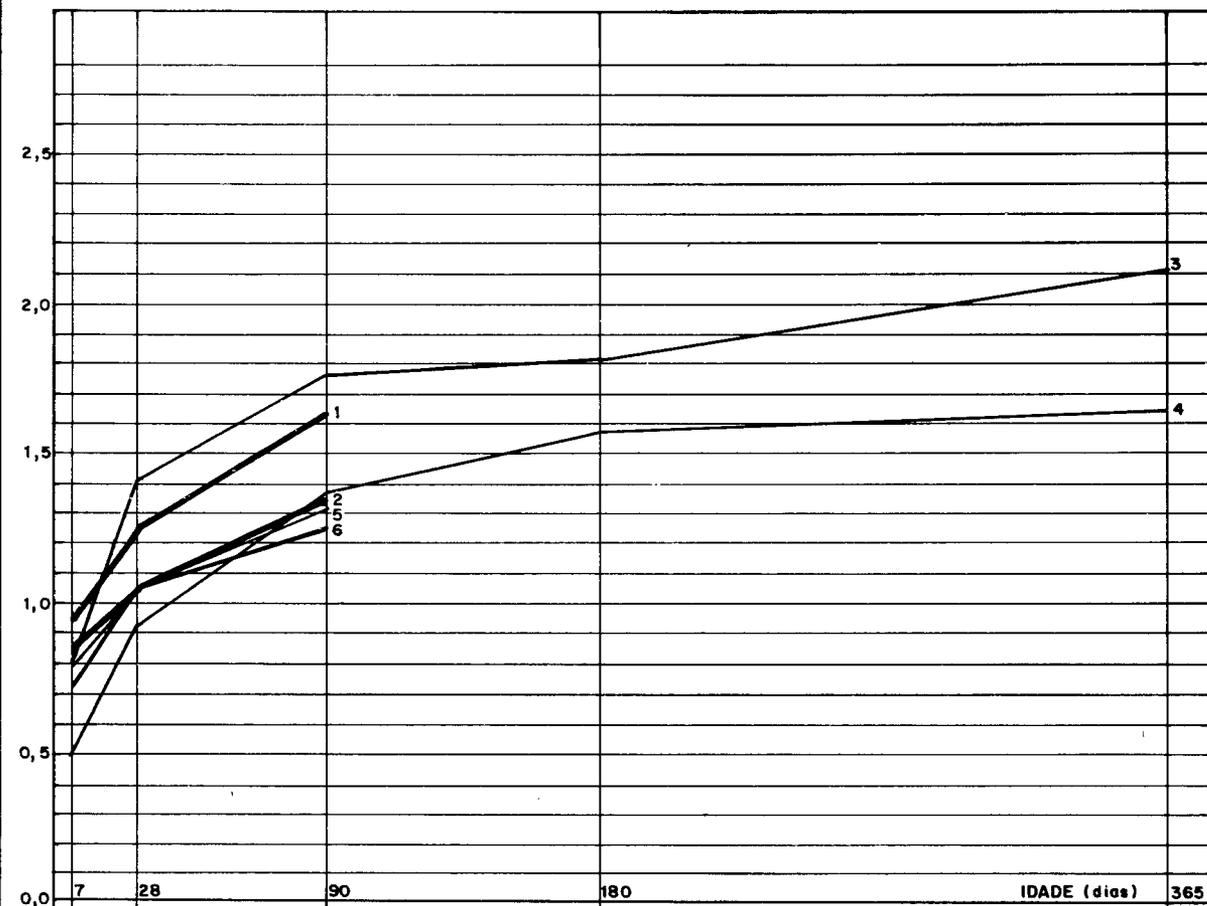
TABELA Nº 9 - CONTROLE ESTATÍSTICO- CONCRETO ROLADO  
RESUMO COMPARATIVO - COMPRESSÃO A. SIMPLES

OBRA	MISTURAS	CONTEÚDO CIM+POZ (Kg/m <sup>3</sup> )	IDADE (DIAS ANOS)	Nº DE EN- SAIOS	COEF. DE VARIAÇÃO (%)			Kg/cm <sup>2</sup> *	VOLUME (m <sup>3</sup> )
					MÁX.	MÍN.	MÉDIO	Kg/m <sup>3</sup>	
URUGUAÍ	PMG 60	60	7	210	18,14	11,05	13,43	0,94	500.000
			28	162	14,74	7,03	10,38	1,24	
			90	16	---	---	9,96	1,63	
	PMG 90	90	7	19	---	---	11,80	0,83	
			28	11	---	---	9,93	1,07	
			90	6	---	---	12,36	1,35	
TOTAL				424					
ILHASOLETEIRA	VÁRIAS	A	7	1.186	41,40	22,10	28,40	0,81	480.000
			28	1.186	26,80	14,90	21,30	1,46	
			90	1.186	22,50	14,70	17,90	1,78	
			180	1.291	21,60	15,20	18,70	1,82	
			360	1.186	---	---	17,40	2,11	
			TOTAL				6.040		
ITAIPI	VÁRIAS	A	7	4.040	34,70	21,30	26,50	0,49 ✓	6.000.000
			28	1.585	28,40	18,90	23,90	0,94 ✓	
			90	3.953	27,50	15,80	20,80	1,39 ✓	
			180	1.090	22,30	13,70	18,20	1,58 ✓	
			1	2.269	19,30	11,40	16,60	1,64 ✓	
			2	127	19,90	12,70	16,30	1,70	
			5	127	14,6	12,40	13,50	1,80	
			TOTAL				13.218		
TUCURUÍ	VÁRIAS	A	3	659	28,00	19,30	22,12	0,57	1.270.000
			7	1.687	25,90	16,70	20,80	0,74	
			28	1.984	23,40	15,60	18,80	1,05	
			90	1.990	18,90	14,30	17,00	1,34	
			180	38	---	---	15,40	1,26	
			1	172	---	---	16,20	1,20	
TOTAL				6.530					

\* RENDIMENTO

$\eta = (\text{Kg/cm}^2 / \text{Kg/m}^3)$

### COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS



- 1 - P M G - 60
- 2 - P M G - 90
- 3 - ILHA SOLTEIRA - MASSA CONVENCIONAL
- 4 - ITAIPU..... - MASSA CONVENCIONAL
- 5 - TUCURUI..... - MASSA CONVENCIONAL
- 6 - 220-8-6-A - CONVENCIONAL FACE

Figura Nº 6 - COMPARAÇÃO - CONTROLE DE QUALIDADE

## RESUMO

O trabalho descreve o sistema adotado para o controle de qualidade do corpo da barragem da Hidroelétrica de Urugua-í, na Argentina.

Através dos dados apresentados é mostrado o grau de qualidade e uniformidade obtidos na obra.