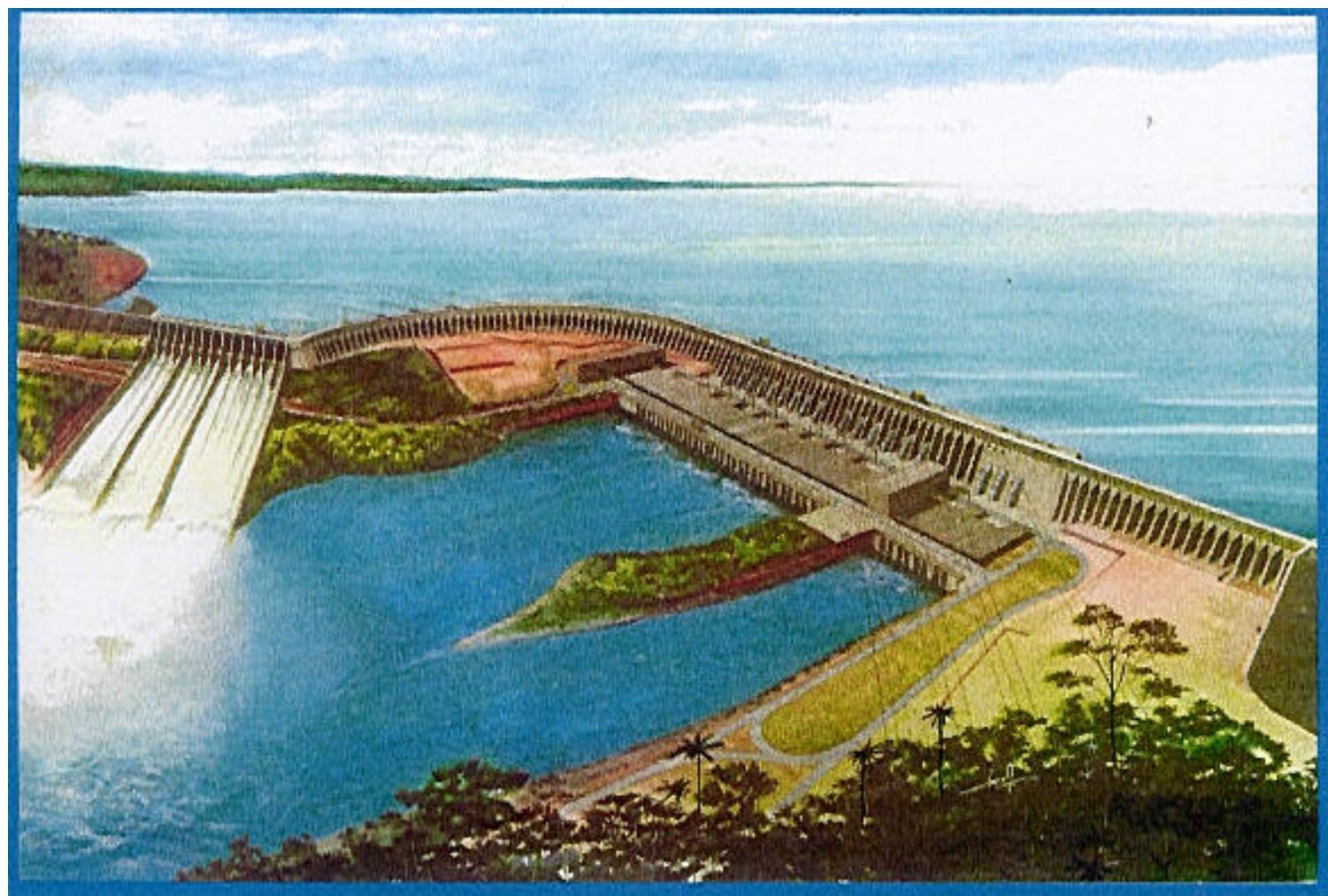


USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU

INFRA-ESTRUTURA PARA CONSTRUÇÃO DA OBRA



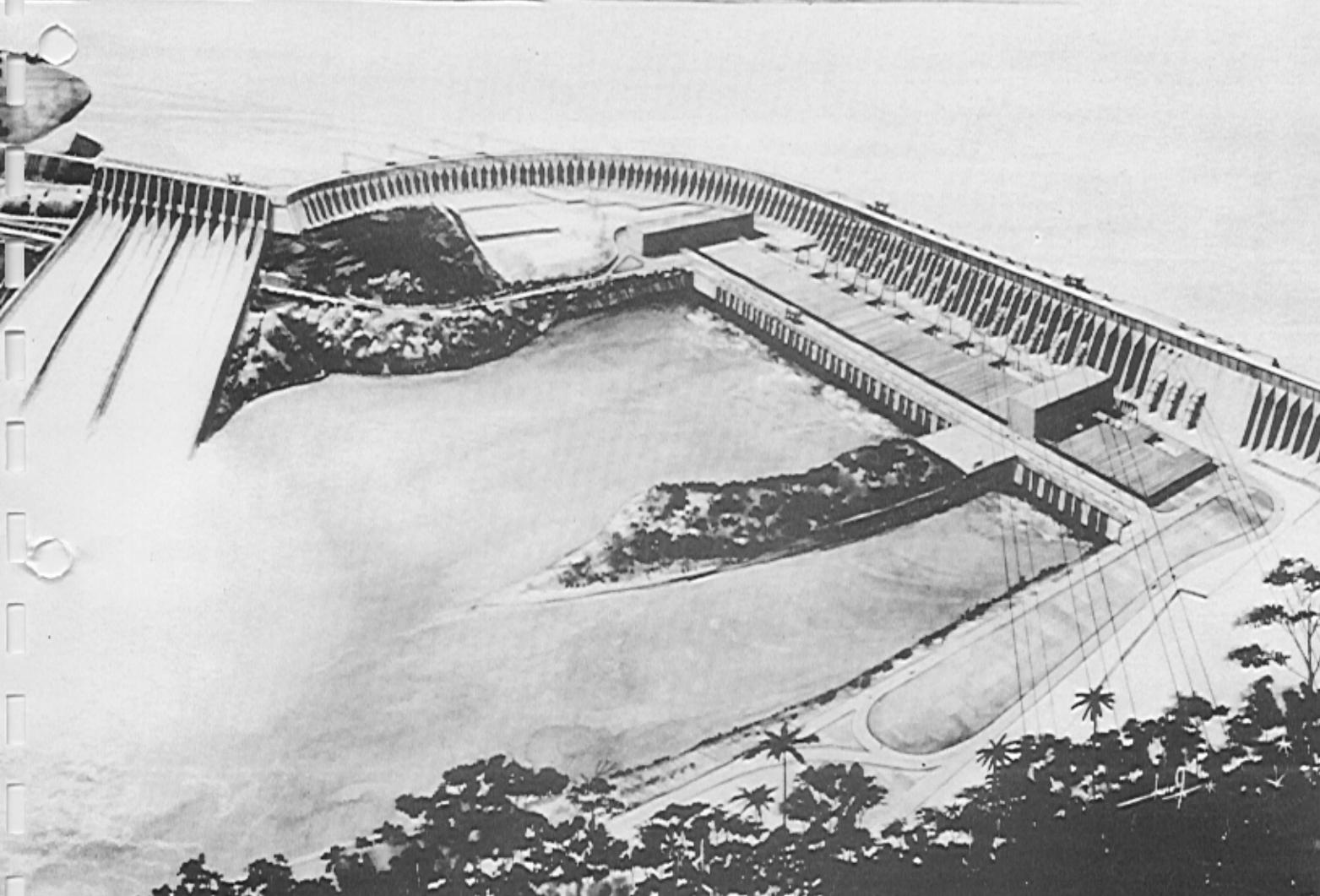
APERFEIÇOAMENTO
PROFISSIONAL

 **THEMAG**
ENGENHARIA

USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU

INFRA-ESTRUTURA PARA CONSTRUÇÃO DA OBRA

ENGº FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLI



Francisco Rodrigues Andriolo
Engº Civil

APERFEIÇOAMENTO
PROFISSIONAL - 1982

 **THEMAG**
ENGENHARIA

INDICE

	Pág.
1 INDICE	
2 INTRODUÇÃO	01
3 INFRAESTRUTURA FÍSICA E SOCIAL	04
3.1 Conjuntos Habitacionais e de Alojamento	07
3.2 Ensino	09
3.3 Hospitais e Ambulatórios	10
3.4 Alimentação	11
3.5 Higiene, Segurança e Medicina no Trabalho	13
3.6 Segurança Física	14
3.7 Instalações Comunitárias e de Lazer	14
3.8 Diversos	15
4 INFRAESTRUTURA DE CANTEIRO	17
4.1 Apresentação	17
4.2 Instalações Industriais Básicas de Canteiro	18
4.2.1 Suprimento de Materiais	21
4.2.2 Instalações industriais	26
4.3 Instalações Industriais Auxiliares de Canteiro	44

Pág.

4.3.1	Sistema de beneficiamento de armadura	44
4.3.2	Sistema de beneficiamento de Formas	47
4.3.3	Sistema de abastecimento de água e ar comprimido	50
4.3.4	Sistema de fabricação de pré-moldados	50
4.4	Resumo dos Equipamentos e Instalações	51
5	CONTROLE TECNOLÓGICO E DAS CONSTRUÇÕES DE CONCRETO	55
5.1	Estudos Básicos e Controles	58
5.1.1	Agregados	61
5.1.2	Aglomerantes	62
5.1.3	Aditivos	63
5.1.4	Aços e emendas	63
5.1.5	Água	66
5.1.6	Elastomeros	67
5.2	Controle de Produção e Transporte do Concreto	67
5.2.1	Controle de uniformidade durante a produção	68
5.2.2	Controle de qualidade do concreto	71
5.2.3	Controle durante o transporte	76
5.3	Controle no Lançamento e Acabamento	76

Pág.

5.4 Auscultação das Estruturas de Concreto 78

5.5 Registro das Informações 78

2.

INTRODUÇÃO

Francisco Rodrigues Andriolo
Eng.º Civil

O Aproveitamento Hidrelétrico de Itaipu é um empreendimento binacional que resultou da decisão tomada pelos governos do Brasil e do Paraguai, na "Ata de Iguacu" de 22 de junho de 1966, de estudar e aproveitar conjuntamente o potencial hidráulico do trecho do Rio Paraná fronteiriço aos dois países, desde o salto das Sete Quedas ou Salto del Guairá até a foz do rio Iguacu.

Após estudos elaborados, desse trecho do rio, no qual foram investigados dez locais de barragem e cinquenta alternativas de aproveitamento, optou-se pela construção de uma barragem única, próxima ao extremo jusantedo mesmo, no local denominado Itaipu, aproveitando em um só projeto todo o potencial disponível do trecho.

A decisão de executar o projeto foi consubstanciada no "Tratado de Itaipu" assinado entre o Brasil e o Paraguai em 26 de abril de 1973, qual se seguiu em 17 de maio de 1974 a constituição da Itaipu Binacional, entidade responsável pela construção e operação do empreendimento. A energia produzida na Central de Itaipu será dividida em partes iguais entre os dois países, sendo reservado a cada um deles o direito de preferência de comprar a parte de energia destinada ao outro, que por ele não vier a ser utilizada para seu próprio consumo.

Os trabalhos preliminares, de implantação da obra, tiveram início logo após a constituição da Itaipu Binacional, e o início efetivo da construção do projeto, em meados de 1975.



Figura 1 - Vista da Região da Obra
em outubro/1975

O Rio Paraná origina-se da confluência dos Rios Paranaíba e Grande, correndo inicialmente em território brasileiro na direção geral do sudoeste até o salto grande de Sete Quedas, a partir de onde passa a formar a fronteira entre o Brasil e o Paraguai, até receber o rio Iguaçu. Daí para jusante passa a correr entre o Paraguai e a Argentina, juntando-se mais adiante o rio Paraguai, seguindo-se então pelo território argentino até o Rio da Prata.

A bacia de drenagem de Itaipu é de cerca de 820.000 Km², a qual, salvo pequena fração localizada em território paraguaio, esta toda contida em território brasileiro. Os inúmeros reservatórios de aproveitamentos hidroelétricos brasileiros situados no Rio Paraná e seus formadores e afluentes contribuem para o elevado grau de regularização da vazão em Itaipu. A descarga média anual é de 9.070 m³/s, com enchente máxima registrada 32.990 m³/s.

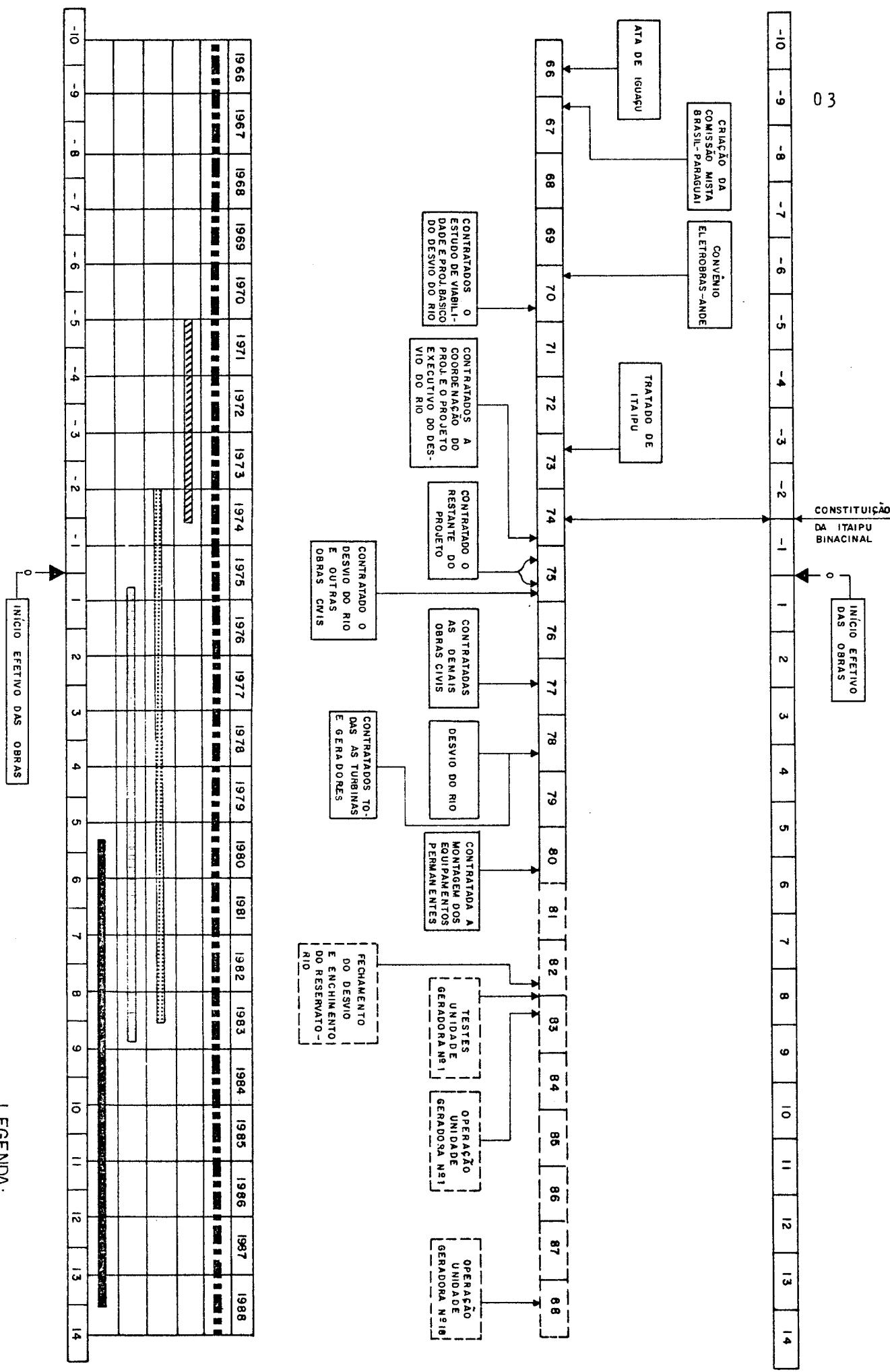


Figura 2 - GRÁFICO ILUSTRATIVO DOS PRINCIPAIS EVENTOS REFERENTES AO PROJETO ITAIPU

Na área do projeto o Rio Paraná corre por uma distância de aproximadamente 190 Km, na direção norte-sul. No salto grande de Sete Quedas, em um profundo vale escavado no basalto, seguindo um curso turbulento, com várias corredeiras por cerca de 60 Km, até Porto Mendes (Puerto A dela). Um desnível de 100 m ocorre nesses primeiros 60 Km, sendo que o rio alarga-se progressivamente nos restantes 130 km até a foz do rio Iguaçu, tornando o gradiente mais suave nesse trecho, descendo cerca de 20 m.

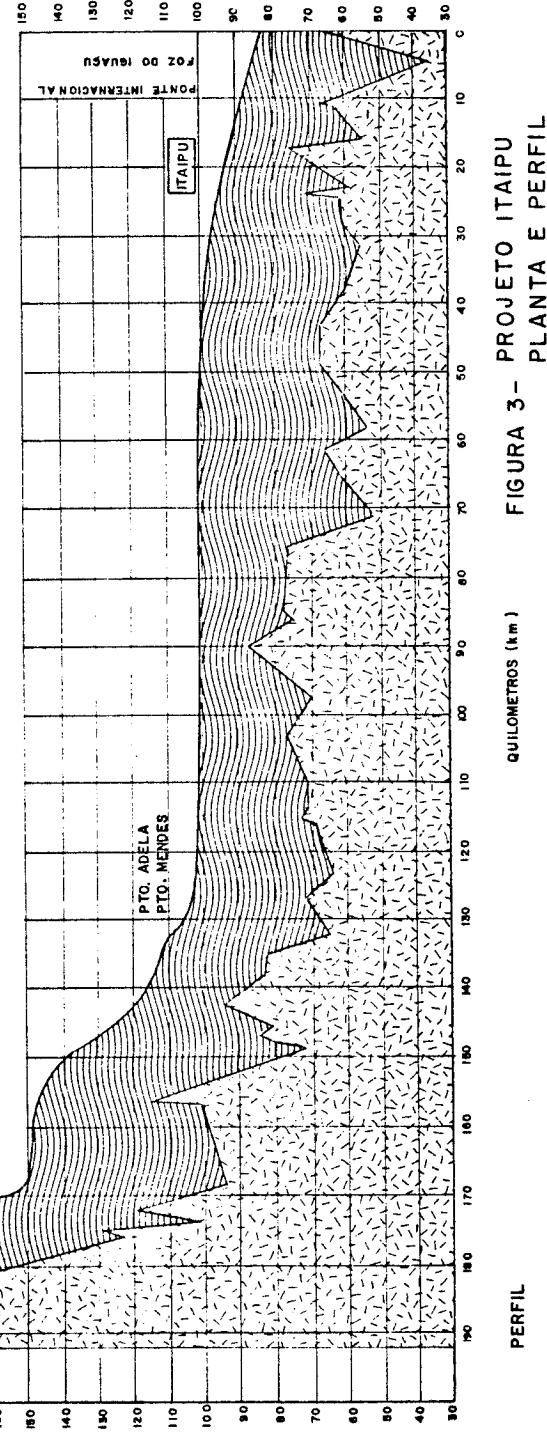
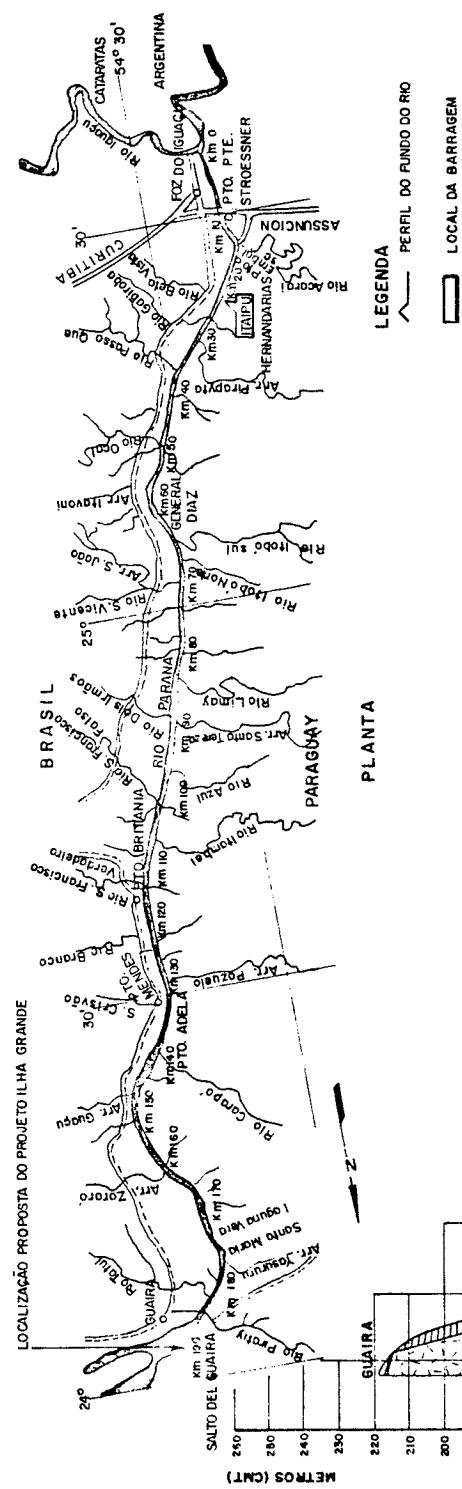
A potência nominal da usina é de 12.600 MW, dividida em 18 unidades geradoras de 700 MW cada.

O orçamento do aproveitamento, a preços de dezembro de 1980, estava previsto em US\$ $12,7 \times 10^9$.

3. INFRA-ESTRUTURA FÍSICA E SOCIAL

Em face de as cidades próximas ao local das obras do aproveitamento hidrelétrico - Foz do Iguaçu (Brasil) e Ciudad Presidente Stroessner (Paraguai) - não disporem, na escala necessária, da infra-estrutura capaz de atender às necessidades do pessoal vinculado, ou não, à obra, tais como residências, instalações de assistência médica, hospitalar, odontológica, de ensino e centros de abastecimento, comunitários e de lazer, fez-se indispensável que a propria Itaipu Binacional promovesse a implantação da referida infra-estrutura.

É de se ressaltar que a população da região em 1974 estava ao redor de 56.000 habitantes e que em 1980 estava em torno de 274.000 habitantes.



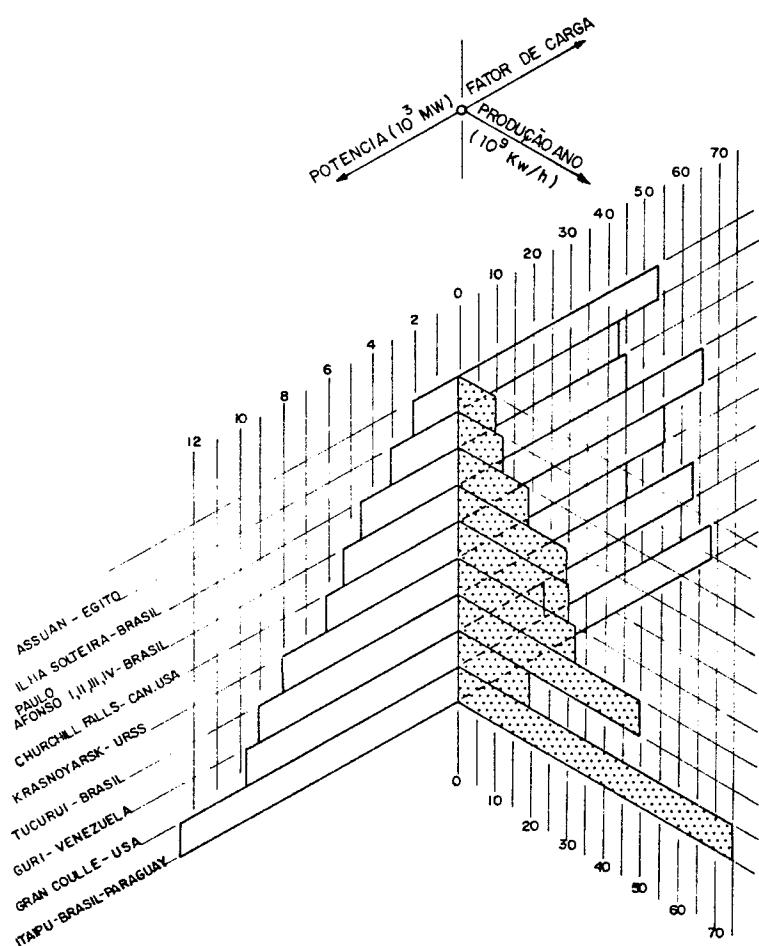


FIGURA 4 - CAPACIDADE GERADORA

3.1 Conjuntos Habitacionais e de Alojamento

O problema habitacional mereceu particular cuidado no planejamento de Itaipu, visando atender aos funcionários ligados à Itaipu e suas principais empreiteiras.

Para tal, a Itaipu Binacional construiu 9.515 residências distribuídas em 3 conjuntos habitacionais na periferia de Foz do Iguaçu (lado brasileiro) e oito conjuntos residenciais em Ciudad Presidente Stroessner (lado paraguaio).



Figura 5: Vista do Conjunto Habitacional "B", lado brasileiro, situado à 14 km da obra e a 3 km da cidade de Foz do Iguaçu.

Esses conjuntos abrigam uma população de aproximadamente 21.000 pessoas no lado brasileiro e 15.000 pessoas no lado paraguaio.

Além das residências existe no canteiro de obras, alojamentos destinados a abrigar operários solteiros nos diferentes níveis profissionais.

RESIDÊNCIAS CONSTRUÍDAS				
TIPO	ÁREA(m ²)	BRASIL(ME)	PARAGUAI(MD)	TOTAL
01	250	22	20	42
02	210	52	41	93
03	190	75	62	137
03 ¹	150	303	140	443
04	120	514	370	884
05	90	136	139	275
06	80	396	476	872
07	70	391	321	712
08	80	225	581	806
09	70	212	459	671
Multiplo	60-80	2900	1680	4580
Totais	-	5226	4289	9515



Figura 6: Vista do conjunto habitacional "A", no lado Brasileiro.

CAPACIDADE DE ALOJAMENTO NO CANTEIRO DE OBRAS						
Nível	Margem Esquerda		Margem Direita		TOTALS	
	Nº Pavilhões	Capacidade	Nº Pavilhões	Capacidade	Pav.	Cap.
Comum	22	6592	10	3392	32	9984
Qualificado	5	400	5	280	10	680
Médio	3	309	3	108	6	417
Especial	3	72	-	-	3	72
Totais	33	7373	18	3780	51	11153

3.2 Ensino

O sistema escolar instalado pela Itaipu Binacional atende cerca de 15.700 alunos, nos diversos níveis, até o secundário, sendo 10.500 no lado brasileiro e 5.200 no lado paraguaio.

Ao todo são 9 escolas com uma área construída de 32.000 m².

Além dos cursos normais e de alfabetização, são ministradas instruções com intuito de atender às necessidades de mão de obra qualificada e o treinamento é feito em vários níveis funcionais.

EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO ESCOLAR ATENDIDA PELAS ORGANIZAÇÕES LIGADAS À ITAIPU					
Nível	ALUNOS MATRICULADOS NO PÉRÍODO				
	1976	1977	1978	1979	1980
Pré-escolar	207	545	1137	1561	1893
Primário	1107	2530	6691	9882	11071
Secundário	77	351	821	1429	2805
Outros	-	-	52	73	-
Totais	1391	3426	8701	12945	15769

3.3 Hospitais e Ambulatórios

O sistema de assistência à saúde atende à toda população dependente de Itaipu, desde o nível ambulatorial até o de assistência hospitalar e odontológica.

Foram instalados 4 ambulatórios de primeiros auxílios e 2 hospitais.

ATENDIMENTO MÉDICO ODONTOLOGICO EFETUADO PELA ITAIPU BINACIONAL					
Natureza	1976	1977	1978	1979	1980
Consultas	69590	135537	364576	480500	559606
Exames Diversos	14704	50131	124549	270091	282162
Procedimentos paramédicos	-	154968	574894	795233	1155573
Imunizações	9548	22948	76870	86142	113142
Odontologia	15969	18504	76865	164221	229692
Internações	562	2263	7137	7431	11481

O programa de saúde desenvolvido pela Itaipu tem por objetivo também, manter as condições sanitárias adequadas na área do aproveitamento, incluindo o reservatório. Dentre outras estão as atividades desenvolvidas por entidades responsáveis pela assistência médica sanitária, vigilância epidemiológica, saneamento básico rural e melhoramento do nível de saúde de população localizada na área.

3.4 Alimentação

A Itaipu Binacional, evidentemente, considerou também que o funcionário deve sentir-se bem fisicamente, com uma nutrição adequada ao trabalho que desenvolve, para o que foram feitas pesquisas no sentido de se determinar os cardápios mais apropriados, não só quanto ao número de calorias, quanto aos hábitos do pessoal, de origem paraguaia ou brasileira. Para análise e dimensionamento dos cardápios foram consideradas:

- ação dinâmica específica (metabolismo basal)
- natureza do trabalho (muscular ou intelectual)
- jornada de trabalho
- condições climáticas
- hábitos alimentares

No canteiro de obras foram instalados 2 refeitórios com as seguintes características:

LOCALIZAÇÃO		MARGEM ESQUERDA	MARGEM DIREITA
ÁREA (m^2)		8000	7600
CAPACIDADE (PESSOAS)	SALA A	160	140
	SALA B	400	360
	SALA C	400	360
	SALA D	400	360
ROTATIVIDADE (MINUTOS)	SALA A	20	20
	SALA B	15	15
	SALA C	15	15
	SALA D	15	15

Os refeitórios são operados por um contingente de aproximadamente 360 funcionários.

Para se quantificar, ainda mais, a dimensão das provisões pode-se citar o consumo de alimentos em duas épocas distintas:

ALIMENTO	PERÍODO	
	JUNHO 1978	MARÇO 1982
ARROZ (kg)	142000	82000
CARNE (kg)	150000	107000
PÃO (kg)	91000	57000
FEIJÃO (kg)	39000	31000
ÓLEO DE SOJA (kg)	24000	16000
LEITE (kg)	198000	70000
HORTI FRUTI GRANJEIROS (kg)	285000	20500
Nº DE REFEIÇÕES	991000	582000
Nº DE CAFÉS	225000	139000
Nº DE LANCHES	288000	175000

3.5 Higiene, Segurança e Medicina no Trabalho

O sistema de higiene, segurança e medicina no trabalho é responsável pela normalização, orientação e fiscalização das atividades de higiene, segurança e medicina desenvolvidas e relacionadas pelos funcionários.

Em virtude de as leis brasileiras e paraguaias apresentarem diferenças, criou-se uma legislação específica para a área do canteiro de obras, denominada "Acordos e Atos Normativos" homologada em janeiro de 1975, com representantes dos dois governos.

As atividades referentes à segurança resumem-se basicamente:

- criar e manter condições seguras de trabalho, com vistas à preservação do elemento humano e a continuidade operacional,
- análise e fiscalização dos projetos de ventilação, iluminação, radiações, vibrações, conforto térmico, ruído, etc.,,
- análise das situações de insalubridade,
- análise dos equipamentos, máquinas e instalações,
- indicação e cumprimento de uso de equipamentos de segurança individual,
- realização de cursos de treinamento.

As atividades de higiene resumem-se basicamente:

- inspeção de locais de trabalho, sanitários, alojamentos, refeitórios, locais de concentração, coletivos, etc..

Em um período de quatro anos, onde se atingiu um pico de 31000 operários, somente 40 acidentes fatais ocorreram, dos quais 23 foram acidentes de trânsito, só considerados de trabalho porque ocorreram em função deste. É um dos índices mais baixos do mundo, considerando-se as condições da obra.

Em junho de 1978 com 30286 funcionários, ocorreram 445 acidentes sem afastamento e 280 com afastamento.

3.6 Segurança Física

A segurança física, na área de Itaipu é feita por milícia própria, organizada por elementos dos exércitos brasileiro e paraguaio, sendo que os elementos ficam aquartelados em 2 instalações construídas no Canteiro de Obra.

3.7 Instalações Comunitárias e de Lazer

Os centros comunitários acham-se distribuídos nas diversas vilas residenciais e no Canteiro de Obras, com o objetivo de promover o desenvolvimento cultural e recreativo.

As instalações principais constam de:

- quatro igrejas
- três centros comerciais com área de 4125 m²

- três supermercados com área de 3200 m²
- três clubes com área de 7200 m²
- dois centros executivos com área de 4700 m²
- dois cine-teatros com área de 800 m² e capacidade de 700 lugares
- salões de estar com 40 aparelhos de TV
- salões de recreação
- campos de futebol
- quadras de uso múltiplo
- raias de atletismo
- canchas de bocha
- piscinas
- ginásio coberto
- agências bancárias e turismo

3.8 Diversos

Das cidades de Foz do Iguaçu e Ciudad Presidente Stroessner, ao Canteiro de Obras, foram construídas pela Itaipu Binacional, em cada margem do rio Paraná, estradas de acesso em dupla via.

A Itaipu construiu, ainda, obras rodoviárias e portuárias destinadas a restabelecer as ligações antes feitas por navegação no Rio Paraná e interrompidas pela obra.

Com intuito de garantir o transporte de cargas excepcionais indivisíveis, foram feitas obras de melhoramentos nas vias de acesso a obra.

Foram também implantadas linhas para suprimento de energia elétrica ao canteiro da Obra.

4. INFRA-ESTRUTURA DE CANTEIRO

4.1 Apresentação

Para o planejamento das instalações de canteiro, elas foram desdobradas nos seguintes elementos:

- instalações industriais e equipamentos básicos
- instalações industriais auxiliares
- instalações não industriais
- serviços e sistemas de utilidades

As instalações industriais e equipamentos básicos compreendiam as unidades de Canteiro de Obras que, pelo seu prazo típico de fabricação e implantação entrariam na sequência de atividades de linha crítica que comandaria a operação das unidades da usina caso sua implantação devesse aguardar a contratação de obras completas. Por essa razão elas deveriam ser demarradas com antecedência a essa contratação, e consequentemente, deveriam ser adquiridas e implantadas pela própria Itaipu Binacional.

As instalações industriais auxiliares de Canteiro consistiriam naquelas unidades cuja implantação podia ser demarrada após a contratação das obras a que iriam servir, sem risco de introduzir na linha crítica da usina a duração de sua implantação. Por essa razão elas ficariam a cargo da construtora.

As instalações não industriais de canteiro, como refeitórios, alojamentos, etc.. Foram objetos de estudos suplementares e foram citados no item 3.

Os serviços e sistemas de utilidades do Canteiro, os quais em grande parte decorriam do dimensionamento, localização das instalações industriais e da própria dinâmica da construção, foram planejadas durante o andamento da obra, e não serão aqui abordadas, compreendendo fundamentalmente:

- circulação interna
- estruturas de rolamento de cabos e guindastes
- drenagem de águas pluviais
- escoamento de águas industriais e esgotos
- redes de energia e iluminação
- redes de ar e água

4.2 Instalações Industriais Básicas de Canteiro

As instalações industriais básicas de canteiro, como acima conceituadas compreenderiam:

- centrais de moagem de clinquer
- centrais de produção de agregados
- centrais de concreto
- centrais de refrigeração de agregados e concreto
- sistema de transporte e lançamento do concreto, englobando:

cabos aéreos

guindastes de torre



Figura 7:
Vista parcial da obra e do canteiro de Obras.
Novembro/81.

O histograma de concretagem previa a realização de volumes de concreto ao redor de 300000 m^3

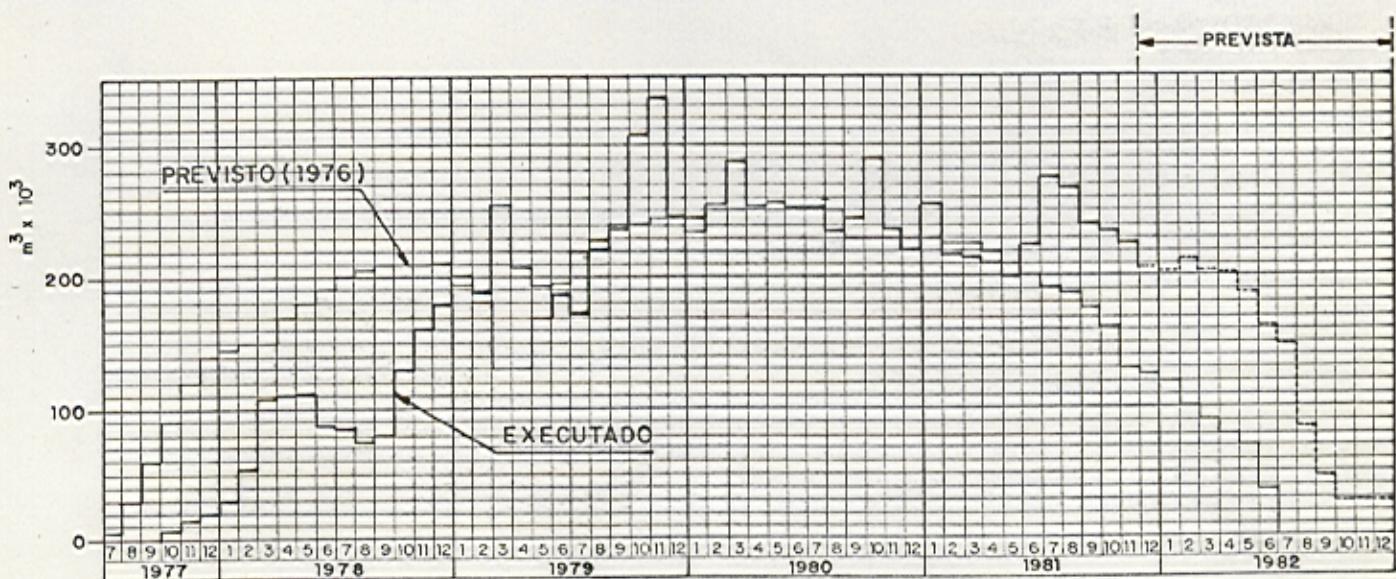
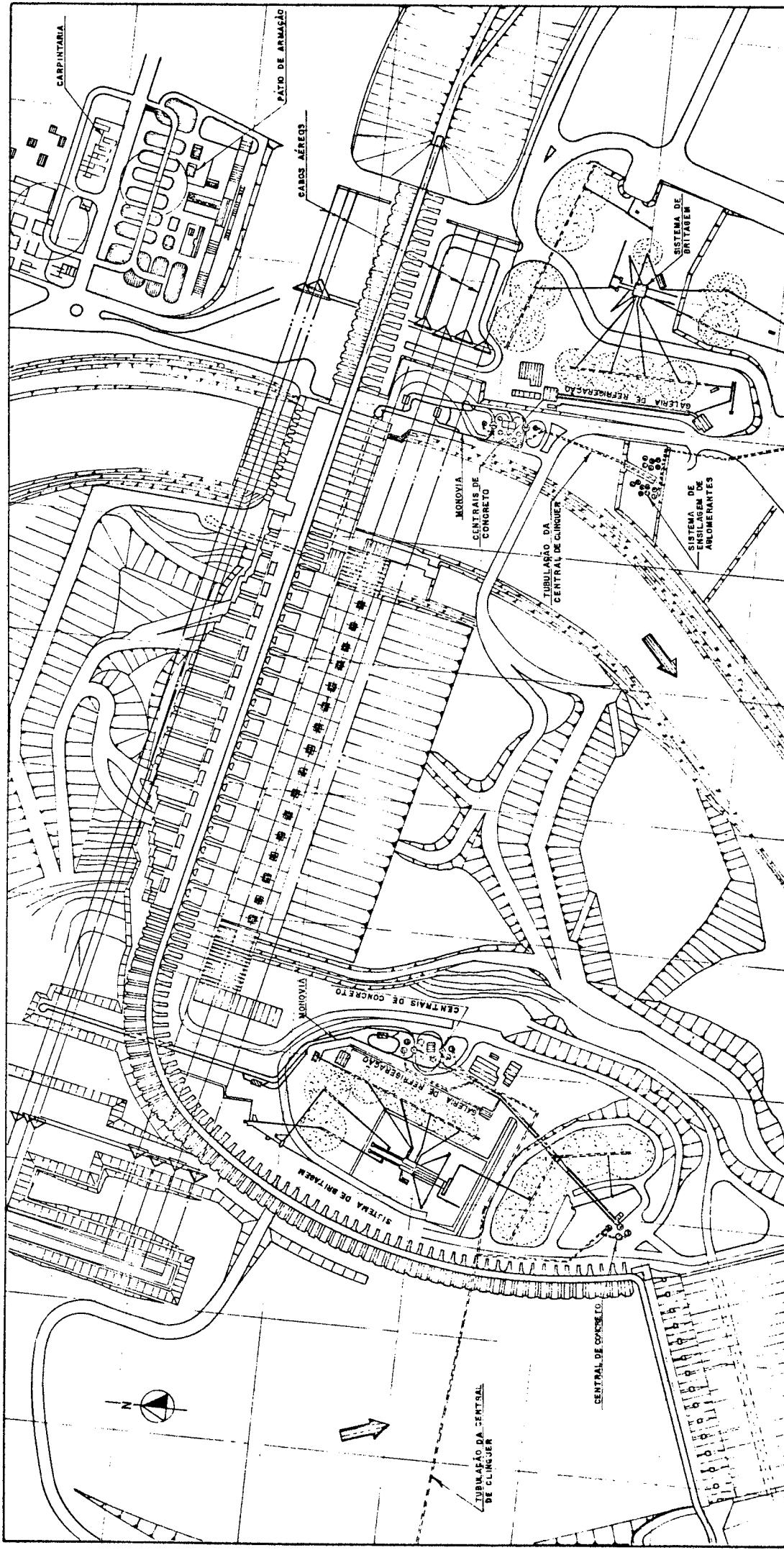
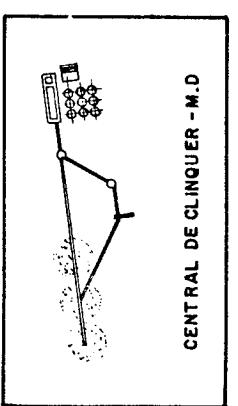
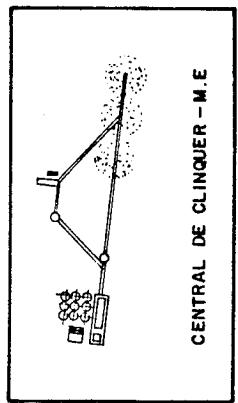


Figura 8: Histogramas de concreto. Previsto (1976) e Executado (até 1981).



**FIGURA 9 : INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO
E COLOCAÇÃO DE CONCRETO**



CENTRAL DE CLINQUER - M.E

CENTRAL DE CLINQUER - M.O

Desta forma deveriam ser previstas todas as atividades e equipamentos para a sua realização como descrito a seguir:

4.2.1 Suprimento de materiais

4.2.1.1 Suprimento de aglomerante

O cimento e o material pozolânico necessário à execução dos grandes volumes de concreto previstos, deveriam (nota 1) ser obtidos com a montagem, na obra, de instalação para a moagem de clinquer juntamente com cinza volante.

Essas instalações teriam como finalidade permitir o barateamento do custo de transporte e estocagem. E uma melhor homogeneidade e controle de qualidade do cimento, utilizando-se simultaneamente o clinquer de fábricas brasileiras e paraguaias. A moagem de clinquer e material pozolânico deveria ser feita em duas instalações distintas, sendo uma na margem esquerda e outra na margem direita, cada uma com capacidade de 55 t/h.

Nota 1: os estudos de viabilidade de suprimento de aglomerante foram elaborados pelo consórcio THEMAG -CONSULTEC ao redor dos anos 73/74.

O transporte de clinquer e fly-ash seria feito em caminhões semi-trailer tipo plataforma coberto com lona, permitindo o retorno de carga.

O cimento moído seria estocado parcialmente junto aos moinhos e às centrais de concreto.

O aglomerante que fosse necessário usar antes da montagem dos moinhos seria transportado das fábricas em sa-

cos, container ou granel, sendo que a estocagem seria feita nos silos do sistema de transiagem ou junto às centrais.



Figura 10: Instalações de moagem na Margem Esquerda. Em primeiro plano os depósitos de clinquer e ao fundo silos para cinzas volantes e cimento moído, bem como o sistema de moagem.



Figura 11: Vista do sistema de ensilagem de aglomerantes, durante sua montagem na Margem Esquerda.

Embora os estudos iniciais (nota 1) mostrassem a conveniência da instalação dos moinhos de clinquer, durante os primeiros anos de construção da obra, fatos, com dinâmica diferente dos fornecidos pelos fabricantes de cimento, para os estudos, alterariam radicalmente a situação de mercado supridor de cimento, mostrando uma franca situação de oferta, o que acarretou no não interesse de se moer clinquer na obra, situação essa irreversível em se considerando a fase de construção e montagem dos moinhos. Dessa forma os moinhos foram instalados, porém até o momento sem a conveniência de fazê-los operar.

4.2.1.2 Suprimento de areia natural

A areia para utilização no concreto deveria ser constituída de uma mistura de areia natural e areia artificial, em proporções determinadas em função de estudos e ensaios.

Para atender ao consumo máximo previsto, seria necessário obter-se um volume da ordem de $150.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, sendo que os estudos (efetuados em 1976) determinariam, então, uma proporção de 70% de areia artificial e 30% de areia natural, em peso. Dessa forma seria necessário obter, aproximadamente, $45 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{mês}$ de areia natural e $105 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{mês}$ de areia artificial. Isso daria, aproximadamente $0,150 \text{ m}^3$ de areia natural a cada metro cúbico de concreto, sendo que os levantamentos de consumos efetivos, no período 09/77 a 12/81, mostraram um consumo real de $0,155 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de areia natural para concreto, mostrando uma excelente margem de certeza, como planejado.

Areia natural deveria ser obtida do Rio Paraná, em lo-

cais que seriam prospectados no transcorrer de 1976, com base nos "Estudos das Alternativas para Obtenção de Areia para Concreto", sendo que seria dada atenção suplementar no trecho entre Porto Mendes e Ponte da Amizade.

4.2.1.3 Suprimento de brita e areia artificial

A brita e a areia artificial necessárias à fabricação do concreto, seriam obtidas através da britagem do basalto são, proveniente das escavações.

O volume total de basalto são, a ser escavado seria suficiente para a produção de agregados. O material escavado deveria ser estocado durante a primeira fase das escavações (do canal de desvio), para a sua posterior utilização na britagem.

Para atender os volumes mensais de consumo, deveriam ser instaladas 2 centrais de britagem, uma em cada margem, cada uma com capacidade de 1080 t/h de produtos finais, sendo 756 t/h de agregados graúdos e 324 t/h ($\approx 105000 m^3/mês \times 1,5 t/m^3 / 20 h/dia \times 25 dias/mês$) de areia artificial, considerando uma eficiência de aproximadamente 50%.

Em cada margem existiria local para estocagem de aproximadamente $84000 m^3$ de areia natural e artificial.

Para a produção dos volumes de agregados britados previu-se um volume de $10 \times 10^6 m^3$ de rocha medido no corte.

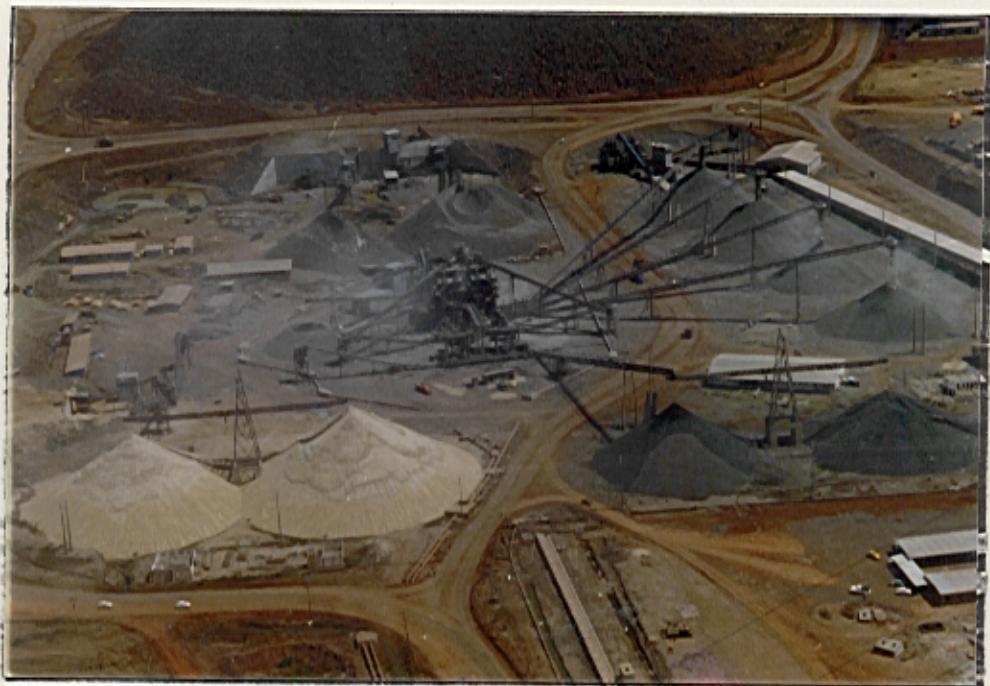


Figura 12: Sistema de britagem da Margem Esquerda.

Para maior flexibilidade operacional, cada instalação foi subdividida em duas linhas de produção, unindo-se nas formações dos estoques. Dessa maneira obter-se-ia um sistema de elevada capacidade com base em equipamentos convencionais.

Outro ponto de flexibilidade seria obtido pelo uso de pilhas-pulmão com capacidade de 25.000 m³ de material, dando liberdade ao sistema de abastecimento aos britadores primários.

As instalações de britagem englobariam o sistema de produção de agregados graúdos e areia artificial, sistema de lavagem e reclassificação dos agregados graúdos, correias de refrigeração, peneiras desaguadoras, sistema de recepção e estocagem de areia natural e sistema de abastecimento dos agregados às centrais de concreto.



Figura 13: Sistema de britagem e centrais de concreto (4 e 5) da Margem Direita, a jusante da Barragem Lateral Direita.

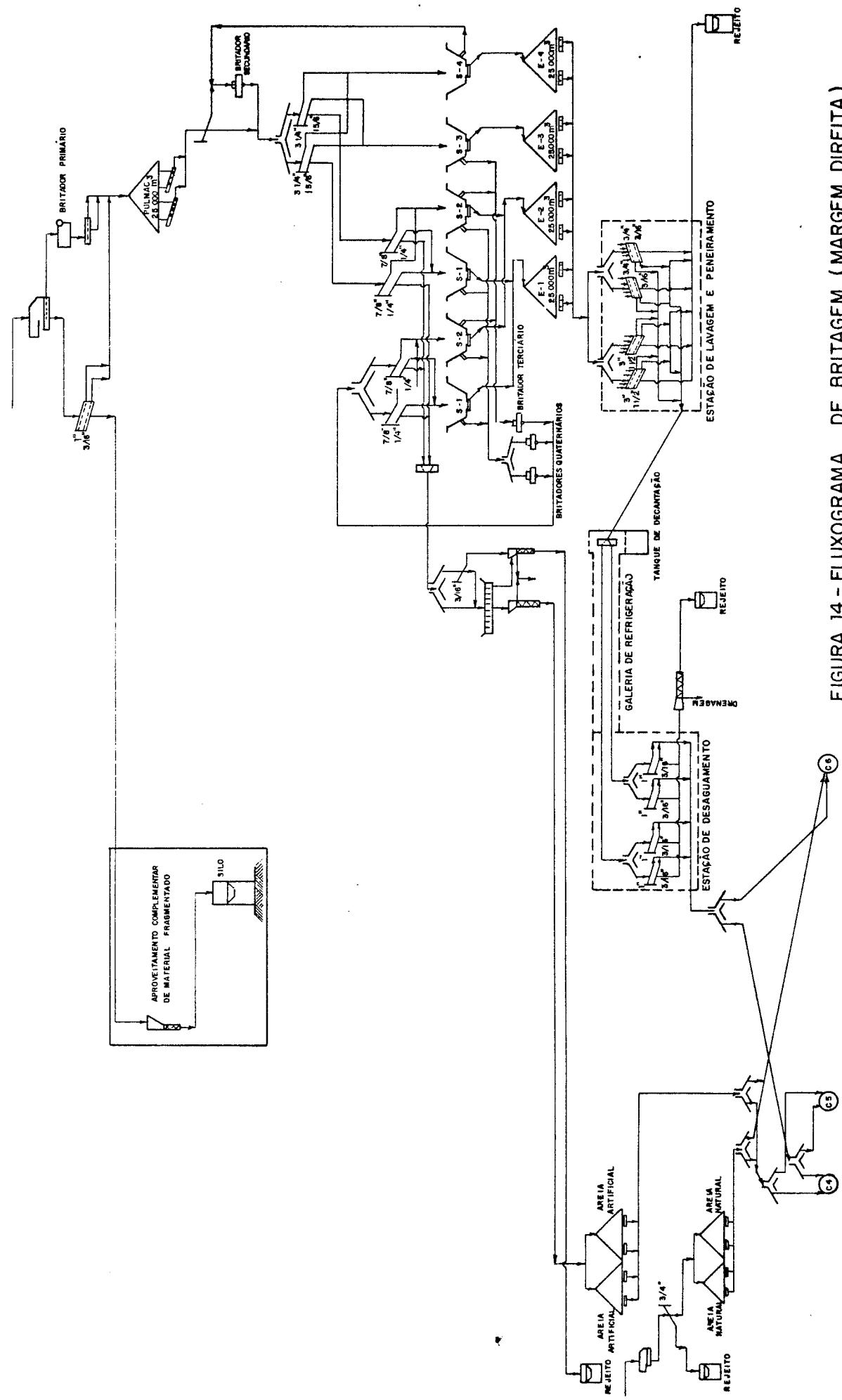
Através do uso de silos intermediários e do sistema de rebritagem seria possível reduzir a gama granulométrica, bem como balancear a produção dos diversos agregados.

A classificação da areia artificial seria feita por tanques hidráulicos com base na velocidade de sedimentação (lei do Stokes) dos grãos, e parafusos de classificação, eliminando-se o material pulverulento.

4.2.2 Instalações industriais

4.2.2.1 Descrição e capacidade

Para o dimensionamento e o planejamento da implantação das instalações foram consideradas, além das necessidades, as etapas de construção e utilização da obra, definindo-se implantar as instalações, primeiramente na margem esquerda.



Em razão da complexidade das obras civis e da montagem, não seria prático a transferência das centrais de britagem, refrigeração de agregados e moagem de clinquer. Assim sendo foram previstas duas unidades de igual capacidade para cada uma dessas instalações localizadas em áreas definitivas, uma em cada margem. As eventuais necessidades de concurso de ambas instalações para atender picos localizados, deveriam ser obtidas mediante transporte de concreto.

Em função da diversidade de "traços" (misturas) de concreto previstos e das características típicas do diagrama horário de produção das centrais, com regime sujeito a oscilações bem maiores que as demais, que podem operar com estoques, previa-se que para atingir produções, horárias de $720 \text{ m}^3/\text{h}$ se devia considerar 6 unidades de $180 \text{ m}^3/\text{h}$. É de se considerar que o pico diário ocorreu em 23/11/1979 com $14.893,5 \text{ m}^3$.

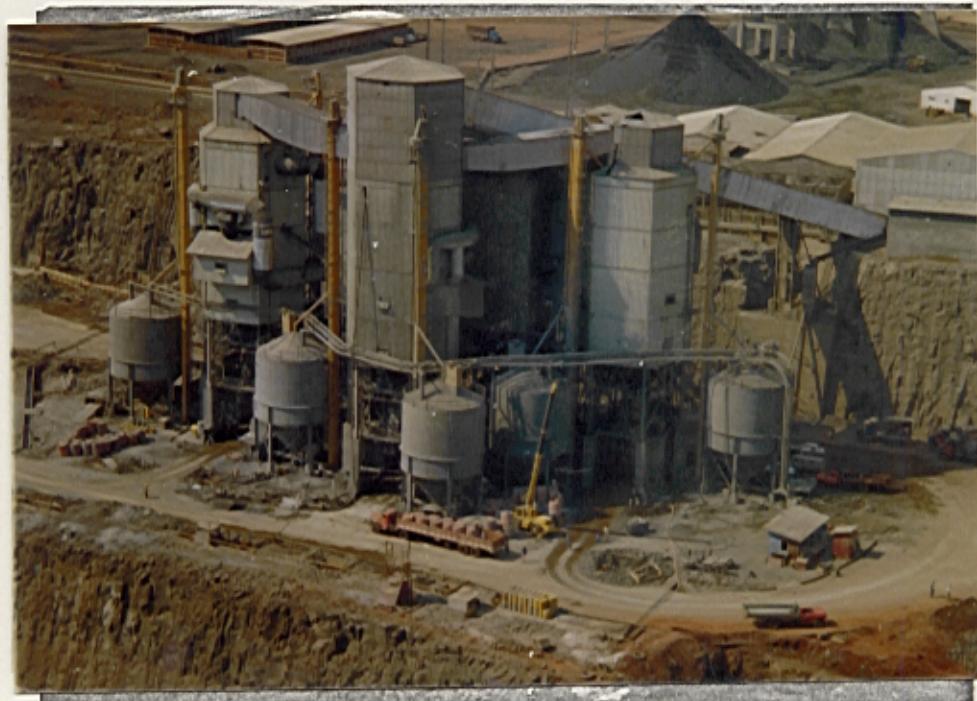


Figura 15: Centrais de concreto (1-2-3) da Margem Esquerda.

Os silos das centrais são elevados, permitindo a alimentação às balanças e às betoneiras, por gravidade. Todo

sistema é isolado termicamente.

A distribuição dos agregados, provenientes da correia de alimentação nos silos, é feita por "chute" giratório comandado por painel elétrico.

Os silos-balança fazem a dosagem dos materiais através de comportas de comando eletro-pneumático acionadas por solenóide registrador (memorizador) posicionado no painel.

A unidade de controle, registro e comando engloba os mostradores e permite a memorização de até 25 misturas, para dosagem automática.

O carregamento das betoneiras é feito por "chute" telescópico e giratório, com comando automático acionado pela unidade de controle.

As betoneiras são do tipo basculante com capacidade de $4 \times 3 \text{ m}^3$ por central de concreto. O tempo de mistura adotado é de 2,5 minutos.

Após a mistura o concreto é lançado, por gravidade, às moegas alimentadoras. Entre as betoneiras e as moegas alimentadoras há um carrinho, acionado eletricamente, para a coleta de amostras.

Neste mesmo nível está instalada uma sala de ensaios e controle. As moegas alimentadoras, com comportas de funcionamento eletro-pneumático, permitem abastecer o sistema de transporte.

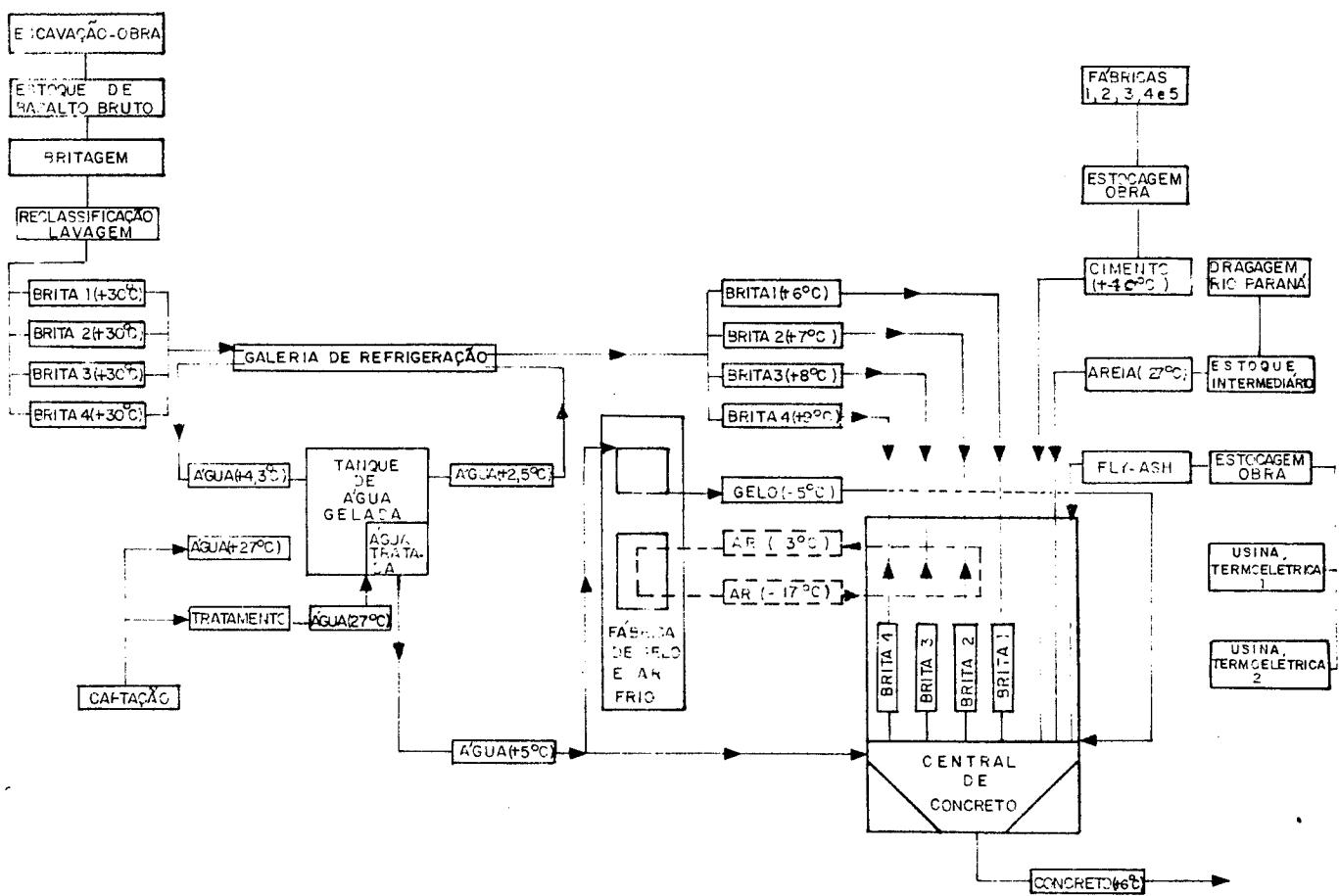


Figura 16: Fluxograma dos Materiais nas Centrais de Concreto.



Figura 17: Central nº 6 e sistema de britagem da Margem Direita.

4.2.2.2 Sistema de refrigeração

Devido aos grandes volumes de concreto que seriam lançados, em blocos com dimensões elevadas, os problemas decorrentes das tensões de origem térmica foram considerados no dimensionamento das instalações industriais. Embora a rocha basáltica disponível para uso como agregado para concreto possuisse baixo coeficiente linear de expansão térmica e baixa difusividade o que proficiaria concretos com $\alpha = 9 \times 10^{-6} / ^\circ C$ e $h^2 = 70 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, considerados como baixos, a área de tecnologia, consensada com os participantes do "Board of Consultants" estabeleceu a temperatura de lançamento em $7^\circ C$, embora a maioria das estruturas possibilitasse o lançamento do concreto à temperaturas superiores à $10^\circ C$ (devido justamente aos baixos valores dos parâmetros térmicos fundamentais).

Para atender o requisito do pré-resfriamento do concreto à $7^\circ C$ foram instaladas 3 centrais de refrigeração, sendo uma na margem esquerda e 2 na margem direita.

A Central da Margem Esquerda (CR-1) atende às necessidades de refrigeração de agregados, por aspersão de água e ar frio, e de gelo para as centrais de concreto (1,2 e 3).

Uma das centrais da Margem Direita (CR-2) atende à refrigeração de agregados por aspersão de água para as centrais de concreto 4,5, e 6 e de ar frio e gelo para as centrais de concreto 4-5, e a outra (CR-3) supre a demanda de ar frio e gelo para a central de concreto 6. Essa subdivisão é decorrente do "Lay-Out" adotado para o canteiro.

O pré-resfriamento do concreto seria efetuado com base em 4 sistemas:

- Sistema S-I - para refrigeração do agregado graúdo , pela correia transportadora, por aspersão de água gelada a 2,5 °C. A vazão de água resfriada é de 2.730 m³/h em circuito fechado, com água retornando a 4,5 °C e a de reposição entrando a 27 °C. A água é refrigerada mediante fluxo sobre evaporadores tipo Baudelot, sobre tanques de acumulação. Dos tanques a água é bombeada para as correias de refrigeração dos agregados graúdos
- Sistema S-II - para refrigeração de água tratada para uso como água de amassamento e fabricação de gelo. De maneira semelhante a S-I, a água tratada é refrigerada de 27°C para 5°C e através de bombeamento é enviada para os depósitos e para a fábrica de gelo.
- Sistema S-III - para a refrigeração dos agregados graudos, com diâmetro máximo superior a 19 mm, nos silos das centrais de concreto, por insuflação de ar frio em circuito fechado. O ar é refrigerado em um evaporador

e insuflado ao redor de (-) 17°C à meia altura, através de dutos, nos silos dos agregados graúdos, e retorna por outro duto, à temperatura de 3°C.

- Sistema S-IV - para a fabricação de gelo em escama, a ser adicionado como água de amassamento do concreto. O gelo é fabricado em escamas de 1,5 mm de espessura à temperatura ao redor de -10°C.

MATERIAL	TEMPERATURA INICIAL (°C)		PREVISTA	OBTIDA *	TEMPERATURA FINAL (°C)	
	PREVISTA	OBTIDA *			PREVISTA	OBTIDA *
ÁGUA	27	25 A 28	S II		5	6 A 7
GELO	27	25 A 28	S II	5	-10	-3 A -1
CIMENTO	40	35 A 45			40	35 A 45
AREIAS	27	20 A 21			27	20 A 21
AGREGADO Ø MÁX.19mm	30	19 A 21	S I	6	6	10 A 12
AGREGADO Ø MÁX.38 mm	30	19 A 21	S I	7	7 A 8	8 A 10
AGREGADO Ø MÁX.76 mm	30	19 A 21	S I	8	7 A 8	5 A 6
AGREGADO Ø MÁX.152mm	30	19 A 21	S I	9	8 A 9	5 A 6
						CONCRETO A 5-7°C
			SISTEMA ATUANTE		SISTEMA ATUANTE	

LEGENDA

- S I - ASPERSÃO DE ÁGUA GELADA A 2,5°C - OBTIDA ENTRE 1 e 2 °C
- S II - REFRIGERAÇÃO DE ÁGUA TRATADA A 5°C - OBTIDA 5,2 °C
- S III - INSUFLAÇÃO DE AR FRIO A -17°C - OBTIDA ENTRE -11 e -12 °C
- S IV - FABRICAÇÃO DE GELO EM ESCAMAS A -10°C - OBTIDA ENTRE -10 e -12°C
- * - VALORES MEDIOS OBTIDOS NO PERÍODO - SETEMBRO-DEZEMBRO 1979

Figura 13: Esquema de variação das temperaturas dos materiais.

4.2.2.3 Localização das centrais

Pelas próprias peculiaridades de seu fornecimento era desejável que as centrais de agregados, refrigeração do concreto, dosagem e mistura do concreto, ficassem localizadas próximas entre si, e esta última tão próxima do centro de gravidade dos volumes a executar.

O primeiro pico de concretagem deveria ocorrer na estrutura de controle (canal de desvio), no inicio de 1978,

que seria apoiada em canteiro situado na margem esquerda do canal do desvio.

O pico de concreto, previsto para 150.000 m^3 seria suscetível de ser atendido por 2 centrais de concreto (de $180 \text{ m}^3/\text{h}$) operando à sua capacidade máxima durante um período significativo (6 meses). Considerada a responsabilidade do prazo de execução da estrutura de controle devia-se prever uma 3^a central de igual capacidade teoricamente de "stand-by", efetivamente aliviando a carga das demais.

Nota 2: Pelo histograma previsto, o pico de 150000 m^3 seria atingido no 1º trimestre de 1978. Na realidade o pico obtido no primeiro trimestre de 1978 foi de aproximadamente 110000 m^3 . Essa situação bem como um sensível atraso no início das concretagens (inicialmente previsto para julho/1977 e ocorrido realmente em outubro/1977) e o consequente crescente de produções que se faria obrigatório, levou a uma reprogramação dos volumes e atividades necessárias às operações de desvio programado para outubro/1978.

Foram reduzidos os volumes necessários a essa operação, havendo necessidade entretanto de se executar uma passagem da margem esquerda do canal, no lado esquerdo hidráulico. Isso somente foi possível pela construção da ponte a jusante da estrutura de controle. Essa ponte foi executada no período de 7 meses, consumindo aproximadamente 5000 t de aço em barras e 1500 t de aço de estrutura metálica.

O local apropriado para a implantação das centrais era o patamar na El.144,00, criado à esquerda hidráulica do canal o que permitiria o abastecimento horizontal do concreto.

A fábrica de gelo seria localizada contígua às centrais de concreto em cota que possibilitasse a alimentação de gelo por gravidade.

A central de refrigeração de agregados e água deveria ser localizada no patamar superior, à cota 165, em faixa contígua ao talude de rocha que separaria os patamares das Els. 144,00 e 165,00.

O sistema de britagem ficaria no mesmo patamar da El. 165,00, contígua à refrigeração com os primários localizados na extremidade próxima aos estoques de rocha sã, minimizando o transporte do material remanejado do estoque. Todos os transportes a partir do primário seriam feitos por correia. A unidade de clinquer na margem esquerda ficaria a aproximadamente 1,5 km em linha reta das centrais de concreto, em uma derivação à direita da rotúla de interligação do sistema viário do canteiro com a rodovia para Foz do Iguaçu, evitando-se dessa forma a introdução de tráfego de carretas de transporte de clinquer. O mesmo conceito aplicou-se à central de transilagem. O transporte desde o moinho à central de transilagem e desta para as centrais de concreto da margem esquerda seria feito pneumaticamente.

O pico mensal de concretagem, geral, da obra estava avaliado ao redor de 300000 m³ (tendo realmente atingido 337000 m³ em novembro de 1979) e condicionava o dimensionamento das instalações industriais adicionais a que estariam localizadas na margem direita.

Com objetivo de minimizar o momento de transporte do concreto, 2 centrais seriam instaladas na El.144,00, em posição simétrica às centrais da margem esquerda, e a 3^a central seria localizada próxima ao lado esquerdo hidráulico do vertedor, aproximadamente à El.199,00.

Com essa disposição das centrais facilitar-se-ia o seu abastecimento mediante a instalação das centrais de britagem na área delimitada pela barragem lateral direita e a plataforma da El.144,00, ficando os primários em condições de serem alimentados a partir de estoques que seriam localizados à entrada do canal de adução do vertedor. A exemplo do que ocorreria com a central de britagem da margem esquerda, dadas as capacidades necessárias, a central da margem direita seria constituída, também, por duas linhas simétricas de equipamentos de igual capacidade.

A exemplo da solução adotada para a margem esquerda, a central de refrigeração seria localizada entre a área de britagem e as centrais de concreto. As fábrica de gelo instaladas em cota elevada junto às centrais, de concreto permitiria também o suprimento de gelo por gravidade.

O moinho de clinquer, da margem direita, estaria localizado próximo ao muro direito do vertedor a uma distância inferior a 1,5 km das centrais de concreto e o transporte do aglomerante seria também, feito pneumáticamente.

4.2.2.4 Transporte do Concreto

Os equipamentos previstos, pela sua natureza e capacil

dade, não faziam parte do quadro típico de equipamentos das grandes construtoras brasileiras e paraguaias. Os prazos de fornecimento desses equipamentos exigiriam que a sua aquisição fosse feita antes da escolha e contratação da construtora, para sua utilização em tempo hábil.

As obras da estrutura de controle (canal de desvio) e da casa de força e tomada d'água faziam parte da linha crítica de Itaipu. Seria portanto, em função dessas estruturas que se desenvolveria o planejamento dos equipamentos de lançamento de concreto. As demais estruturas, vertedor, barragem lateral direita, e encontros não sendo críticas, seriam reprogramadas com vistas a se obter o cronograma de produções mensais mais prováveis, tão próximas da média quanto possível, minimizan^{do}-se picos, permitindo-se um dimensionamento mais econômico, dentro da segurança das instalações industriais de canteiro. O planejamento de construção destas estruturas não crítica seria, portanto, feito utilizando-se folgas nos equipamentos disponíveis para execução da estrutura da linha crítica. Haveria, por conseguinte, necessidade de se programar algumas outras etapas de construção, como por exemplo algumas frentes de escavação , para essas adaptações.

Após um rigoroso e detalhado estudo efetuado entre os anos 75/76, quando então, várias proposições foram debatidas, concluiu-se pela adoção dos seguintes equipamentos:

- conjunto de 7 cabos aéreos móveis - PHB - com vão livre de 1360 m, com capacidade de carga de 20 t (caçambas de 6 m³ de concreto), sendo que 4 teriam torres de 95 m de altura e 3 de 110 m. As torres estariam apoiadas em trilhamentos assentados na El.165,00 (margem

esquerda) e El.170,00 (margem direita). Os contra-carros, de reação ficariam a 150 m das torres, na mesma elevação. O trilhamento do contra-carro seria feito por vigamento contínuo de concreto, armado no maciço rochoso, por cabos tensionados. A capacidade de cada cabo seria de $108 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo que essa produção nominal foi várias vezes alcançada. Os cabos aéreos lançariam concreto até a El.175,00. O trilhamento permitiria atuação em uma faixa de 280 m paralela ao eixo da barragem principal. A produção prevista para o conjunto de cabos era de aproximadamente $200\,000 \text{ m}^3/\text{mes}$, (tendo atingido ao redor de $190\,000 \text{ m}^3$ em novembro de 1979).

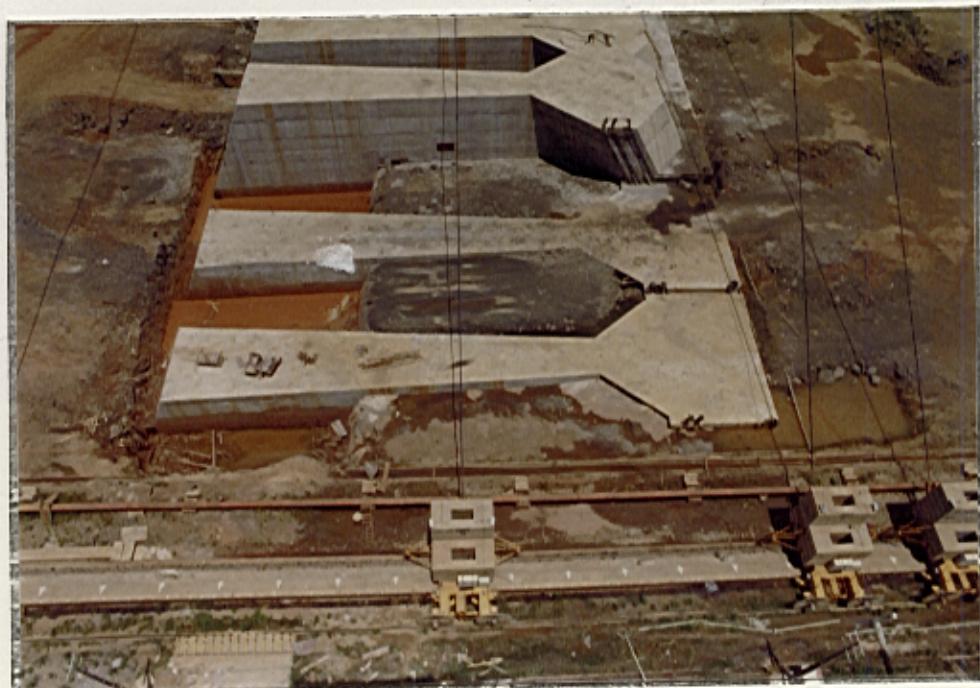


Figura 19: Vista do caminho de rolamento dos contra-carros da Margem Esquerda.



Figura 20: Vista da área de atuação do conjunto dos cabos aéreos.

- conjunto de guindastes sobre trilhos, posicionados por determinação dos planejamentos - principal e parciais-efetuados no transcorrer da obra. Seriam previstos:
 - o 01 guindaste Peiner T-125
 - o 01 guindaste Peiner T-180
 - o 02 guindastes Peiner T-355
 - o 08 guindastes peiner TN-710
 - o 05 guindastes aporticados Peiner VTM-1410, sendo que os guindastes TN-710 teriam capacidade de lançar 3 m³ de concreto a aproximadamente 62 ou 6 m³ a 35 m. Os guindastes torre seriam utilizados fundamentalmente nas áreas não cobertas pelos cabos aéreos.



Figura 21: Guindastes de Torre.

- A alimentação dos cabos seria feita horizontalmente, desde as centrais até os cais de transbordo, por meio de duas monovias suspensas Salzgitter-Translift - Isomonte, com capacidade de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ cada. Corresponde a uma via elevada por onde se deslocam carrinhos, com caçambas. Os carrinhos seriam auto-popolidos e comandados automaticamente através de uma cabine central. O transbordo do concreto transportado pela monovia teria feito em cais localizados entre as Els.. 139,50 a 144,10. Ao chegar no cais de transbordo os carrinhos parariam em pontos definidos sendo que os carros de transferência operados individualmente estacionam sob a caçambada monovia, e um mecanismo hidráulico de descarga acionado pelo operador do carro de transferência, transfere o concreto da caçamba da monovia para o carro de transferência.



Figura 22: Vista da Monovia fase "C" - da Margem Esquerda.



Figura 23: Sistema de rolamento da monovia, vendo-se um moto-carro com caçamba e ao fundo carro de transferência para transbordo às caçambas do cabo aéreo.

Os carros de transferência são auto propelidos e desta forma alimentam as caçambas fixas dos cabos aéreos, fazendo desta maneira o ajuste fino para alimentação dos cabos aéreos.

- Para lançamento do concreto foram previstas 38 caçambas hidráulicas de 3 e 6 m³. O sistema hidráulico é composto por 2 acumuladores (pistões) nos quais o óleo é mantido sob pressão pela energia potencial da massa suspensa. O sistema hidráulico aciona a abertura das comportas através de abertura de válvulas, por comando à distância. Sempre que a caçamba é apoiada no solo para carga, as comportas permanecem fechadas automaticamente. Todo o sistema hidráulico é solidário a estrutura da caçamba e possui proteção contra choques.
- Outros equipamentos suplementares, como guindastes auxiliares, caminhões betoneira ou dump-cretes, bombas correias transportadoras, etc.. de fornecimento comercial mais comum, seriam de obrigação da Construtora.



Figura 24: Utilização de correias transportadoras para concreto massa com Ø max 76 mm em locais fora do alcance dos guindastes e cabos aéreos.



Figura 25: Uso de esteiras para concretagens com formas deslizantes.



Figura 26: Lançamento de concreto com cabos aéreos (4) auxiliados por "bulldozers" (2) para espalhamento do concreto e adensamento por meio de vibradores acoplados à retro-escavadeiras (2), em uma frente de concretagem de $L = 72,0\text{ m}$, $W = 24,6\text{ m}$ e $H = 2,5\text{ m}$, tendo sido aplicados aproximadamente 4.500 m^3 de concreto em 12 horas.

4.3 Instalações Industriais Auxiliares de Canteiro

Como citado anteriormente, essas instalações seriam à quelas que pudessem ser demarradas após a contratação da construtora, sem por em risco a linha crítica de construção. Ficaram à cargo da construtora e consistiam de:

4.3.1 Sistema de beneficiamento de armaduras

Para o preparo das armaduras, que seriam previstas ao redor de 500.000 t, a construtora planejou e implantou no canteiro duas (uma em cada margem) centrais de beneficiamento de aço para concreto, com elevado grau de automatização.



Figura 27: Vista dos pátios de Carpintaria (primeiro plano) e armação (segundo plano) da Margem Esquerda.

O sistema é constituído por mesas automatizadas, que recebem os feixes de barras de aço, depositadas por ponte rolante e sob determinado fluxo enviam para as máquinas, de emenda e/ou corte, através de bancadas com roletas motorizados.

Para o corte das barras, um sistema de limitadores pneumáticos permite o posicionamento das barras a intervalos de 50 cm. Para posicionamento das barras até valores de centímetros a "guilhotina" da mesa de corte faz ajuste na posição desejada, através de sistema pantográfico.

A emenda das barras durante o beneficiamento é feita por caldeamento através de máquinas também com elevado grau de automatização.

O sistema permite o retorno de pontas para áreas anteriores às máquinas de emendas, propiciando a utilização racional e econômica das pontas.

Após o corte, ou emendas, as barras são lançadas automaticamente em bancadas transportadoras seguindo para dobramento e/ou estocagem.

As máquinas de dobramento permitem uma programação dos pontos e ângulos de dobramento.



Figura 28: Ponte rolante para descarga, estocagem nas baias, e manuseio dos feixes.



Figura 29: Vista de uma das linhas de corte com guilhotina de regulagem pantográfica.

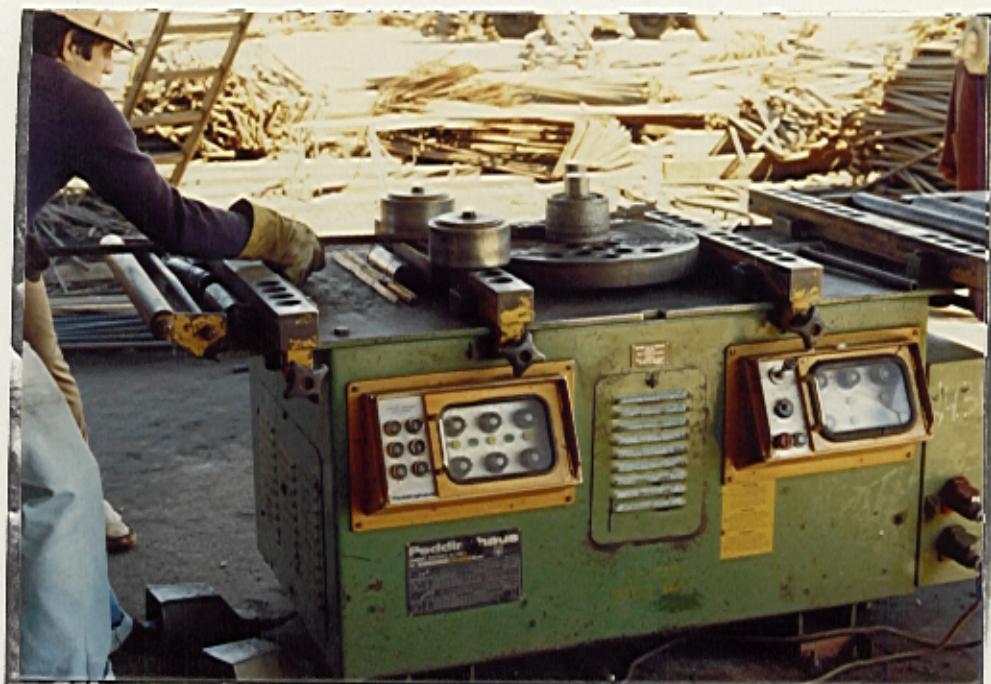


Figura 30: Máquina de dobramento permitindo a programação de ângulo e pontos de dobramento.

O aproveitamento racional de barras cortadas seria feito por máquinas de solda de topo tipo Schltter modelo Aa-9/120 com capacidade de produção nominal de 290 emendas por hora, em barras de Ø 25 mm.

As duas centrais de armação foram previstas para um pata mar de tipo de 10.000 t, entre março 1980 e setembro de 1981, atingiram, porém pico de produção de 12.500 t no período agosto/setembro-1981, sendo 11.500 t na margem esquerda e 1.000 t na margem direita. Até março de 1982 foram beneficiadas 331.000 t de barras de aço.

Os aços de protensão fios e cordoalhas seriam armazenados em barrações adequados.

4.3.2 Sistema de fabricação de formas

Para atender necessidades de fabricação e preparo de

formas para concretagens de 300.000 m³/mês. A construtora implantou duas centrais de carpintaria (uma na margem esquerda e outra na margem direita) capacitadas a beneficiar madeiras para confecção de formas bem como para montagem e recuperação de painéis.

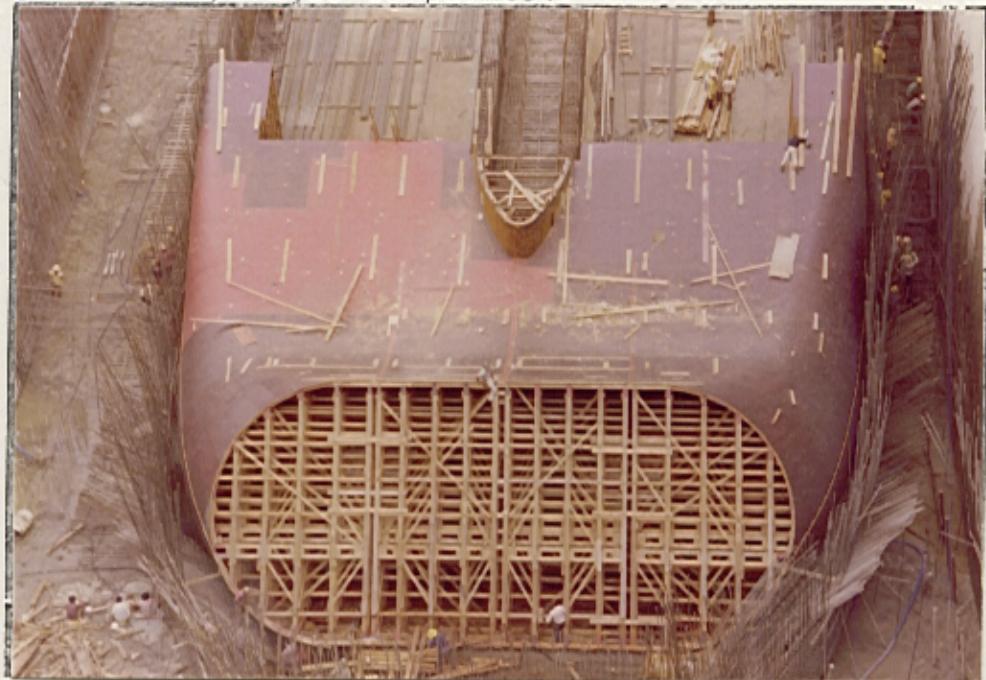


Figura 31: Forma com estrutura de madeira e revestimento em madeira compensada.



Figura 32: Forma com estrutura metálica e painel em madeira compensada. A estrutura dos montantes é articulada, permitindo adaptações do apoio.



Figura 33: Forma com estrutura e painel metálicos.



Figura 34: Formas com montantes metálicos (não articulados) e complementos de madeira.

As centrais de beneficiamento de formas, seriam dimensionadas para atender uma produção ao redor de 27.000 m² de forma, que adotando-se um coeficiente de 0,06 m³/m² (volume de madeira/área de forma) implicaria na necessidade de aproximadamente 1.600 m³ de madeira, sendo que o valor médio obtido até março/1982 foi de 1.400 m³/mês, com pico isolado de 3.319 m³ em novembro de 1981.

Os patios de forma (ver figura 27) ficam localizados contíguos às centrais de armação, visando o apoio dos guindastes a ambas instalações. O planejamento previu que todas as áreas operacionais situar-se-iam em ambos os lados da linha de rolamento dos guindastes, sendo possível em todas as áreas intermediárias o acesso de caminhões e empilhadeiras.

4.3.3 Sistema de abastecimento de ar e água

Os sistemas de abastecimento de ar comprimido e água foram planejados para atender uma demanda de 39.000 PCM e 10.000 m³/h, respectivamente.

A captação de água é feita por 10 bombas (KSB tipo 250-40) de 1.000 m³/h com motores de 300 CV. O tratamento da água é feito por estações de tratamento convenientemente dispostas no canteiro com dosadores químicos automáticos cujo controle é efetuado pela própria construtora.

4.3.4 Sistema de fabricação de pré-moldados

Com intuito de facilitar certas atividades durante a execução da obra, o empreiteiro optou em utilizar grande número de peças pré-moldados como atividade paralela e auxiliar à preparação e concretagem de grandes frentes de trabalho.

Até maio/82, foram utilizados ao redor de 65.000 m³ de concreto em peças pré-moldadas de mais de 805 diferentes tipos, desde pequenas tampas de galeria, até vigas protendidas com 33,0 m de comprimento, com um total de 109.000 peças.



Figura 35: Vista do sistema de fabricação de pré-moldados da margem esquerda.

Para produção de pré-moldados o empreiteiro implantou páti os de pré-moldados, dotados de central de vapor para cura a vapor à pressão normal, área para preparo de cabos de protensão, pórtico auto propelido e outros equipamentos menores.

4.4 Resumo dos Equipamentos e Instalações

As principais instalações e equipamentos estão resumidas em:

- 2 centrais de britagem com capacidade de 1080 t/h, sendo uma Barber Greene (ME) e outra Faço Allis Chalmer.
- 3 centrais de refrigeração Sulzer TTB para produção de água gelada, ar frio e gelo com capacidade de 29×10^6 KCAL/h.

- 2 moinhos de clinquer Creuzot Loire Mecânica Pesada - com capacidade de 55 t/h.
- 6 centrais de concreto Tib Johnson com capacidade de 180 m^3/h
- 2 monovias Salzgitter Translift Isomonte com capacidade de 500 m^3/h
- 7 bombas Putzmeister para bombeamento do concreto, com capacidade de aproximadamente 40 m^3/h
- 6 bombas Aliva 251 para concreto projetado com capacidade de 4 m^3/h
- 47 caminhões Dump-Cretes (Scania, Mercedes-Benz, Randon Kokum, Terex) com capacidade de 3 e 6 m^3
- 14 caminhões betoneira com capacidade de 3 e 5 m^3
- 7 cabos aéreos móveis PHB com vão livre de 1.360 m e capacidade de 20 t
- 2 centrais de carpintaria com:
 - o 6 serras circulares de 7,5 HP sendo 3 fixas e 3 inclináveis
 - o 3 serras circulares de 3 HP
 - o 5 serras de fita de 7,5 HP
 - o 5 desempenadeiras de 5 HP
 - o 2 desengrossadeiras de 7,5 HP

- o 4 plainas de 4 faces e 20 HP
- o 6 traçadores pendulares de 5 HP
- o 2 tornos para madeira 1.300 mm
- o 2 furadeiras horizontais
- 2 centrais de armação com linhas Cador-Peddinghaus e:
 - o 4 bancadas ΔL-300 simplex
 - o 3 máquinas de solda Schlatter Aa-9/120
 - o 4 consoles de corte
 - o 5 máquinas de dobramento 55 KA Perfekt
- 74 caçambas para concreto, sendo:
 - o 38 hidráulicas para 3 e 6 m³
 - o 22 manuais para 1 e 2 m³
 - o 14 pneumáticas para 3 m³
- 8 correias transportadora tipo Rotec para concreto com Ø máx 76 mm e 152 mm
- 27 guindastes sendo:
 - o 1 peiner T-125 sobre trilhos
 - o 1 peiner T-180 sobre trilhos

- o 2 peiners T-355 sobre trilhos
- o 8 peiners TN-710 sobre trilhos
- o 5 peiners VTN-1410 aporticados, sobre trilhos
- o 10 guindastes lorain MD-sobre pneus, com capacidades de 50 a 150 t
- 37 compressores (uso múltiplo concreto escavação terra plenagem) com capacidade total de 39.000 PCM.
- 45 caminhões Terex-33-09-70 t
- 40 caminhões Wabco-75 t
- 4 escavadeiras Bucyrus - 10 m³
- 5 escavadeiras Oek - 7,5 m³
- caminhões - Terex - R-22
Terex - R-35
Randon-Kokum
- carregadeiras Cat-992

5.

CONTROLE TECNOLÓGICO E DAS CONSTRUÇÕES DE CONCRETO

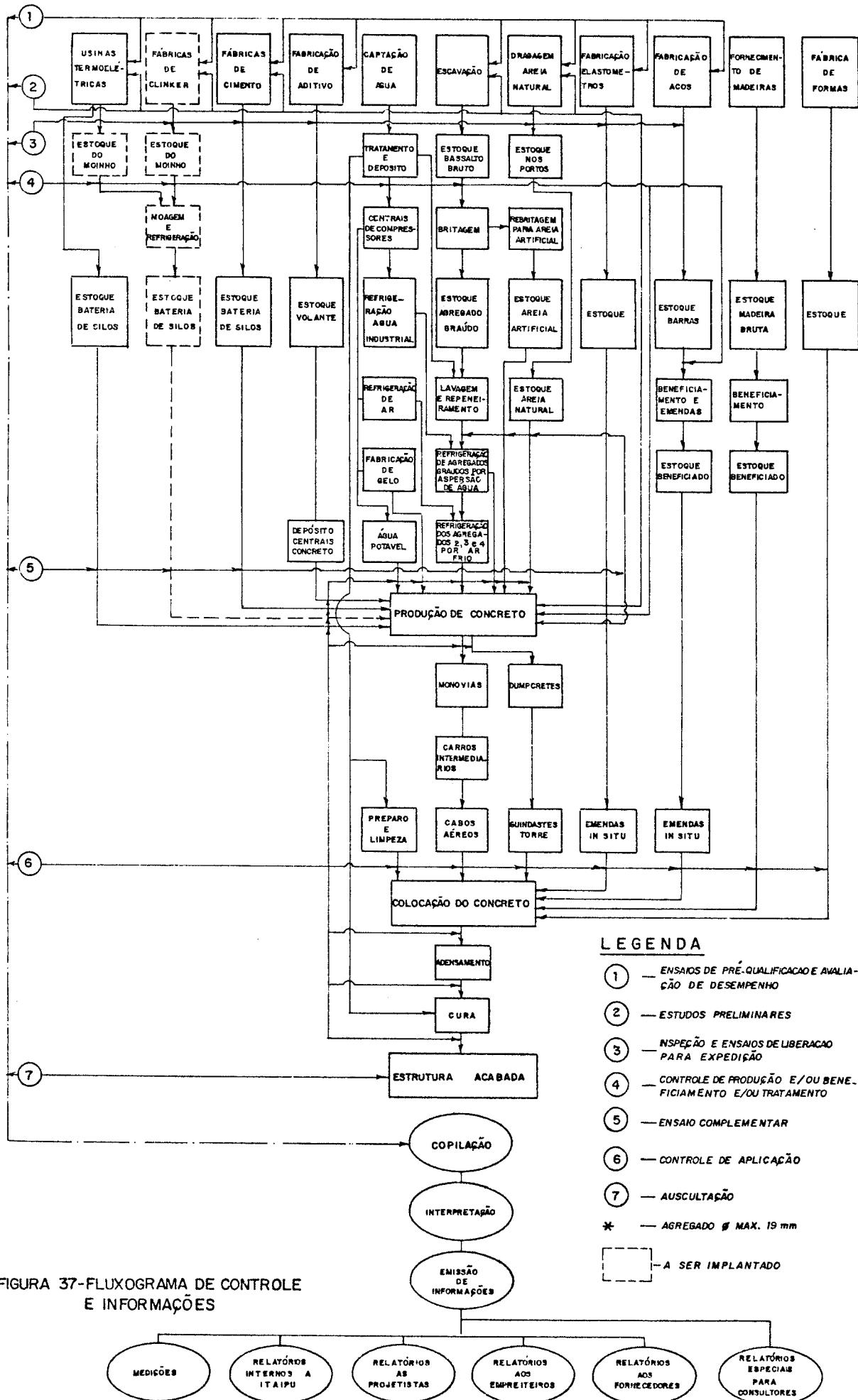
Tendo em vista a grandiosidade da obra, com aproximadamente $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ de concreto, e o propósito de manter a qualidade das construções de concreto em obediência às especificações técnicas, a Itaipu Binacional estruturou uma equipe de fiscalização composta por elementos oriundos de outras obras de porte e familiarizados com os serviços de controle de qualidade.

Com base nesses elementos treinou-se o restante da equipe, recrutando-se, de preferência, pessoal próximo à região da obra.

Para dar todo apoio técnico necessário ao adequado controle de qualidade das construções de concreto, a Itaipu implantou um Laboratório de Concreto com área construída ao redor de 2.200 m^2 , capacitado à realizar todos os ensaios quer de controle, quer de apoio à instrumentação, quer sejam os de pré-qualificação de materiais, bem como os de sofisticados estudos de propriedades elasto-mecânicas e térmicas do concreto.

Levando em consideração os grandes volumes de concreto aplicados, quer horariamente, quer mensalmente, o esquema de trabalho da equipe de controle das construções de concreto obedeceu uma premissa básica: OBTENÇÃO, ANÁLISE, RESPOSTAS DAS INFORMAÇÕES DE MANEIRA MAIS RÁPIDA, PRÁTICA E OBJETIVA, que for possível ou seja, o manejo eficiente das informações permitindo o adequado progresso da obra, dentro dos padrões de qualidade desejados.

O esquema de controle de qualidade das construções de concreto, além de contar com um laboratório central, pos-



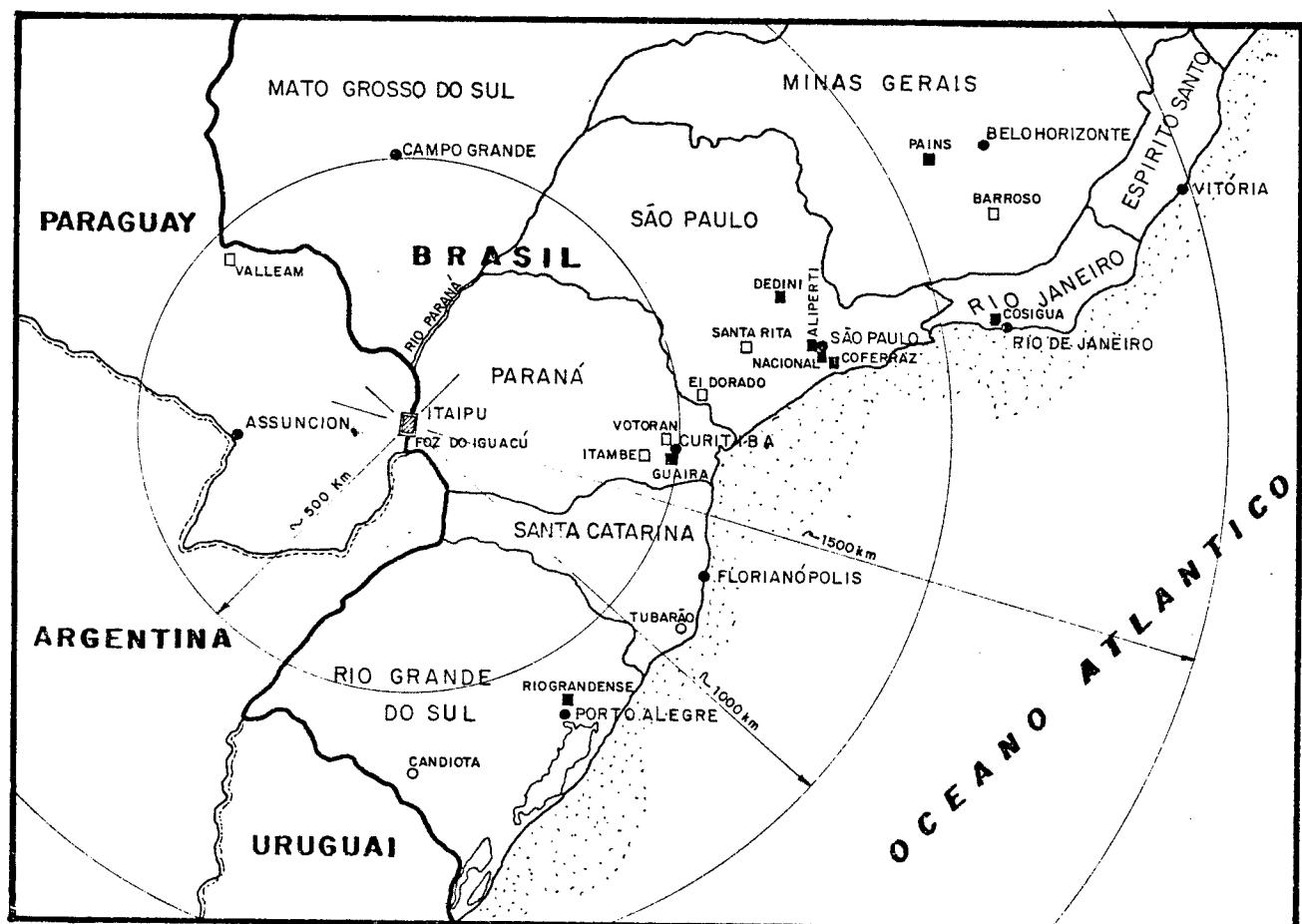


FIGURA 38
LOCALIZAÇÃO DE FORNECEDORES À OBRA DE ITAIPU

LEGENDA

- REGIÃO DO PROJETO
- SIDERURGICAS FORNECEDORAS
- FORNECEDORES DE CIMENTO
- FORNECEDORES DE CINZA VOLANTE
- CAPITAIS DE ESTADOS

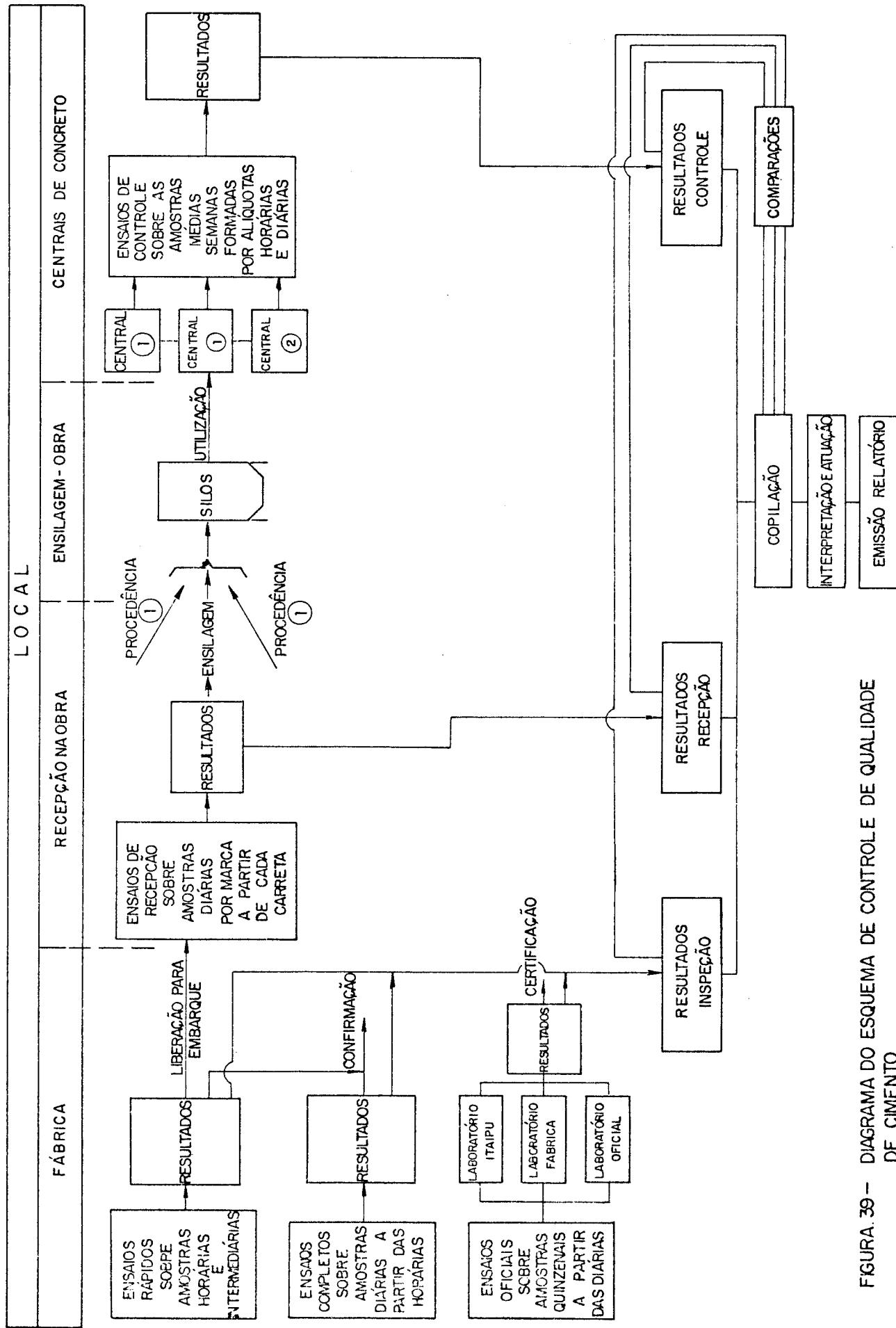


FIGURA. 39 – DIAGRAMA DO ESQUEMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE CIMENTO

suias equipes em vários pontos e salas de ensaios, munidos de intercomunicadores operando em 3 frequências, visando controlar a qualidade dos materiais e do concreto.

O esquema de controle foi então montado, visando englobar os seguintes itens:

- Qualificar técnica e economicamente as matérias primas necessárias à fabricação do concreto, de acordo com as especificações adotadas;
- Combinar (dosar) os materiais em proporções adequadas para atender os parâmetros de projeto;
- Manter a uniformidade dos materiais pré-qualificados durante a produção e uso dos mesmos;
- Manter a uniformidade das misturas de concreto;
- Preparar de forma adequada as áreas nas quais seria lançado o concreto;
- Cuidar para o concreto ser transportado com rapidez e colocado com a mínima segregação possível e devidamente identificado;
- Observar a efetividade da cura dos blocos;
- Instalar, medir e interpretar instrumental, comparando resultados obtidos com os teóricos;
- Programar e executar ensaios de apoio e pesquisa com antecedência adequada;

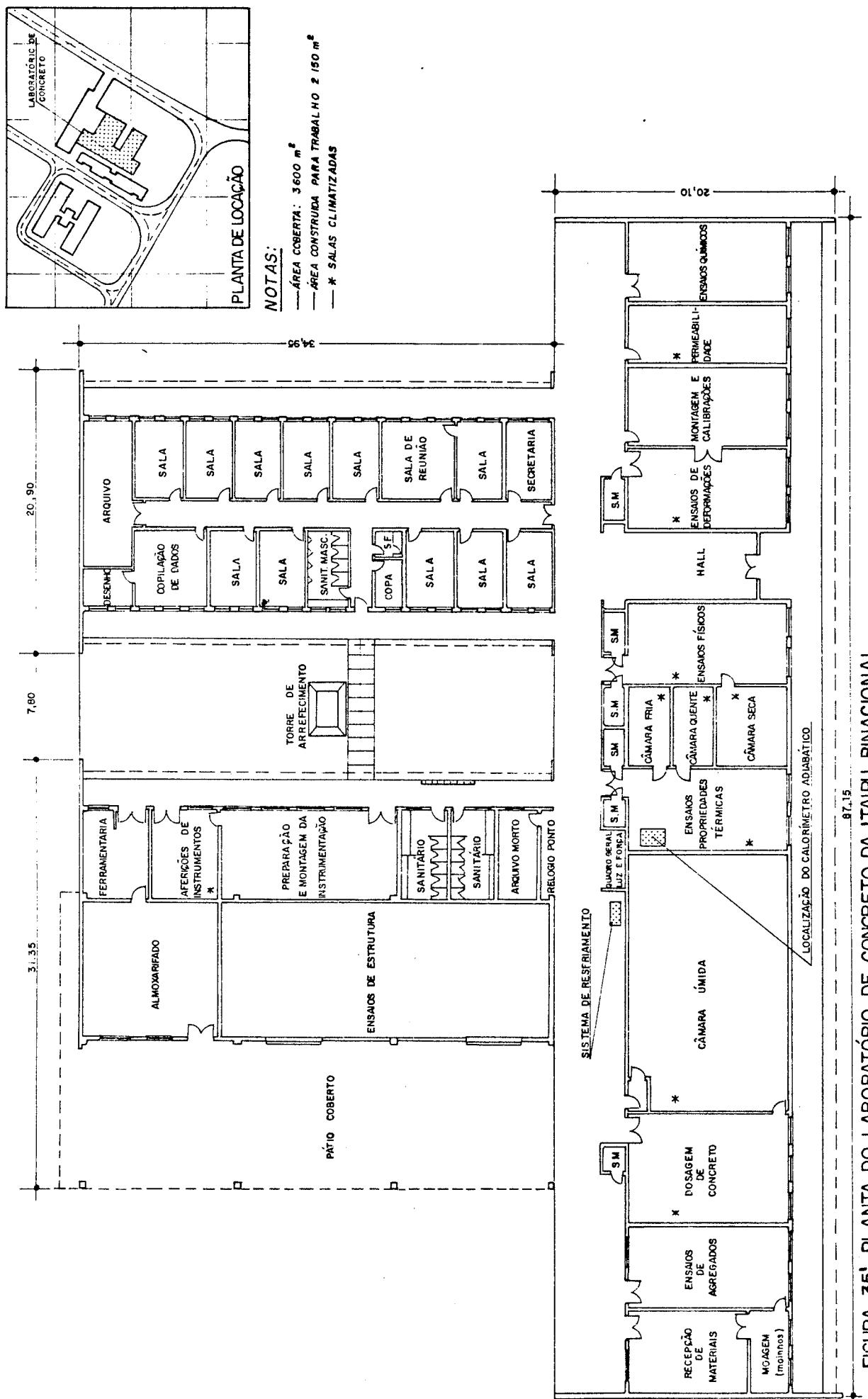


FIGURA 35¹- PLANTA DO LABORATÓRIO DE CONCRETO DA ITAIPU BINACIONAL

- Relatar, interpretar e informar os resultados de controle e estudos, com uma dinâmica compatível com as proporções, necessidades e velocidades da obra.

Complementarmente foram preparados documentos básicos para treinamento e orientação de Fiscalização e ensaios, incluindo:

- Conjunto de notas e orientações básicas para inspeção de concreto;
- Manual de orientação para procedimentos de amostragem, ensaios, interpretação e processamento dos dados e observações feitas;
- Conjunto de métodos para padronização dos ensaios;
- Notas orientativas para transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto;
- Plano de implantação e acompanhamento do instrumental de auscultação.

5.1 Estudos Básicos e Controles

A figura 36 ilustra um cronograma das atividades referentes à formação das equipes, estudos e a adoção dos controles.

A figura 37 fornece um diagrama funcional do esquema de controle, pelo qual se observa que após a obtenção de qualquer dado ou informação o evento era convenientemente copiado, passando a ser reportado à área de interesse.

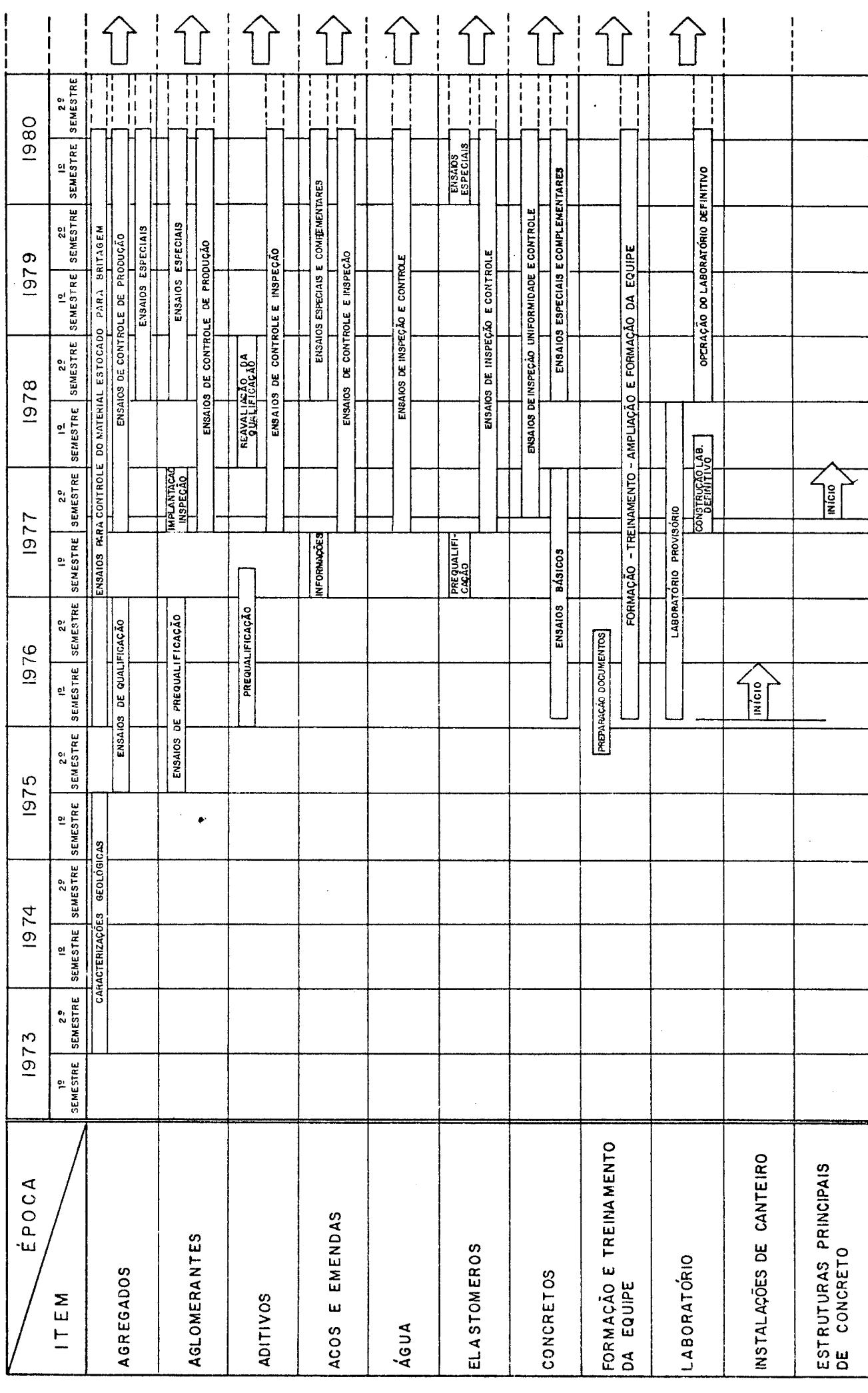


FIGURA 36 - CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DA EQUIPE DE CONTROLE

Os estudos básicos sobre os materiais visaram obter um máximo de informações e conhecimentos possibilizando usá-los de maneira mais segura e econômica possível. Os controles possibilitaram manter as características e propriedades dos materiais a níveis aceitáveis e com as variações toleráveis.

5.1.1 Agregados

Na construção da Barragem de Itaipu, estão sendo utilizados agregados graúdos obtidos pela britagem de basalto denso-são proveniente das escavações. Como agregado miúdo é usado uma composição de areia natural e areia artificial obtida também pela britagem do basalto e em sequência no sistema de britagem.

A areia natural obtida por dragagem no rio Paraná, nas imediações da Obra é razoavelmente fina. Tendo em vista o baixo módulo de finura deste material, bem como a quantidade necessária para a construção, foram feitos estudos visando obter uma composição "ótima" (técnica e econômica) entre ambas as areias - natural e artificial.

Os derrames rochosos existentes na área do projeto, foram pré-qualificados antes do início da obra. Através dessa avaliação foi possível fazer uma compatibilização das escavações e os consumos previstos para aplicação em enseadeiras, barragem de enrocamento e para produção de agregados. As previsões são reavaliadas periodicamente a fim de possibilitar novas orientações.

A partir da adequação dos derrames à produção de agregados, durante a execução das escavações o material foi designado para estoques definidos no planejamento. Nes-

sa etapa ainda foram coletadas amostras para verificação das características para uso como agregado.

Após a estocagem do basalto "bruto", o material é enviado ao sistema de britagem, onde a Itaipu Binacional manterá salas de ensaios, verificando determinadas características do material durante o beneficiamento, permitindo orientar os procedimentos durante a britagem. Os agregados beneficiados são estocados junto ao sistema de britagem, separados por gamas granulométricas convencionais.

Dos estoques, os agregados graúdos são enviados às centrais de concreto, passando por um sistema de reclassificação e refrigeração. Nas centrais de concreto, os agregados sofrem uma última verificação de suas características.

A areia natural é dragada de jazidas previamente estudadas e definidas. Durante a dragagem é feito um acompanhamento granulométrico permitindo orientar a posição de dragagem. Durante as estocagens e uso nas centrais, as areias são avaliadas novamente, antes da entrada nas betoneiras.

5.1.2 Aglomerantes

O aglomerante, por se constituir no ingrediente principal da mistura do concreto, é amplamente investigado e controlado como citam as figuras 36 e 37. O ciclo de controle do aglomerante engloba desde os estudos de pré-qualificação e desempenho, as inspeções nas fábricas, as recepções e utilizações nas centrais de concreto.

Devido a grande quantidade de aglomerantes necessária pa-

ra a construção da obra de Itaipu ($2,1 \times 10^6$ t de cimento e 3×10^5 t de cinza volante), o suprimento é feito a partir de vários fornecedores. Isto sem um controle adequado acarretaria uma grande variação. A Itaipu Binacional, entretanto, mantém em cada fábrica fornecedora de cimento, uma equipe de inspetores liberando as partidas de cimentos, destinados à obra.

Ao chegar na obra o aglomerante é recepcionado através de uma rotina de amostragens e ensaios. Após ensilado na obra, o material é conduzido às centrais de concreto, quando então são verificadas algumas propriedades através de amostragens efetuadas imediatamente antes da mistura do concreto.

Esse procedimento permitiu misturar nos silos de estocagem da obra, cimentos de várias procedências.

5.1.3 Aditivos

Os aditivos para concreto ($3,4 \times 10^6$ kg), em uso na obra de Itaipu, foram pré-qualificados inicialmente, através de amostras enviadas pelos fornecedores interessados.

Após a pré - qualificação os materiais em fornecimento são inspecionados para liberação para embarque no fornecedor, durante a chegada à obra, e durante a utilização nas centrais de concreto, verificando-se desta maneira as características do produto e comparando-as com aquelas obtidas durante a pré-qualificação.

5.1.4 Aços e Emendas

As partidas de aços para a obra de Itaipu são também ins-

pcionadas nas fábricas antes do embarque, de maneira se
melhante ao que se faz com os aglomerantes.

Ao chegar a obra cada partida é verificada, após o que
é adequadamente estocada.

Durante o beneficiamento, os aços continuam sendo inspe
cionados, cuidando de se observar as dimensões de
projeto, saindo das centrais de armação devidamente i-
dentificados.

No local de aplicação, ao se preparar a armadura, é fei-
ta a verificação quanto às posições, tolerâncias e reco
brimentos especificados. Os dados assim obtidos têm va-
lidade para os conceitos de "especificações técnicas" e
também para medições e pagamentos.

Os processos e tipos de emendas, propostos pelo emprei-
teiro são também pré-qualificados, antes de sua aplica-
ção. Em se tratando de emendas com disposição de eletro
dos, os soldadores são também pré-qualificados.

Durante a utilização, todo conjunto de emendas de bar-
ras de aço efetuado pelo empreiteiro é inspecionado.

5.1.5 Água

O controle de qualidade da água tem por objetivo manter
as características de pH, sólidos, cloretos, sulfatos,
ferro, álcalis, dentro dos valores aceitáveis e de acor-
do com as recomendações e especificações.

Esse controle é feito sobre a água de amassamento e de
fabricação de gelo, junto à saída de cada depósito.

5.1.6 Elastômeros

Em Itaipu são utilizados basicamente dois tipos de elastômeros:

- aparelhos de apoio de Neoprene e
- mata-juntas de vedação de PVC.

Em ambos os materiais são feitos controles semelhantes àqueles adotados para os aditivos (ver item 5.1.3).

5.2 Controle de Produção e Transporte de Concreto

Todo o programa de estudos básicos para caracterização dos materiais componentes do concreto, bem como o controle para manutenção das propriedades dos mesmos durante sua fabricação ficaria comprometido caso cuidados não fossem tomados durante a fabricação e transporte do concreto, que é o produto final suporte das estruturas.

Era importante observar que ao se trabalhar com elevadas velocidades de produção não seria conveniente ficar calcado nos convencionais ensaios de "trabalhabilidade", "resistência axial simples" e seu tradicional controle estatístico, pois com as elevadas velocidades de produção de concreto, pouco ou quase nada valeria detectar uma resistência baixa, após 3, 7 ou 28 dias, cuja correção acarretaria providências fatalmente onerosas.

A fim de acompanhar essa dinâmica de produção era aconselhável um esquema de controle de modo a conviver com a menor possibilidade de eventos adversos à uniformidade do concreto.

O controle adotado durante a produção de concreto engloba duas etapas básicas.

5.2.1 Controle de Uniformidade Durante a Produção

Visando produzir concretos com as características necessárias para cada frente de aplicação, são efetuadas no laboratório de cada central de produção, no máximo a cada 15 minutos de produção contínua, amostragens do concreto fresco, para ensaios de verificação, tais como:

- Temperatura;
- Teor de ar incorporado;
- Trabalhabilidade;
- Peso específico.

Através dos ensaios de controle durante a produção do concreto e da verificação constante da umidade dos agregados, pode-se efetuar o ajuste de teor de água, porcentagem de aditivo para incorporação de ar, da trabalhabilidade, e ainda a quantidade de "frio" (gelo, água gelada ou insuflações de ar frio nos agregados) a fim de se obter a temperatura adequada. A frequência dos ensaios e mais o controle sistemático dos silos-balâncias das centrais, mediante aferições periódicas tornam possível a detecção imediata de qualquer anomalia, a tomada das providências decorrentes, e consequentemente a uniformidade desejada.



Figura 40 - Coleta de amostras do concreto, na Central de Produção através de "carrinho amostrador" cortando o fluxo de descarga do concreto.



Figura 41 - Separação pelo peneirador de concreto, da fração superior a 38 mm, no concreto massa, para ensaios de controle durante a produção e para as diversas moldagens.



Figura 42 - Avaliação da trabalhabilidade da fração penirada (≤ 38 mm) a partir do concreto massa (ϕ máx. 76 ou 152 mm).



Figura 43 - Avaliação do teor de ar incorporado a fim de controlar a dosagem do aditivo incorporador de ar. Ensaio efetuado na fração ≤ 38 mm a partir do concreto integral

5.2.2 Controle de Qualidade do Concreto

Engloba as diversas moldagens dos espécimes para ensaios elastomecânicos e de outras propriedades de interesse.

- Amostra Normal

Compatível com a produção, são retiradas amostras por tipo de "traço" e por central, cuidando para não se deixar estruturas sem amostragem, ou seja, é retirada amostra logo nas primeiras betonadas de cada traço.

De cada amostra são moldados espécimes $\phi 15 \times 30$ cm até que se complete um universo de amostras, que permite uma análise, e a partir de então a amostragem seria adaptada aos novos objetivos.

- Amostra Global

Também compatível com o volume de concreto com ϕ máx. 76 e/ou 152 mm é retirada uma amostra suficiente para a moldagem de:

o espécimes com concreto peneirado ($\phi 15 \times 30$ cm);

o espécimes de concreto integral

$\phi 25 \times 50$ para ϕ máx. 76 mm

$\phi 45 \times 90$ para ϕ máx. 152 mm.

Após terem sido completados os universos de Amostras Normais (Nota 3) por "traço" não mais são efetuadas as Amostras Globais do referido "traço".

Nota 3 - Em Itaipu considerou-se 150 amostras.

Sobre as Amostras Normais são feitos ensaios para determinação das propriedades citadas no item 6.1 e ainda ruptura axial simples de 2 corpos de prova, a cada uma das seguintes idades:

IDADE DO Fck DO PROJETO	IDADE DOS ENSAIOS (DIAS)							
	3	7	28	90	180	365	2 anos	5 anos
3 dias	x	x	x					
7 dias	x	x	x					
28 dias (amostras impares)	x	x	x					
28 dias (amostras pares)		x	x	x				
90 dias (amostras impares)		x		x	x			
90 dias (amostras pares)			x	x		x		
180 dias (amostras impares)	x				x	x		
180 dias (amostras pares)			x	x	x			
365 dias - 1 ^a amostra		x				x	x	
365 dias - 2 ^a amostra			x			x		x
365 dias - 3 ^a amostra				x	x	x		
365 dias - 4 ^a amostra	x					x	x	
90 dias (Nota 4)		x		x				
180 dias (Nota 4)		x		x				
365 dias (Nota 4)		x		x				
Nota 4: após 150 amostras								

Sobre as Amostras Globais são feitos ensaios para se de

ITAITUBA BINACIONAL
ASSISTENCIA A CONSTRUCAO CONCRETO
 DIVISAO DE CONTROLE DE CONCRETO

Figura 45:
CONTRAGUE DE CONCRETO PARA APLICACAO

LOCAL DE APLICACAO		CLNCRETAGEM	VOLUME APLICADO (M³*3)	CURA	TRACO	NÚMEROS DOS TERMÍNUO C.P.	TENSÃO HEJIA (KG/CM²)	PAG.
ESTK BLOCO CANAUA COIAS INICIAIS TERMINO								
A	H1	141,50 A 144,00 11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0665,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017413/017414 017412/017416 017417/017415	7 90 360	231 292	01/04/80
		11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0675,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017413/017436 017412/017438 017419/017441	7 90 360	231 292	
		11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0685,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017451/017458 017459/017460 017460/017463	7 90 360	231 292	
		11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0695,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017471/017486 017481/017482 017482/017485	7 90 360	231 292	
A	H1	144,00 A 146,50 11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0705,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017501/017502 017502/017504 017505/017507	7 90 360	231 292	
		11/C5/78 05:00 11/05/78 21:00	0715,00	11/05/78 20/05/78 152-G01	017523/017524 017522/017526 017527/017525	7 90 360	231 292	

ITAV P^U BINACIONAL ASSISTENCIA CONSTRUCAO CONCRETO DIVISAO DE LABORATORIO E INSTRUMENTACAO DE CONCRETO PAG. 16

Figura 46:
RESUMO DO CONTROLE ESTATISTICO

TRACU 152-E01	A/C 0.600 AR(4) 6.0+-0.5 SLUMP(CM) 4.0+-0.5 CIMENTO 109 FLY-ASH 31 AGUA 53 AD. INC. VAK AD.RET. 0.00
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 154 AREIA ART. 394 BRITA 1 363 BRITA 2 366 BRITA 3 455 BRITA 4 642 VELCUME APLICADO(M**3)	6.3 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 140/360 OBTIDO - AR(4) 5.7 SLUMP(CM) 4.1 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 3 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 64 - 64 - 150 - 369 217 - 374 240 - 372 254 - 742 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 28.41 - 45 23.44 - 121 18.16 - 164 15.45 - 201 15.12 - 222 -	
TRACU 152-E02 A/C 0.600 AR(4) 7.0+-0.5 SLUMP(CM) 4.0+-0.5 CEMENTO 104 FLY-ASH 30 AGUA 89 AD. INC. 0.000 AD.RET. 0.00	
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 388 AREIA ART. 166 BRITA 1 364 BRITA 2 365 BRITA 3 465 BRITA 4 641 VELCUME APLICADO(M**3)	5.6 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 140/360 OBTIDO - AR(4) 7.2 SLUMP(CM) 4.1 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 2 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 69 - 428 127 - 423 209 - 333 232 - 422 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 21.22 - 51 16.50 - 116 15.94 - 181 13.76 - 206 -	
TRACU 152-F01 A/C 0.650 AR(4) 6.0+-0.5 SLUMP(CM) 4.0+-0.5 CIMENTO 100 FLY-ASH 29 AGUA 94 AD. INC. 0.000 AD.RET. 0.00	
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 402 AREIA ART. 156 BRITA 1 363 BRITA 2 366 BRITA 3 459 BRITA 4 642 OBTIDO - AR(4) 6.0 SLUMP(CM) 4.0 TEMPERATURA(C)	5.8 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 140/360 OBTIDO - AR(4) 6.0 SLUMP(CM) 4.0 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 3 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 59 - 133 111 - 132 193 - 122 234 - 129 248 - 211 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 26.57 - 45 26.16 - 87 23.02 - 156 16.11 - 202 16.36 - 214 -	
TRACU 152-F02 A/C 0.610 AR(4) 7.5+-0.5 SLUMP(CM) 3.5+-0.5 CEMENTO 120 FLY-ASH 14 AGUA 86 AD. INC. 0.000 AD.RET. 0.00	
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 400 AREIA ART. 171 BRITA 1 400 BRITA 2 325 BRITA 3 465 BRITA 4 643 OBTIDO - AR(4) 7.5 SLUMP(CM) 3.7 TEMPERATURA(C)	6.2 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 140/360 OBTIDO - AR(4) 7.5 SLUMP(CM) 3.7 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 3 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 93 - 65 157 - 62 215 - 38 215 - 63 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 21.68 - 65 15.36 - 137 11.96 - 153 12.55 - 192 -	
TRACU 152-G01 A/C 0.670 AR(4) 7.5+-0.5 SLUMP(CM) 3.5+-0.5 CEMENTO 108 FLY-ASH 13 AGUA 85 AD. INC. 0.000 AD.RET. 0.00	
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 403 AREIA ART. 174 BRITA 1 40C BRITA 2 325 BRITA 3 465 BRITA 4 643 OBTIDO - AR(4) 7.5 SLUMP(CM) 3.7 TEMPERATURA(C)	6.3 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 140/360 OBTIDO - AR(4) 7.5 SLUMP(CM) 3.7 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 3 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 73 - 1330 131 - 254 175 - 66S 179 - 192 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 23.97 - 59 21.14 - 100 18.10 - 146 16.95 - 154 -	
TRACU 152-H01 A/C 0.720 AR(4) 6.0+-0.5 SLUMP(CM) 4.0+-0.5 CEMENTO 51 FLY-ASH 26 AGUA 94 AD. INC. 0.000 AD.RET. 0.00	
AD.PLAST 0.00 AREIA NAT. 418 AREIA ART. 163 BRITA 1 363 BRITA 2 366 BRITA 3 455 BRITA 4 642 OBTIDO - AR(4) 6.2 SLUMP(CM) 4.2 TEMPERATURA(C)	5.5 DENSIDADE(M/H**3)
FLK = 100/360 OBTIDO - AR(4) 6.2 SLUMP(CM) 4.2 TEMPERATURA(C)	
FLJ (KG/CM**2) - NUM. AMESTRAS 3 DIAS 7 DIAS 28 DIAS 90 DIAS 180 DIAS 360 DIAS 720 DIAS 1800 DIAS	
RENDIMENTO(KG/KG**2/KG/KM**3) 62 - 9 113 - 8 154 - 9 197 - 7 -	
VARIACAO(%) - FCK (KG/CM**2) 22.86 - 53 27.71 - 96 26.82 - 155 18.22 - 165 -	

***** PARA OS DADOS DE CONSUMO DAS TACUS, A UNICA CONSIDERADA E KG/M**3 *****

terminar:

- Resistência à Ruptura por Compressão Axial Simples através dos espécimes $\phi 15 \times 30$ cm;
- Densidade do Concreto Integral endurecido;
- Módulo de Elasticidade, Coeficiente de Poisson e Resistência à Ruptura por Compressão Axial Simples dos espécimes moldados com concreto integral.

5.2.3 Controle Durante o Transporte

Complementarmente, era assegurado que o concreto produzido para determinado bloco ou estrutura fosse realmente lançado naquela estrutura.

Para tanto, era conveniente que o sistema de transporte fosse claramente identificado com o tipo de concreto transportado e o bloco a que ele se destinasse.

5.3 Controle no Lançamento, Acabamento

A fase final de controle da qualidade do concreto se dá na preparação adequada da praça onde o concreto seria lançado e durante o lançamento, adensamento, acabamento e cura do mesmo.

Na fase de preparação para lançamento faz-se uma vistoria cuidadosa tanto no que se refere ao plano de concretagem proposto pelo empreiteiro quanto à preparação do bloco propriamente dita.

Durante a fase de "liberação" do bloco para início de lançamento do concreto, os ítems abaixo listados são ve

rificados cuidadosamente:

- Posicionamento de embutidos;
- Alinhamento e nivelamento de formas e guias;
- Fundação;
- Montagem elétrica;
- Montagem mecânica;
- Posicionamento, categoria e dobramento das armaduras;
- Tubulações embutidas e drenos;
- Dispositivos de vedação;
- Estado geral das formas;
- Calafetação;
- Instrumentação;
- Reparos (junta de blocos);
- Chumbamentos em geral e elementos de injeção;
- Tratamento e limpeza das superfícies;
- Equipamentos necessários para o lançamento.

Liberada a frente de concretagem, a fiscalização envia de imediato um elemento treinado, munido das informações necessárias sobre tipos de concreto, bitolas de agrega-

dos e trabalhabilidade do concreto necessário.

Durante todo o lançamento cuidados são tomados no que se refere ao adensamento adequado do concreto, manutenção da limpeza e umidade das superfícies de contato com o concreto velho, proteção das cabeças não adensadas, informando através de relatório, todas as anormalidades ocorridas durante o lançamento.

Atenção especial era dada ao acabamento de superfícies de escoamento hidráulico e de visitação pública.

Finalmente, cuidados são tomados para que o concreto receba "cura" adequada.

5.4 Auscultação das Estruturas de Concreto

Através de um instrumental de auscultação poderá ser verificado o desempenho da estrutura, ao longo das diversas etapas de vida dessa estrutura.

O adequado manuseio e interpretação das informações fornecidas pelos instrumentos, poderão reorientar providências.

5.5 Registro das Informações

Todas as informações obtidas nas inspeções e controles são armazenadas e relatadas dentro de um planejamento adequado.



Figura 47 - Visão Arquitetônica da obra da Hidrelétrica de Itaipu.